



مجموعه مقالات

اولین کنفرانس بین‌المللی

9 چهارمین کنفرانس ملی

تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی

۲۰ و ۲۱ شهریور ۱۴۰۲ | دانشگاه الزهرا



مجموعه مقالات

اولین کنفرانس بین‌المللی
و چهارمین کنفرانس ملی

تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی

۲۰ و ۲۱ شهریور ماه ۱۴۰۲ | دانشگاه الزهرا

فهرست

۱.....	شناسنامه
۴.....	سخن رئیس کنفرانس
۶.....	سخن دبیر علمی کنفرانس
۹.....	چکیده سخنرانی های کلیدی

بخش اول

۱۶.....	مقاله های سخنرانی (فارسی)
۱۷.....	طیف سنج های مینیاتوری نسل جدید
۲۲.....	طراحی و ارزیابی الکترو استیل خشک با لایه نشانی کلر به منظور ثبت سیگنال الکترومایوگرافی
۲۹.....	اندازه گیری محتوای فنلی لود شده بر سطح نانوذرات سنتز شده با روش سبز به کمک اسپکتروسکوپی جذبی
۳۶.....	تفکیک حرکات صورت حین تلفظ اعداد انگلیسی از طریق سیگنال الکترومایوگرافی توسط درخت تصمیم
۴۵.....	تولید متن، اندازه گیری کیفیت متن تولید شده
۵۲.....	طراحی و ساخت دستگاه آزمایشگاهی پلاسما جت قابل حمل به منظور کاربرد در حوزه پزشکی
۵۷.....	بررسی امکان توسعه محیط زیست در صنایع کوچک و متوسط از راه تکنولوژی تولید پاک با توجه به مدیریت پسماند
۶۵.....	استخراج مؤلفه های زمان فرکانسی از الکتروکاردیوگرافی گردن به منظور طبقه بندی ضربان قلب
۷۶.....	آنالیز رامن مواد غذایی به منظور تخمین کیفیت مواد مغذی آنها
۸۳.....	کاربرد استریو میکروسکوپ هایپر اسپکترال در علوم محیطی
۸۳.....	بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و ارتقاء سلامت، ایمنی و محیط زیست با روش تحلیل مضمون، مورد مطالعه آزمایشگاه های دانشکده شیمی پردیس علوم دانشگاه تهران

کاربرد ماشین لرزینگ به منظور انتخاب بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما در حوزه کشاورزی با استفاده از تحلیل طیف سنجی پلاسما.....	۹۷
طراحی صنعتی محفظه آکوستیکی برای هموژنایزر التراسونیک آزمایشگاهی.....	۱۰۳
کنترل میانی تجهیزات آزمایشگاهی در فاصله زمانی بین دو کالیبراسیون متوالی.....	۱۰۹
مقاله‌های پوستری (فارسی).....	
۱۰۸.....	
بررسی وضعیت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در آزمایشگاه‌های دانشگاهی (مطالعه موردی: دانشگاه محقق اردبیلی، پایش دوم).....	۱۱۴
اندازه گیری نیتروژن خاک، گیاه، کود و مواد آلی به روش کدال.....	۱۲۰
روشهای آزمون استاندارد تعیین مقدار N- نیتروزآمین در فراوردههای آرایشی و بهداشتی- انتخاب مناسبترین روش جهت حصول نتایج تکرارپذیر	۱۲۶
معرفی تجهیزات و روش های میکروسکوپی جهت مشخصه‌یابی نانومواد.....	۱۳۴
حذف رنگ رودامین B با استفاده از جاذب مغناطیسی $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_4\text{-HKUST-1}$	۱۳۹
تشخیص حمله سایبری مبتنی بر یادگیری عمیق در راستای ایجاد اینترنت اشیا صنعتی قابل اعتماد.....	۱۴۵
تبدیل یک اتم سه ترازوی محصور شده در کاواک به یک اتم دو ترازوی در نمایش‌های مختلف.....	۱۵۶
تعیین و ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری آنتالپی دستگاه گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC).....	۱۶۴
استخراج داروی سیپروفلوکساسین با استفاده از استخراج الکتروغشایی بر پایه ی ژل ترکیبی آگارز-پلی اکریل آمید-صمغ کتیرا و اصلاح غشا با نانوذره $\text{NH}_2\text{-KCC1}$	۱۷۰
استخراج و اندازه گیری داروی سفالکسین در نمونه‌های بیولوژیکی با استفاده از استخراج الکتروغشایی بر پایه‌ی ژل ترکیبی آگارز- پلی آکریل آمید- صمغ کتیرا.....	۱۷۵
تخمین عدم قطعیت ترازوهای حساس آزمایشگاهی در شرایط محیطی متفاوت.....	۱۸۰
رنگدانه‌های طبیعی بعنوان شناساگر اسید-باز.....	۱۸۶
مشخصه یابی و بررسی پارامترهای عملکرد بر روی نانو ذرات نقره ساخته شده با استفاده از پلاسمای DC فشار اتمسفر.....	۱۹۱
استفاده از دستگاه تشخیصی قدرتمند Raman در مشخصه‌یابی نانو ذرات سیلیکونی ساخته شده با استفاده از پلاسما.....	۱۹۶
طراحی و ساخت دستگاه میدان مغناطیسی ایستا قابل حمل و قابل استفاده در انکوباتور کشت سلول.....	۲۰۱
مروری بر سیستم‌های انکپسولاسیون مواد زیست فعال مبتنی بر نانوحامل‌های لیپیدی.....	۲۱۱
گسترش کاربرد الگوریتم‌های یادگیری عمیق در قطعه بندی و شناسایی اتوماتیک تومورهای مغزی.....	۲۲۳
ساخت آیروژل سلولزی و بررسی خواص کاربردی نمونه فشرده آن.....	۲۲۸

- ۲۳۸.....مطالعه آماده سازی نمونه برای آزمون XRD عبوری با استفاده از ورق پلیمری نازک شفاف.
- ۲۴۳.....بررسی خواص آبگریزی لایه‌های اکسید قلع به روش اسپری فراصوت بخار مرطوب (UMVD).
- ۲۴۹.....تاثیر سرعت نوسانی نازل در دستگاه ساخته شده برای لایه نشانی لایه های اکسید قلع آلائیده شده با فلئور به روش بخار مرطوب سرد.
- ۲۴۹.....تاثیر سرعت نوسانی نازل در دستگاه ساخته شده برای لایه نشانی لایه های اکسید قلع آلائیده شده با فلئور به روش بخار مرطوب سرد.
- ۲۵۵.....ساخت غشاء مسطح پلی کاپرولاکتون با روش الکتروریسی و استفاده از آن در حذف ترکیبات شیمیایی در پساب‌ها به عنوان یک پلیمر زیستی.
- ۲۶۲.....صرفه جویی اقتصادی در کاربرد استفاده از گاز مشعل جهت جلوگیری از انتشار آلودگی در محیط زیست.
- ۲۶۸.....محاسبات ابری پیشرفته در آزمایشگاه CPL با هدف بررسی خواص ماده فوق چگال هسته‌ای.
- ۲۷۴.....تشخیص و درمان بیماری آندومتریوز بدون جراحی و با استفاده از تجهیزات پزشکی.
- ۲۷۹.....تشخیص سریع تومور مغزی بیماران با استفاده از بیوسنسورها و درمان آن بدون نیاز به مراحل شیمی درمانی و رادیوتراپی.
- ۲۸۷.....استفاده از لیزرهای حرارتی در پمپ سرنگ برای جلوگیری از رخ دادن انسداد حباب هوا و قطعی عملیات تزریق دارو.
- ۲۹۳.....امکان سنجی استفاده از پودر سرباره تولیدی شرکت سیمان کویر کاشان و خاکستر باگاس نیشکر به عنوان جایگزین بخشی از سیمان.
- ۳۰۰.....مطالعه مروری کوتاه بر روش‌های بارگذاری داروها در آگروزوم به عنوان نانوحامل زیستی.
- ۳۰۷.....اندازه گیری اثر فرآیند معکوس فاز در بهره‌وری الکتریکی فیلم پیژوالکتریک پایه پلی وینیل فلورید.
- ۳۱۳.....طراحی و بررسی عملکرد نانومولد تریبولکتریک مبتنی برنانوکامپوزیت.
- ۳۱۸.....استفاده از روش سارسا در حل مسئله کنترل ترافیک دو تقاطع.
- ۳۲۸.....استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی در جهت تولید بیوچار برای حذف آلودگی رنگی از آب.
- ۳۳۳.....بررسی اثر خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات در حوزه پزشکی و سلامت.
- ۳۴۰.....تعیین حلالیت ماده ی آنتراسین در کربن دی اکسید فوق بحرانی بر اساس داده های مستخرج از تجهیزات نوین آزمایشگاهی.
- ۳۴۶.....نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌های بیولوژیکی به منظور سنجش عناصر فلزی.
- ۳۵۱.....مراحل مختلف محاسبه عدم قطعیت و اهمیت آن در اندازه گیری‌های تجزیه‌ای.
- ۳۵۶.....اندازه گیری برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه گلابر زنجان به منظور پرورش ماهی.

طراحی و ساخت برج پاششی به منظور حذف آلاینده گازی با قابلیت جداسازی فیلم مایع تشکیل شده بر روی دیواره داخلی.....	۳۶۱
پیاده سازی فرآیند مدیریت نگهداشت تجهیزات آزمایشگاهی: مطالعه موردی آزمایشگاه اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی ارومیه.....	۳۶۶
تولید غشاءهای مسطح برپایه الکتروریسی و بکار گیری آن در حذف ترکیبات شیمیایی از پسابها.....	۳۷۲
نقش شبکه سازی آزمایشگاهها و کارگاههای تحقیقاتی در توسعه استانی پژوهش و فناوری (معرفی طرح شبکه توسعه استانی پژوهش و فناوری: شتاپ).....	۳۷۸
کاربرد طیف سنجی رامان بهبود یافته سطحی در آنالیزهای زیست محیطی پساب.....	۳۸۳

بخش دوم

مقاله های سخنرانی (انگلیسی).....	۳۸۷
Machine learning aids to predict the anti-MDR properties of AgNPs.....	۳۸۸
Targeted Glutathione-Sensitive Nanoparticles for Doxorubicin Delivery to Breast Cancer Cells.....	۳۹۲
Propofol Unveiled: A Novel Approach to Inducing Diabetes in Wistar Rats.....	۳۹۶
Synthesis and characterization of ZnO two-dimensional nanostructures: effect of hydrothermal growth time.....	۴۰۰
The art of measurement: how to ensure accuracy in routine analytical performance, two case studies.....	۴۰۴
The art of measurement: how to ensure accuracy in routine analytical performance, two case studies.....	۴۰۴
مقاله های پوستری (انگلیسی).....	۴۰۸
Fabrication of ZnO nanorods on a stainless-steel mesh for highly efficient photocatalytic applications.....	۴۰۹
Fully automatic Z-scan setup for determining the nonlinear optical properties.....	۴۱۴
Hydrogels: Applications and Features.....	۴۱۸
New diffusion media to study intranasal drug delivery system ex vivo.....	۴۲۱
Proteomics Methodology, Concepts and Applications in Biomarker Discovery.....	۴۲۵
Electron Microscopy as a Powerful Tool to Investigate the Exfoliation of Boron Nitride Nanosheets.....	۴۲۹
In vitro effect of Peganum harmala L. seeds extract on resistant colorectal cancer cells.....	۴۳۳
In vitro effect of Peganum harmala L. seeds extract on resistant colorectal cancer cells.....	۴۳۳

۴۳۶.....	Mercury (II) Detection Using Nitrogen and Sulfur co-doped Carbon Quantum Dots and Fluorescence Quenching Assay.
۴۳۹.....	Enhancing fire safety of epoxy resin with bio-based metal-organic framework nanoparticles derived from adenin
۴۴۳.....	First label-free carbohydrate-based electrochemical sensor to detect Escherichia coli pathogenic bacteria adhesion FimH and mannose on the glassy carbon electrode
۴۴۷.....	Production of bio-jet fuel from Chlorella vulgaris microalgae biomass in normal hexane supercritical medium and high-pressure reactor
۴۵۳.....	Using carbon dots as an emerging Nanoagents in biomedical and healthcare applications
۴۵۸.....	Preparation of super-hydrophilic SiO ₂ -TiO ₂ thin film for photocatalytic application
۴۶۲.....	The effect of diameter and length of ZnO nanorods on hydrophobicity
۴۶۶.....	QM study on inhibition mechanism of human carbonic anhydrase (II) enzyme by Boric acid derivatives inhibitors: Kinetic and thermodynamic investigation
۴۶۹.....	Theoretical thermodynamic study on inhibition mechanism of α -human carbonic anhydrase enzyme by new class of benzenesulfonamides inhibitors
۴۷۳.....	Nano-catalytic biodiesel production from Carthamus Tinctorius in Supercritical methanol medium
۴۷۸.....	An in silico investigation of the potential interactions between Ovalbumin and Streptomycin.
۴۸۲.....	Designing a specific nanoprobe for rapid biosensing of Alzheimer's disease
۴۸۵.....	Fusion of Dermoscopic Datasets: A Method to Promote Performance of Deep Learning in Melanoma Detection
۴۹۳.....	بیانیه انجمن.....

شناسنامه

معرفی کنفرانس:

اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی، همزمان با نشست مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌های مرکزی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی سراسر کشور در محل همایش‌های بین‌المللی دانشگاه الزهرا (س) در روزهای ۲۰ و ۲۱ شهریورماه ۱۴۰۲ برگزار شد. در این رویداد علمی در قالب مقالات علمی، سخنرانی‌های کلیدی، کارگاه‌های آموزشی و نمایشگاه جانبی، تازه‌ترین دستاوردهای علوم و فناوری‌های آزمایشگاهی ارائه شد و انتقال تجربه بین پژوهشگران و فناوران صورت گرفت.

اولین دوره از این کنفرانس به صورت ملی در روزهای ۱۳ و ۱۴ اسفندماه ۱۳۹۸ به صورت مجازی در دانشگاه شیراز، دومین کنفرانس ملی در تاریخ ۲۴ و ۲۵ شهریورماه ۱۴۰۰ به صورت مجازی در دانشگاه شهید بهشتی و سومین کنفرانس ملی در تاریخ ۱۹ و ۲۰ شهریورماه ۱۴۰۱ به صورت حضوری-مجازی در دانشگاه محقق اردبیلی برگزار شد.

محورهای کنفرانس:

نوآوری‌ها در

- اسپکتروسکوپی، اسپکترومتری جرمی و الکتروشیمی
- میکروسکوپی
- جداسازی
- سیستم‌های لیزری، پلاسما و فیبرنوری
- روش‌های سنجش در زمان واقعی
- مینیاتورسازی و اتوماسیون تجهیزات آزمایشگاهی
- آزمایشگاه زنده

در حوزه‌های

- علوم پایه، مهندسی و معدن
- سلامت، پزشکی و دامپزشکی
- محیط زیست، کشاورزی و گیاهان داروئی
- نفت، گاز و پتروشیمی
- صنایع ساختمانی، خودرو و جرم‌شناسی
- علوم ورزشی و روانشناسی
- انرژی

با تمرکز بر

- فناوری‌های نانو و میکرو
- آنالیزهای اومیکس
- پردازش سیگنال و تصاویر، داده‌کاوی و استخراج دانش نهفته داده‌های آزمایشگاهی
- مدیریت، مالکیت معنوی و انتشار کنترل شده داده‌های آزمایشگاهی
- مدیریت آزمایشگاهی در فضای صنعت ۴
- کاربرد هوش مصنوعی در امور آزمایشگاهی
- اعتبارسنجی و تصدیق روش‌ها
- استفاده گروهی از تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی

چارت سازمانی کنفرانس:



سخنرانی رئیس کنفرانس

دکتر زهرا ناظم‌بکائی

رئیس اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی،
و رئیس دانشگاه الزهرا

برای دانشگاه الزهرا مایه‌ی مباهات است که به عنوان میزبان اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی در خدمت پژوهشگران، علاقه‌مندان و فعالان این حوزه باشد. این رویداد بزرگ با حمایت همه‌جانبه‌ی وزارت علوم و همکاری انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران و تلاش مستمر و خستگی‌ناپذیر همکاران دانشگاه الزهرا تدارک دیده شده و فرصت مناسبی است برای بررسی مسائل مرتبط با آزمایشگاه‌ها، شناسایی مشکلات و برنامه‌ریزی برای بهبود و ارتقای شرایط موجود. این همه باید منجر شود به ایجاد نظام پویا و منعطف در راستای رشد و توسعه علم و پژوهش در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی به منظور رشد اقتصادی کشور عزیز ایران بر مبنای دانش، که البته لازمه‌ی این امر انجام پژوهش‌های کاربردی در جهت رفع نیازهای جامعه است.

برای ارتقای کیفیت پژوهش‌ها و به تبع آن رشد فناوری‌های نوین، مهارت‌های کافی، ابزارها و تجهیزات مناسب مورد نیاز حتمی است. بدیهی است پژوهشگر بدون ابزار، وسایل و تجهیزات لازم امکان بروز و ظهور علم خود را ندارد و در نتیجه امکان اثرگذاری در جامعه را نیز نخواهد داشت. برخی از راهکارهای پیشنهادی برای رفع مشکلات و چالش‌های این حوزه را می‌توان این گونه بر شمرد:

- بهره‌مندی از ظرفیت‌های بی‌استفاده و معطل‌مانده؛
- استفاده‌ی بهینه از تجهیزات موجود و آزمایشگاه‌های فعال؛
- امکان دسترسی دانشجویان به دستگاه‌ها و تجهیزات موجود با برنامه‌ریزی دقیق؛
- جلوگیری از انحصاری شدن امکانات و دستگاه‌های موجود؛
- هم‌افزایی بخش‌های مختلف امر پژوهش و تحقیق؛
- همکاری و هماهنگی میان مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌ها با فعالان حوزه‌ی تجهیزات آزمایشگاهی و صاحبان صنعت در راستای دسترسی همگانی، سریع و آسان به این تجهیزات؛
- توسعه‌ی شبکه‌های آزمایشگاهی بین‌المللی؛
- توجه به کیفیت تجهیزات و ارتقای آن‌ها برای جلوگیری از هدررفت منابع؛
- گسترش ابعاد حوزه‌ی تجهیزات آزمایشگاهی از سطح وزارت علوم به مراکز و وزارتخانه‌های دیگر و موازی آن توسعه‌ی نرم‌افزارهای مورد نیاز

امید است مهمانان معزز و شرکت‌کنندگان گرامی در این رویداد ضمن بهره‌مندی از سخنرانی‌ها، مقاله‌های علمی و دستاوردهای نوین تخصصی ارائه‌شده، بتوانند از زمینه‌های ایجادشده برای گسترش همکاری‌ها، همفکری‌ها و اقدامات بهره‌ی لازم را کسب کنند.

سخنرانی دبیر علمی کنفرانس

دکتر یداله اردوخانی

معاون پژوهش و فناوری دانشگاه الزهرا،

دبیر علمی اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی

اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی در روزهای ۲۰ و ۲۱ شهریور سال ۱۴۰۲ با میزبانی دانشگاه الزهرا و همکاری شبکه‌ی آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) و انجمن تحقیقات آزمایشگاهی، در مرکز همایش‌های بین‌الملل دانشگاه الزهرا برگزار شد. این آیین علمی با سخنرانی جناب آقای دکتر علی خطیبی، معاون اداری و مالی و مدیریت منابع وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، و رئیس دانشگاه الزهرا، سرکار خانم دکتر زهرا ناظم بکائی آغاز شد. در این همایش دوروزه، افزون مقامات و مسئولان مختلف، مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌های مرکزی دانشگاه‌های کشور، اعضای انجمن تحقیقات آزمایشگاهی، استادان و پژوهشگران، دانشجویان و دست‌اندرکاران صنایع مرتبط حضور داشتند.

تفاوت اساسی این دوره از همایش با سه دوره‌ی پیشین در دانشگاه‌های شیراز، شهید بهشتی و محقق اردبیلی بین‌المللی بودن آن بود. همچنین پس از گذر از دوران همه‌گیری، همایش به صورت کاملاً حضوری برگزار شد. بدین منظور، ابتدا شورای راهبردی کنفرانس با حضور مسئولان دفتر حمایت و پشتیبانی معاونت پژوهش و فناوری وزارت عتف، اعضای هیأت مدیره‌ی انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران، رئیس محترم دانشگاه الزهرا، معاون پژوهش و فناوری دانشگاه الزهرا، مدیران حوزه، روسا و معاونان پژوهش دانشکده‌های مرتبط در ۱۳ اردیبهشت ۱۴۰۲ در دانشگاه الزهرا برگزار شد بود.

سپس دبیرخانه‌ی کنفرانس راه‌اندازی شد و کمیته‌های علمی و اجرایی تشکیل شد. همچنین مجوزهای مربوط اخذ شد و وبگاه کنفرانس در تاریخ ۱۸ خرداد ماه آغاز به کار کرد. با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای کنفرانس، چهار کارگروه تخصصی شیمی، علوم زیستی، فیزیک و فنی و مهندسی تشکیل شد و دبیران علمی این کارگروه‌ها بررسی اولیه‌ی مقاله‌های ارسالی را آغاز کردند و داوران تخصصی را برگزیدند تا مقاله‌ها برای داوری ارسال شود. پس از دریافت نتایج داوری، به جمع‌بندی نتایج داوری پرداختند. نخستین جلسه‌ی کارگروه‌های تخصصی کمیته‌ی علمی ۱۶ خرداد ۱۴۰۲ تشکیل شد و تا ۱۴ شهریور ادامه یافت تا درباره‌ی مقاله‌ها به طور کامل تصمیم‌گیری شود. در نهایت، برای هماهنگی و دعوت از سخنرانان کلیدی و مدعو اقدام شد. همچنین درخواست‌های موجود برای برگزاری کارگاه‌ها بررسی شد.

کمیته‌ی اجرایی کنفرانس با تشکیل کارگروه‌های چهارگانه‌ی فناوری اطلاعات، انتشارات، تشریفات، و کارگروه پشتیبانی و تدارکات با برگزاری جلسات متعدد هماهنگی‌های لازم را انجام داد. برون‌داد کنفرانس در قالب نشست، سخنرانی، ارائه‌ی پوستر، کارگاه و نمایشگاه تجهیزات معرفی شد. تعداد مقاله‌های ارسالی به دبیرخانه‌ی کنفرانس حدود ۱۲۰ مقاله بود که حدود ۷۵ درصد آنها به صورت سخنرانی (۲۵٪) و پوستر (۷۵٪) پذیرفته شد. از این تعداد، حدود ۲۸٪ مقالات در حوزه‌ی فنی و مهندسی، ۲۰٪ در حوزه‌ی شیمی، ۱۹٪ در حوزه‌ی زیست‌شناسی، ۱۷/۵ درصد در حوزه‌ی فیزیک ۱۴٪ در حوزه‌ی علوم کامپیوتر و سایر حوزه‌ها بوده است. افزون بر دریافت مقاله‌ها به صورت سخنرانی و پوستر، با دعوت کمیته علمی، ۵ صاحب‌نظر به عنوان سخنران کلیدی و ۶ صاحب‌نظر به عنوان سخنران مدعو داخلی و خارجی به ایراد سخنرانی پرداختند.

در کنار سخنرانی‌های کلیدی و مدعو، و ارائه مقاله به صورت سخنرانی و پوستر، ۳ نشست با عنوان‌های «نشست انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران»، «نشست تخصصی دانشگاه و صنعت در قالب آزمایشگاه» و «نشست سالیانه‌ی مدیران و کارشناسان آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی عضو شبکه‌ی آزمایشگاه‌های علمی ایران»، و نیز ۱۰ عنوان کارگاه تخصصی به همراه نمایشگاه تجهیزات دستگاهی برگزار شد. بخش نمایشگاه کنفرانس با حضور ۲۸ شرکت با سابقه از جمله شرکت‌های دانش‌بنیان و پژوهشگاه استاندارد، مرکز رشد دانشگاه الزهرا در قالب ۵۰ غرفه برپا شد.

در پایان، ضروری است از همه‌ی یاری‌رسانان که در برگزاری هر چه بهتر این کنفرانس یاریگر بودند سپاسگزاری شود، بویژه:

- جناب آقای دکتر خطیبی، معاون محترم اداری مالی وزارت عتف
- انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران
- مدیران آزمایشگاه‌های دانشگاه‌های سراسر کشور
- رئیس گرامی دانشگاه الزهرا و رئیس کنفرانس، سرکارخانم دکتر بکائی و روابط عمومی و مجموعه‌ی حراست دانشگاه الزهرا
- اعضای کمیته‌های علمی و اجرایی کنفرانس و دبیران تخصصی کمیته‌ی علمی و مسئولان کارگروه‌های اجرایی
- حوزه‌ی اداری و مالی دانشگاه الزهرا بویژه دفتر فنی، بخش مالی و بخش پشتیبانی
- تیم هماهنگ‌کننده‌ی سالن‌های کنفرانس، و جناب آقای مهندس کریمی
- شرکت‌ها بویژه شرکت قطران شیمی، مرکز رشد دانشگاه و دانشکده‌هایی که در ایجاد غرفه در نمایشگاه یاری‌رسان ما بودند
- دانشجویان عزیز که در قالب کمیته‌های دانشجویی و انجمن‌های علمی کمک‌رسان بودند

چکیده سخنرانی‌های کلیدی



عنوان سخنرانی:

آزمایشگاه زنده صنعت هوشمند بستری برای تحقق فناوری‌های پیشرو در سیستم‌های سایبر فیزیکی

سخنران:

دکتر عبدالله شمیسا- عضو هیات علمی گروه مهندسی برق دانشگاه خاتم

چکیده:

از ابتدای قرن جدید، چهارمین انقلاب صنعتی یا صنعت چهارم در حال تبدیل فرآیندهای تولید به سیستم‌های سایبرفیزیکی (CPS) است که توسط فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات هدایت می‌شود. ویژگی‌های سیستم در فضاهای فیزیکی و مجازی با چندین عامل مجزا که به طور همزمان برای انجام یک کار پیچیده تعامل دارند تعریف می‌شوند. این ادغام سیستم‌ها به دنبال تولید پاسخ‌های هوشمند برای هر عنصر بر اساس دینامیک کل سیستم است که توسط فناوری‌های پیشگامانه جدید مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا (IoT)، محاسبات ابری، کلان داده‌ها، یادگیری عمیق و واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، زنجیره بلوکی و 5G پشتیبانی می‌شود. بنابراین، قابلیت‌های جدیدی مانند تجزیه و تحلیل داده‌های بلادرنگ، تشخیص خطا، پیش‌آگهی و تحلیل چرخه عمر را می‌توان فعال و در فرآیندهای تولیدی ادغام کرد. استفاده از فناوری‌های نوین دیجیتال با محوریت فناوری‌های تحول‌آفرین در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، معادن، صنایع غذایی و دارویی و صنایع تولید فلزات و غیره در سال‌های آتی اجتناب‌ناپذیر است. مفهوم آزمایشگاه زنده برگرفته از تجربه گران‌بهای انسان از انقلاب‌های صنعتی قبلی و بازتنظیم هوشمندانه‌ای برای فرآیندهای توسعه نوآوری‌های باز، ساختاردهی تحقیق و توسعه و نیز پیشبرد اهداف صنایع است.

آزمایشگاه زنده محیطی است متشکل از ذی‌نفعان مختلف همچون بهره‌برداران اصلی، کسب و کارها، ارائه دهندگان فناوری و راه‌کار و کسب و کارهای نوپا و غیره که در آن، مبتنی بر رویکرد مشارکتی به خلق مشارکتی ایده‌ها و نوآوری‌ها و ایجاد ارزش‌های پایدار برای تمامی ذی‌نفعان و ذی‌نفوذان بر اساس تجربیات واقعی از حس مسئله یا نیاز موجود در صنعت پرداخته می‌شود. آزمایشگاه زنده بستری است که در مسیر طراحی، ساخت و ایجاد انواع محصولات و خدمات نوپدید مبتنی بر فناوری‌های نوظهور و یا تحول‌آفرین مبتنی بر انقلاب صنعتی 4.0، با قابلیت بهره‌برداری در تمامی صنایع بالادستی و پایین دستی برای هر صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آزمایشگاه زنده شرایطی را ایجاد کند که فهم درست، دقیق و متفاوتی از مسائل، مشکلات و نیازمندی‌های فناورانه و تکنولوژی‌های پیشرفته صنعتی برای مجریان و مشارکت‌کنندگان آزمایشگاه حاصل آید. ورودی‌های آزمایشگاه کاملاً مبتنی بر شواهدی است که از دل داده‌های واقعی و تجزیه و تحلیل‌های مسائل و نیازمندی‌های صنعتی حاصل می‌آید و عمدتاً توسط خود بهره‌برداران در کارگروه‌های تخصصی مطرح می‌شود. هدف از ایجاد آزمایشگاه زنده صنعت هوشمند، توسعه دانش و معرفی راهکارهای تخصصی و فناورانه است که منجر به تحولی ساختاری در سبک‌های تصمیم‌گیری و اجرایی، افزایش و بالا بردن کیفیت تصمیم‌گیری‌ها، مدیریت فناورانه محور تولیدات صنعتی و اجرای بیشتر راهبردهای درست و دقیق، بهره‌گیری از ابزارهای نوین و در عین حال مقرون به صرفه در صنایع می‌شود.

Title:

Smart industry living lab as a platform for realization of frontier technologies in the cyber-physical systems

Speaker:

Abdolah Shamisa, Faculty member and head of the Electrical Engineering Department, Khatam University

Abstract:

Since the beginning of the new century, the fourth industrial revolution called as industry 4.0 is transforming production processes into cyber-physical systems (CPS) driven by IT technologies. System characteristics in physical and virtual spaces are defined by several separate agents that interact simultaneously to perform a complex task. This integration of systems seeks to generate intelligent responses for each element based on the dynamics of the whole system, enabled by new breakthrough technologies such as artificial intelligence, Internet of Things (IoT), cloud computing, big data, deep learning and virtual and augmented reality, blockchain and 5G is supported. Thus, new capabilities such as real-time data analysis, fault diagnosis, prognostication and life cycle analysis can be enabled and integrated into manufacturing processes. The use of new digital technologies centered on transformational technologies in the oil, gas, petrochemical, mining, food and pharmaceutical industries, metal production industries, etc. is inevitable in the coming years. The concept of the living laboratory is derived from the precious human experience of the previous industrial revolutions and a smart reconfiguration for the development processes of open innovations, structuring the research and development, and advancing the goals of industries.

A smart industry living lab is an environment consisting of various stakeholders such as main users, businesses, technology and solution providers and start-up businesses, etc., in which, based on a collaborative approach to the collaborative creation of ideas and innovations and creating sustainable values for all stakeholders based on real experiences of the sense of problem or need in the industry. The living laboratory is a platform that is used in the design, manufacture and creation of new products and services based on emerging technologies or transformative technologies based on the 4th industrial revolution, with the ability to be used in all upstream and downstream industries for any industry. The living laboratory should create the conditions for a correct, accurate and different understanding of issues, problems and technological requirements and advanced industrial technologies for the operators and participants of the laboratory. The inputs of the laboratory are completely based on the evidence that comes from real data and analyzes of problems and industrial requirements and are mainly proposed by the users themselves in specialized working groups. The purpose of creating a smart industry living lab is to develop knowledge and introduce specialized and technological solutions that lead to a structural transformation in decision-making and executive styles, increase and raise the quality of decisions, technological management of industrial production and the implementation of more correct and accurate strategies, taking advantage of new and affordable tools in industries.

عنوان سخنرانی:

خروج از موزه، ورود به آزمایشگاه

سخنران:

محمدرضا اجتهادی - عضو هیات علمی دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: یکی از مهمترین دستاوردهای علوم دقیق مفهومی به نام اندازه گیر و اندازه پذیری است. ولی برای توافق در اندازه گیری نیازمند هم‌زمانی یا به قولی استاندارد سازی در واحدها هستیم. تلاش جامعه جهانی برای هم‌زمان کردن آزمایشگاه‌های مختلف در جهان با تثبیت نمونه‌های استاندارد در موزه‌ها شروع شد، ولی اکنون در زمانی هستیم که موزه‌ها را به تاریخ دانان بسپاریم و آنها را آزمایشگاه‌های مرجع جایگزین کنیم. در اینجا در مورد واحدهای جدید SI و نقش آزمایشگاه‌های مرجع در این جایگزینی صحبت خواهد شد.

Title:

Leaving the Museum, Entering the Lab

Summary: One of the most important achievements of the exact sciences is a concept called measurement and measurability. But in order to agree on the measurements, we need a common language, i.e. standardization in units. Global efforts to give the world's various laboratories a common language began with international agreements on the prototypes in museums. But these days we are in the position to leave the museums to historians and replace them by the reference laboratories. Here we will talk about the new SI units and the role of reference labs in this replacement.

عنوان سخنرانی:

ضرورت دسترسی به تجهیزات پیشرفته برای پژوهش‌های علوم زیستی در حال و آینده

سخنران:

خسرو خواجه - عضو هیات علمی دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس

آدرس ایمیل نویسنده مسئول: khajeh@modares.ac.ir

چکیده

هنگامی که صحبت از تحقیق و توسعه در صنعت علوم زیستی میشود، نمیتوان اهمیت اندازه‌گیریهای دقیق را نادیده گرفت. داده‌های دقیق برای توسعه محصولات و فرآیندهای جدید و همچنین عیب‌یابی موارد موجود ضروری هستند. استفاده از ابزار و فناوری مناسب میتواند به طور قابل توجهی دقت را افزایش دهد، اشتباهات را به حداقل برساند و نتایج قابل اعتماد را تضمین کند. نتایج نادرست اگر زود تشخیص داده نشود میتواند منجر به اشتباهات پرهزینه‌ای شود. برای حفظ داده‌های قابل اعتماد، سرمایه‌گذاری در تجهیزات آزمایشگاهی با کیفیت بالا ضروری است. این سرمایه‌گذاری به میزان قابل توجهی نیاز به آزمایش مجدد یا خدمات کالیبراسیون را در آینده کاهش میدهد و در زمان و هزینه آزمایشگاه صرفه جویی میکند. تحقیقات میدانی نقش مهمی در پیشرفت درک ما از دنیای اطرافمان ایفا میکند و دانشمندان را قادر می‌سازد تا اکوسیستم‌ها، ارگانیسم‌ها و مسائل زیست‌محیطی مختلف را در زیستگاه‌های طبیعی خود مطالعه کنند. با این حال، دستیابی به داده‌های دقیق و قابل اعتماد اغلب به تجهیزات و روش‌های پیچیده‌ای نیاز دارد که معمولاً به آزمایشگاه‌های سنتی محدود میشوند. توسعه تجهیزات آزمایشگاهی قابل حمل منجر به از بین رفتن این موانع شده است و به محققان اجازه داده تا تجزیه و تحلیل‌های پیچیده را بدون نیاز به امکانات پیچیده آزمایشگاهی در مقیاس بزرگ انجام داده و چشم‌انداز تحقیقات میدانی را عمیقاً متحول کنند. اتوماسیون و رباتیک شدن، انجام فرآیندهای آزمایشگاهی را تسهیل کرده و دقت و توان عملیاتی را افزایش داده است. سیستم‌های کنترل خودکار مایعات، پردازنده‌های رباتیک نمونه و پلتفرم‌های توالی‌یابی با توان عملیاتی بالا، تحقیقات را تسریع کرده و آزمایش‌های پیچیده را عملی‌تر کرده‌اند. علاوه بر این، ادغام هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین (ML) با تجهیزات علمی، فرصت‌های جدیدی را برای تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها باز کرده است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی میتوانند به سرعت حجم وسیعی از داده‌ها را تجزیه و تحلیل کرده، الگوها را شناسایی کنند و بینش‌های علمی را در مسیر اکتشافات علمی توسعه دهند.

کلمات کلیدی: تجهیزات آزمایشگاهی، اتوماسیون، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، آزمایشگاه قابل حمل

Title:

Molecular Applications of Mass Spectrometry

Speakers:

Alireza Ghassempour

Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University

a-ghassempour@sbu.ac.ir

Today, there are several mass spectrometry instruments with market size about \$7 billion in 2023 and increasing annual growth rate of 8%. We do not have an instrument of this size in the market, or there are rarely any, why? Active biological compounds in food, drug or cosmetic and related compounds such as nitrosamines, pesticide, herbicides or fungicide, due to directly related human healthy, must be monitored by gas or liquid chromatography-tandem mass spectrometry (GC-MS/MS or LC-MS/MS). Metabolomics, proteomics transcriptomics and lipidomics for diagnosis and follow of any treatment should be followed only by matrix assisted laser desorption/ionization time of flight MS (MALDI TOF MS) and high-resolution electrospray MS (HR-ESI-MS) techniques. Any bacteria, virus especially Covid-19 and fungi could be analyzed by MS techniques. For environmental analysis such as flare gas is produced in petrochemical industries, MS techniques should be used. The destruction and removal efficiency (DRE) of organic gases can be severely affected by operating conditions. For on-line monitoring, especially in bioterrorism, MS is the first candidate due to its high sensitivity.

In this lecture, a review for molecular MS applications in different fields will be presented and also introduced MS condition in neighbors' countries.

Title:

Laboratory and industrial application of ultrasonic devices

Speakers:

Reza.Afzalzadeh

Faculty of Physics, K.N. Toosi University

In recent years, the use of ultrasonic waves in research laboratories and industries has grown a lot. Ultrasonic technology similar to laser technology in all fields including: ultrasonic homogenizer for synthesis of nano materials, dispersing, production of emulsion, production of ^2D materials as well as welding of polymer materials and metals, destruction of animal and plant cell destruction (extraction), cracking of heavy molecules of petroleum, de-sulfurization, pharmaceutical, ink and paint production, ultrasonic bath for cleaning, non-destructive NDT tests, distance measurement, thickness measurement, cutting such as: surgical knife, food, metal or polymer mesh, ceramic and metal drilling and so on are widely used in many other industries. The main laboratory application of ultrasound is as ultrasonic homogenizing with probes (ultrasonic homogenizers), which are widely used for synthesis, dispersing nano materials in liquids and producing emulsions, cell destruction in medical laboratories, medical diagnosis, and extraction from plants.

مقاله‌های سخنرانی‌ها

طیف سنج‌های مینیاتوری نسل جدید مریم زارع^۱، عزیزاله شفیع‌خانی^{۲*}، عباس شکرالهی^۱

^۱شرکت پویش تدبیر کرانه (فیزتک)، تهران، ایران

^۲گروه فیزیک نظری و نانو، دانشکده فیزیک، دانشگاه الزهرا، تهران ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ashafie@alzahra.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: mzare@phystec.ir

چکیده

در نیم قرن اخیر پیشرفت‌های قابل توجهی در کوچک سازی اجزای مورد استفاده در سیستم های اسپکتروفتومتری بوجود آمده است. طیف‌سنج‌های ماژولار فرابنفش-مرئی-فروسرخ نزدیک، نسل جدیدی از طیف‌سنج‌ها مشتمل بر یک اسپکترومتر مینیاتوری، منبع های نوری مجزا، فیبر نوری برای انتقال تابش، نگهدارنده نمونه به صورت جدا از هم و نرم‌افزار کاربردی هستند. استفاده از فیبر نوری در این سیستم‌ها امکان چینش‌های مختلف برای کاربردهای متفاوت را فراهم می‌آورد. کوچکی و قابل حمل بودن آنها، امکان بهره‌گیری از این طیف‌سنج‌ها را در صنعت و پژوهش رشد چشمگیری داده است. اما مهم‌ترین نکته، نرم‌افزار این طیف‌سنج‌ها است که به کاربر امکان استفاده‌ی آسانتر و متنوع در کار با دستگاه را می‌دهد.

کلید واژه‌ها: طیف‌سنج نوری، اندازه گیری نوری، آنالیز غیرمخرب

۱. مقدمه

با پیشرفت فناوری در تولید محصولات، آزمون‌ها و راستی‌آزمایی فرآورده‌ها در بخش‌های مختلف صنعت و پژوهش اهمیت فراوانی یافته است. امروزه نقش آزمون‌های پیچیده و گران قیمت که نیاز به تخصص و امکانات ویژه دارد، در کنترل کیفیت تولیدات کم رنگ شده و بالعکس، آزمون‌های غیرمخرب، سریع و ارزان قیمت بدلیل فائق آمدن بر مشکلات مطرح شده، ارزش فراوانی یافته اند. در این میان طیف‌سنجی فرابنفش-مرئی-فروسرخ نزدیک (UV-vis-NIR) بدلیل ساده و کم هزینه بودن در مقایسه با دیگر روش‌ها از اقبال خوبی برخوردار گشته است و به طور گسترده برای تحلیل کیفی و کمی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد در صنعت و آزمایشگاه‌های فیزیک، شیمی، بیوشیمی، محیط‌زیست و ... استفاده می‌شود. به علاوه با رشد فناوری‌های الکترونیک، فوتونیک و تحلیل داده‌ها، نسل جدیدی از سامانه‌های طیف‌سنجی پا به عرصه گذاشته‌اند که در مقایسه با نسل‌های قبل کارایی بیشتری دارند. از مهم‌ترین ویژگی‌های آنها قابل حمل، سادگی کاربری و ارزان بودن آنها است. بکارگیری این نسل از طیف‌سنج‌ها، نیازمند تخصص ویژه نیست و با آموزش کاربردی، هر فرد توانایی استفاده از آنها را دارد.

۲. اساس کار طیف‌سنج‌های نوری

طیف‌سنج‌های فرابنفش-مرئی-فروسرخ نزدیک (UV-vis-NIR) به طور کلی به دو دسته اسپکترومتر و اسپکتروفوتومتر تقسیم می‌شوند. اسپکترومتر پرتوهای نوری گسیل شده از مواد را آشکارسازی کرده و از روی طیف آنها می‌توان به شناسایی ماده پرداخت. اسپکتروفوتومتر ابزاری است که در قلب آن یک اسپکترومتر قرار دارد و علاوه بر آن شامل منابع نور و محل قرار گیری نمونه نیز هست. در این سیستم، پرتو منابع مختلف نور به ماده تابیده و با آن برهم کنش می‌کند. در اسپکتروفوتومتری فرابنفش-مرئی-فروسرخ نزدیک (UV-vis-NIR) نور در محدوده (۱۹۰-۱۱۰۰ nm) به طور مستقیم به نمونه تابیده می‌شود. در اثر برهم کنش نور با ماده، اجزای تشکیل دهنده ماده، تحت چهار فرآیند هم‌زمان با پرتو نور فرودی قرار می‌گیرند: جذب، پراکندگی، عبور و بازتاب. اسپکتروفوتومترها غالباً برای آنالیز مواد مایع، جامد و محلول‌ها به کار می‌روند. اگر شدت نور بازتابی ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن باشد، شدت نور عبوری از ماده بصورت تابعی از طول موج اندازه‌گیری و مقدار جذب+پراکندگی (که به آن خاموشی گفته می‌شود) با استفاده از رابطه بیر-لامبرت^۱ به دست می‌آید. از آن جا که معمولاً طول مسافت طی شده توسط پرتو نور کوتاه است مقدار پراکندگی را قابل اغماض و از مقدار جذب برای اندازه‌گیری غلظت یک ترکیب در محلول آبی استفاده می‌شود.

از یک سو اکثر اسپکتروفوتومترهای مورد استفاده در کاربردهای صنعتی یا آزمایشگاهی گران و حجیم هستند. از سوی دیگر اکثر این دستگاه‌ها محدود به تنظیمات کنترل شده آزمایشگاه بوده و قابلیت جا به جایی ندارند. این ویژگی‌ها هزینه کار با دستگاه را به طور چشمگیری افزایش و دامنه کاربردها را محدود می‌سازد.

در طیف‌سنج‌های نوری نسل جدید، به جای اسپکتروفوتومترهای گران و حجیم از سامانه‌های ماژولار استفاده می‌شود. یک سامانه ماژولار متشکل از یک اسپکترومتر مینیاتوری، منبع‌های نور متناسب با کاربرد مورد نظر، نگهدارنده نمونه و تعدادی فیبر نوری است که تمام این قطعات مجزا و مستقل از یکدیگر بوده و بسته به نوع کاربرد مورد نظر به یکدیگر متصل می‌شوند. استفاده از فیبر نوری باعث سادگی چیدمان دلخواه برای آزمایش‌های مورد نظر می‌شود. از سوی دیگر این سامانه‌ها سبک‌وزن و قابل حمل بوده و تنظیمات آنها با جابه جایی به هم نمی‌خورد و برای آنالیز نمونه‌ها به صورت بلادرنگ^۲ و در محل^۳ قابل استفاده هستند. از این سامانه‌ها علاوه بر مواد مایع می‌توان در آنالیز مواد جامد نیز بهره برد. در مواد جامد و کدر غالباً نور عبوری از ماده ناچیز بوده و با اندازه‌گیری نور بازتابی می‌توان مقدار جذب را به دست آورد.

هسته‌ای اصلی یک طیف‌سنج نوری دارای اجزای محدودی است: شکاف ورودی، توری پراش و یا منشور (تجزیه‌کننده نور)، آشکارساز و قطعات همچون عدسی و آینه که بستگی به نوع هندسه و چینش نوری دارد. اما امروزه بارزترین ویژگی یک طیف‌سنج، نرم‌افزار عملیاتی آن است. با پیشرفت‌های چند دهه‌ای اخیر در پردازنده‌ها، روش‌ها و سرعت پردازش داده‌ها، روش‌های تحلیل و موتورهای جستجو نقش بسیار مهمی در کار با یک طیف‌سنج دارد. آنچه بخش عمده‌ی ارزش یک طیف‌سنج را تعیین می‌کند، آسانی کاربری و قابلیت‌های نرم‌افزار است.

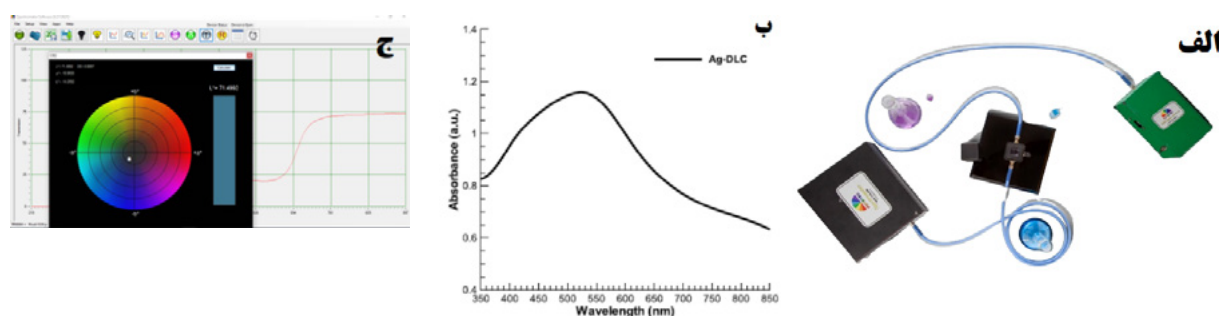
۳. نتایج و بحث

در این بخش، به برخی از کاربردهای اسپکترومترهای ماژولار به عنوان طیف‌سنج‌های نسل جدید می‌پردازیم. در تمام کاربردهای ذکر شده در این بخش از طیف‌سنج مینیاتوری ساخت شرکت فیزتک، مدل UVS-۲۵۰۰ و تجهیزات جانبی استفاده شده است. همانگونه که ذکر شد، اولین کاربرد این سامانه‌ها تحلیل تابش مواد است. برای این آزمون تنها از یک اسپکترومتر مینیاتوری و یک فیبر نوری

Beer-Lambert^۱real-time^۲On-site^۳

می‌توان استفاده کرد. گاهی اوقات برای هدایت بهتر نور به فیبر، از اتصال عدسی‌های کوچک به فیبر و یا در مواردی از کره جمع کننده نور، استفاده می‌شود. شناسایی و اندازه‌گیری تابش چشمه‌های نور مانند لیزر، دیودهای نورگسیل و چشمه‌های گازی (نظیر لامپ سدیم) همچنین بررسی و تحلیل تابش پلاسما از کاربردهای این چیدمان است.

کاربرد بعدی استفاده از سیستم ماژولار، اندازه‌گیری جذب، رنگ و غلظت مواد مایع است. کاربردی که به طور معمول از اسپکتروفتومترهای رومیزی انتظار می‌رود. اجزاء اپتیکی در این چیدمان شامل اسپکترومتر، منابع نوری و نگهدارنده کووت است که با فیبرهای نوری متناسب، مشابه شکل الف-۱ به یکدیگر متصل می‌شوند. طیف جذب و یا عبور (انتقال) نمونه از رابطه بیر-لامبرت، در نرم افزار محاسبه شده و قابل مشاهده و اندازه‌گیری است. در اندازه‌گیری غلظت، لازم است ابتدا منحنی کالیبراسیون با تعدادی نمونه استاندارد معلوم رسم شده و سپس با استفاده از درونیابی، غلظت ماده مجهول به دست می‌آید. رسم منحنی کالیبراسیون، تعیین معادله خط، ضریب R^2 ، و سپس محاسبه غلظت ماده مجهول به کمک نرم افزار (Phystec, UVS-2500) به راحتی امکانپذیر است. از این چیدمان علاوه بر مواد مایع می‌توان جذب لایه‌های نازک نشانده شده بر روی زیرلایه‌های شفاف مانند لایه‌های متشکل از نانو ذرات پلاسمونیک Au یا Ag روی شیشه یا FTO را نیز به خوبی اندازه‌گیری کرد. شکل (ب-۱) طیف نانو ذرات پلاسمونیک نقره در بستری از کربن شبه الماسی بر روی شیشه را نشان می‌دهد [۱]. چنانچه نرم افزار طیف‌سنج مجهز به گزینه‌ای برای مشاهده و اندازه‌گیری طیف تابعی از زمان باشد (نظیر آنچه در نرم افزار دستگاه Phystec, UVS-2500 وجود دارد) در آن صورت می‌توان سینتیک واکنش‌ها را نیز با این چیدمان اندازه‌گیری کرد. این ویژگی به ویژه در بررسی پایداری نانو ذرات کلوئیدی و یا کنترل محصولات خط تولید کاربرد دارد. از دیگر کاربردهای این چیدمان، رنگ و شفافیت‌سنجی مواد است. از روی طیف عبوری (انتقالی) در ناحیه مرئی می‌توان رنگ ماده را بر اساس استانداردهای رنگی CIELAB و CIEXYZ محاسبه کرد. شکل (ج-۱) رنگ محلول متیلن بلو را با استفاده از نرم افزار دستگاه مورد بحث، نشان می‌دهد.



شکل ۱- الف- چیدمان اندازه‌گیری طیف عبوری-ب- طیف LSPR نانو ذرات نقره در بستری از DLC [۱]- ج- طیف عبوری و پارامترهای رنگی محلول متیلن بلو بر اساس استاندارد رنگی CIELAB.

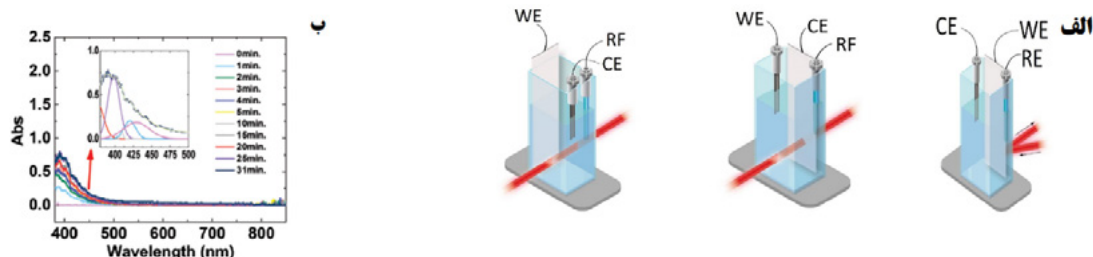
چیدمان پرکاربرد دیگر سامانه‌های ماژولار، چیدمان بازتابی است. در این چیدمان علاوه بر اسپکترومتر و منبع نور، بسته به آرایش بازتابی مورد نظر یا از پروب فیبر نوری بازتابی (اندازه‌گیری بازتابش آینه‌ای) یا کره جمع‌کننده نور (اندازه‌گیری بازتابش پخشی) استفاده می‌شود. این چیدمان در بررسی پوشش‌های ضد بازتاب [۲]، تعیین لبه جذب و نوار گاف اپتیکی مواد نیم‌رسانای کدر [۳-۶] و تعیین رنگ مواد غذایی، منسوجات یا بررسی پوشش‌های سطح، کاربرد دارد. شکل (الف-۲) چیدمان بازتابش آینه‌ای با استفاده از پروب فیبر نوری و شکل (ب-۲) طیف جذب بازتابی نمونه‌های WO_3 و تعیین نوارگاف نیم‌رسانا از رابطه تائوک را نشان می‌دهد [۳].



شکل ۲- الف- چیدمان اندازه‌گیری طیف بازتابی آینه ای. ب- طیف جذب نمونه های WO_3 و تعیین نوارگاف نیم رسانا از رابطه تائوک [۳]

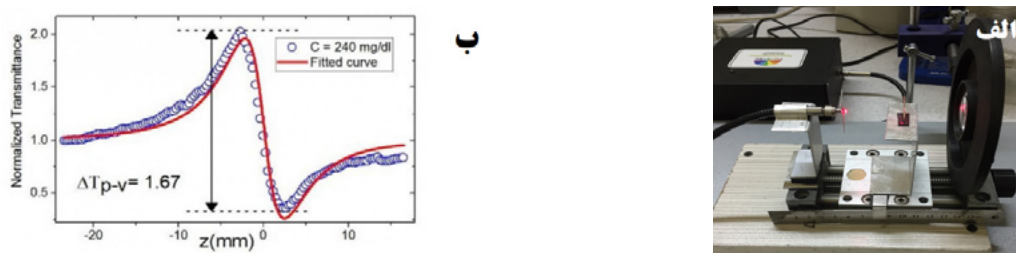
اندازه‌گیری فتولومینسانس (PL) و کاتدولومینسانس (CL) یکی دیگر از این کاربردها است. در PL ماده بر اثر تابش نور تحریک و نور تابشی که انرژی آن کمتر از انرژی تحریک است، توسط فیبر نوری در راستایی غیر از راستای تحریک جمع‌آوری شده و توسط اسپکترومتر آشکارسازی می‌شود [۷]. در CL منبع تحریک، امواج کاتدی است و آشکارسازی نور شبیه PL اتفاق می‌افتد.

اسپکتروالکتروشیمی نیز یکی دیگر از کاربردهای خاص سیستمهای ماژولار است. در این کاربرد زمانی که یک واکنش الکتروشیمیایی در حال انجام است از محلول الکترولیت و یا یکی از الکترودها، طیف گرفته می‌شود تا تغییرات به وجود آمده در آن، در حین آزمایش بررسی شود. استفاده از فیبر نوری در سامانه‌های ماژولار امکان چین چیدمانی را فراهم می‌آورد. نمونه‌ای از چیدمان‌های معمول اسپکتروالکتروشیمی و یک نمونه از طیف محلول حین واکنش اکسایش آب، در شکل ۳ دیده می‌شود [۸].



شکل ۳- الف- انواع مختلف چیدمان اسپکتروالکتروشیمی- ب- طیف محلول کربنات با گذشت زمان در واکنش اکسیداسیون آب [۸]

یکی دیگر از کاربردهای سامانه‌های ماژولار بررسی Z-Scan است. در این کاربرد، نور منبع لیزر به نمونه‌ای که روی یک ریل در حال حرکت است برخورد کرده و نور عبوری از نمونه توسط فیبر نوری دریافت شده و به اسپکترومتر منتقل شده و تغییرات طیفی با فاصله بررسی می‌شود. شکل ۴ چیدمان Z-Scan و نتایج حاصل از آن را نشان می‌دهد [۹].



شکل ۴- الف- چیدمان Z-scan- ب- نمونه‌ای از طیف عبور نمونه‌های پرووسکاپت با تغییر فاصله [۹]

۴. نتیجه‌گیری

به طور کلی، نسل جدید سیستمهای طیف سنجی که سیستمهای ماژولار نامیده می‌شوند با داشتن مزایایی همچون وزن کمتر، امکان جابجایی آسان، انعطاف‌پذیری در چیدمان، کاربری ساده‌تر و قیمت ارزان‌تر در حال گرفتن جای اسپکترومترهای رومیزی نسل قبل بوده و به علاوه، این سیستمها باعث شده‌اند تا طیف سنجی (UV-vis-NIR) به عنوان روشی غیر مخرب، ساده و کارآمد حتی جایگزین روشهای هزینه‌بر و زمانبر سابق در کنترل کیفیت محصولات تولیدی کارخانجات و بخشهای مختلف صنایع شود.

سپاسگزاری

از آقایان دکتر صمدپور، نجف پور، پورصالحی، صادقی و حداد که نتایج تحقیقات خود را در اختیار نویسندگان قرار داده‌اند، سپاسگزاریم.

منابع

- [۱] Zarei A, Shafiekhani A. Surface-enhanced Raman scattering (SERS) of Methyl Orange on Ag-

DLC nanoparticles. Materials Chemistry and Physics ۲۰۲۰; ۲۴۲: ۱۲۲۵۵۹.

[۲] Sherafati Tabarestani Z, Samadpour M. Micron-sized silica mesh for enhancing the performance of quantum dot sensitized solar cells. Ceramics International ۲۰۲۱; ۴۸(۸): ۱۱۲۶۵.

[۳] Karimkhah M, Yourdkhani A, Moradpur-Tari E, Poursalehi R, Sarraf-Mamoory R. How does water of crystallization influence the optical properties, band structure and photocatalytic activity of tungsten oxide? Surfaces and Interfaces ۲۰۲۱; ۲۷: ۱۰۱۴۹۳.

[۴] Pishdar A; Samadpour M. TiO₂/Graphene Nanocomposites for Enhancing the Performance of Dye Sensitized Solar Cells. Current Nanoscience ۲۰۱۷; ۱۳ (۱): ۸۴.

[۵] Samadpour M, Arabzade S. Graphene/CuS/PbS nanocomposite as an effective counter electrode for quantum dot sensitized solar cells. Journal of alloys and compounds ۲۰۱۷; ۶۹۶ (۱): ۳۶۹.

[۶] Karimi M, Almasi Kashi M, Montazer A H. Synthesis and characterization of ultrafine γ -Al₂O₃:Cr nanoparticles and their performance in antibacterial activity. Sol-Gel Science and Technology ۲۰۲۱; ۹۹: ۱۷۸.

[۷] Torabzadeh T, Sadeghi E, Zahedifar M. Structural and investigation of luminescence properties of BaF₂:Eu nanoparticles. CMTS-۲ ۲۰۱۹. <https://civilica.com/doc/۸۹۹۴۶۸>

[۸] Najafpour M M and Feizi H. Water oxidation by Ni (۱,۴,۸,۱۱- tetraazacyclotetradecane) $^{2+}$ in the presence of carbonate: new findings and an alternative mechanism. Dalton Transactions ۲۰۱۸; ۴۷: ۶۵۱۹.

[۹] Dehghanipour M, Behjat A, Shabani A M H, and Haddad M. A. Toward desirable ۲D/۳D hybrid perovskite films for solar cell application with additive engineering approach. J Mater Sci: Mater Electron ۲۰۲۲; ۳۳: ۱۲۹۵۳.

New Generation Miniature Spectrometers

M. Zare¹, A. Shafiekhani^{2*}, A. Shokrollahi¹

¹Pooyesh Tadbir Karaneh (PhysTec), Tehran, Iran.

²Dept. of Theo. Physics and Nano, Faculty of Physics, Alzahra University, Tehran, Iran.

* Corresponding Author's Email: ashafie@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: mzare@phystec.ir

In the last half century, significant progress has been made in the miniaturization of components used in spectrophotometric systems. Modular UV-Vis-NIR spectrometers are a new generation of spectrometers consisting of a separate miniature spectrometer, separate light sources, optical fibers for radiation transfer, sample holder and applicable software. The use of optical fibers in these systems enable different arrangements for different applications. Their smallness and portability have given the possibility of using spectrometers in industry and research. But the most important point is the software of these spectrometers, which allows the user to use the device in an easier and more diverse way.

Keywords: spectrophotometer, optical measurement, nondestructive analysis.

طراحی و ارزیابی الکترواستیل خشک با لایه نشانی کلر به منظور ثبت سیگنال الکترومایوگرافی

محمد مهدی کلانتر نیستانکی^{۱*}، یاسمن نیکویی سدهی^۲، اشکان بلبل نیا قرا^۳، الینا دریغ^۴،

بابک رضائی افشار^۵

^۱گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران idtham@ratnalakidham

^۲گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران com.gmail@yasamannikooie

^۳گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران ir.mail@bolbolnia_ashkan

^۴گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران com.gmail@elinadarigh

^۵دکترای تخصصی مهندسی پزشکی، مرکز پژوهش‌های صنعتی سازگار، تهران، ایران ir.ac.srbiau@rezaee.babak

ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.srbiau@rezaee.babak

ایمیل ارائه‌دهنده: ir.mail@mahdikalantar

چکیده

در این مطالعه، که به منظور بررسی الکتروودهای مرطوب و خشک بوده است، الکترومایوگرافی سطحی تک کاناله از ۶ نفر آقا به صورت داوطلب از ناحیه فلکسور کارپی اولناریس ساعد، در حالی که هر کدام از داوطلبان یک الکتروود مشخص را با یک عمل مشخص به تعداد دفعات یک بار تکرار انجام میدادند، گرفته شد. سیگنال‌های SEMG اخذ شده در فواصل زمانی ۱۰ ثانیه ای پنجره گذاری شدند، فیلتری روی داده ها انجام نشد تا بلکه میزان نویز های به صورت حقیقی نمایش داده شود. این مطالعه نمایانگر میزان دقت الکتروودهای خشک و همچنین راحتی در استفاده از الکتروودهای خشک بوده است و ارتقای سطح کیفی الکتروودهای خشک با لایه گذاری کردن آنها بوده است. با توجه به واریانس داده های الکتروود خشک لایه گذاری شده به این نتیجه رسیدیم که داده های الکتروود خشک دارای نویز کمتری بوده و از لحاظ کیفیتی و همچنین راحتی از الکتروودهای مرطوب نقره/نقره کلرید عملکرد بهتری نشان داده اند.

واژه های کلیدی

الکترومایوگرافی، الکتروودهای خشک لایه گذاری شده، فلکسور کارپی اولناریس

۱. مقدمه

برای تحقق یک تشخیص بیماری مشخص شده و پیش بینی شده، ساخت یک دستگاه کسب کننده بایوسینگنال با کارایی بالا ضروری است.

سیگنال‌های زیستی اکتسابی به ECG، EEG، EMG، EOG، دمای پوست، هدایت پوست (پاسخ پوستی گالوانیکی)، فتوپلتیسموگرافی^۱ تقسیم میشوند. [۱] فناوری‌های اصلی دستگاه‌های کسب بایوسینگنال‌ها شامل حسگرها (آشکار ساز و تقویت کننده)، فناوری تجزیه و تحلیل پردازشی سیگنال‌ها سطحی، فناوری چاپ و نمایشگر برای خروجی تجزیه و تحلیل، تکنولوژی جریان با در نظر گرفتن مسائل ایمنی (۱) هستند. سیگنال‌های زیستی اطلاعاتی را در اختیار ما قرار می‌دهند که به ما بینش ارزشمندی از فرآیندهای طبیعی در حال وقوع داخل بدن انسان می‌دهد. این امر باعث میشود سیگنال عاری از نویز باشد تا تخمین مناسبی از اطلاعات ارائه شده توسط سیگنال‌های زیستی ارائه دهد (۲)

انواع الکترود به دو بخش الکترودهای خشک و الکترودهای مرطوب تقسیم بندی میشوند (۳، ۴).

الکترودهای خشک به چند زیر شاخه از جمله الکترودهای خازنی (۵)، الکترودهای خشک میکروسوزنی مهاجم (۵)، الکترودهای خشک پارچه ای و پوشیدنی (۵، ۶)، الکترودهای خشک به همراه پلیمر رسانا (۵، ۶)، الکترودهای خشک ریزساختار که از یک ماده رسانا که توسط یک ماده رسانا (پلاتین، طلا) پوشانده شده، الکترودهای خشک مناسب قابل کشش با رسانایی بالا توسط محلول پلی (اتیلن دی اکسی تیوفن): پلی (استایرن سولفونات) (SSP:TODEP)^۲ (۶)، الکترودهای خشک تعبیه شده از یک لایه نازک فلزی در الاستومر (۳، ۵) تقسیم می‌شود.

انواع الکترودهای متداول به دو بخش الکترودهای مرطوب و الکترودهای خشک تقسیم بندی میشوند. الکترودهای مرطوبی به شکل متداول استفاده میشوند الکترودهای مرطوب Ag/AgCl (۳، ۷، ۸) هستند و همچنین الکترودهای خشکی که به صورت متداول استفاده میشوند عبارتند از اینکه الکترودهای خشک پوشیدنی^۳ (۶، ۹)، الکترودهای خشک متشکل از مخلوط نانو لوله های کربنی (CNT) و چسب پلی دی متیل سیلوکسان (۳، ۵) (aPDMS). همچنین جدیدترین تکنولوژی‌های در حال رشد در راستای الکترودهای خشک شامل الکترودهای ریز ساختار از یک ماده رسانا که توسط یک ماده رسانا پوشانده شده است (۴) (MNEs)، الکترودهای ریز ساختار به واسطه پرینت ۳ بعدی الکترودها به صورت زینترینگ لیزری مستقیم فلزات^۲ (۴) (DMLS)، الکترود خشک مناسب قابل کشش با رسانایی بالا توسط محلول (PEDOT:PSS) (۶) هستند.

جدول ۱- مقایسه انواع الکترودها

الکترود مرطوب	الکترود خشک
مزایا	
افزایش رسانایی الکترود (۴).	هوای ما بین سطح و الکترود به صورت عالی از بین می‌رود (۳).
اطمینان اتصال الکترود در محل مورد نظر به هنگام وجود مو (۴).	امپدانس تماس کاهش می‌یابد (۳).
حرکت الکترود بر روی پوست بدون از دست دادن تماس با پوست (۴).	زیست سازگاری افزایش پیدا می‌کند (۳).
هزینه کم (۸).	انعطاف پذیری بالایی دارد (۳، ۱۰، ۱۱).
تکرار پذیری (۸).	توانایی در استفاده طولانی مدت (۳، ۸، ۱۰).
	نفوذ به پوست بدون تحریک و درد (۴).
	حرکت ندارد و مناسب انقباضات غیر ایزومتریک عضلانی است (۴).
	چسبندگی عالی ای دارد (۶).
	چسبندگی به پوست در شرایطی که پوست خیس است (۶).
	نویز کمتر در حالت دینامیک و استاتیک (۶، ۱۲).

معایب	استفاده طولانی مدت باعث تحریک پوست میشود (۳). امپدانس پوست به دلیل خشک شدن الکترود (۳). زمان بر بودن فرایند قرار دادن الکترود در محل مورد نظر (۴, ۱۲). خسته کننده بودن فرایند (۴). برای کاربر ناخوشایند بودن فرایند (۴). ب نیاز به یک تکنسین آموزش دیده داریم (۱۲). طول عمر ژل بسیار کوتاه است (۸). الکترود ها برای نگهداری رسانی نسبتا بلند هستند (۸).	کیفیت سیگنال ضعیف است (۵). لیز خوردن در الکترود های خشک غیر منعطف به دلیل وجود مو (۵). الکترود ها خشک پوشیدنی انطباقی ناقصی با پوست دارن به ویژه به هنگام تعریق یا تحرک (۶). در سیستم (PEDOT:PSS) صفحات الکترود ورقه ورقه میشوند و سیگنال ضعیف است (۶).

مؤلفه های مهم در ساخت و استفاده از یک الکترود عبارتند از اینکه امپدانس کمتر با پوست داشته باشد و زیست سازگاری بهتری داشته باشد (۳, ۶)، رسانایی مناسبی برای جریان های الکتریکی باشد (۴)، اطمینان در اتصال و چسبندگی بالایی داشته باشد (۳, ۵, ۶)، عدم لغزش بر روی پوست (۴)، استفاده الکترود برای کاربر خوشایند باشد (۴)، در طولانی مدت باعث تحریک پوست نشود (۳)، کیفیت سیگنال مناسبی داشته باشد (۵)، انعطاف پذیری مناسبی داشته باشد (۳, ۶)، وجود مو باعث اختلال در فرایند کسب سیگنال های حیاتی نشود.

مقایسه الکترود های خشک و مرطوب و یافتن یک الکترود ارزان قیمت در دسترس و با کیفیت بالا برای ثبت های بلند مدت ECG، EEG و EMG با هدف کاربرد در پردازش سیگنال های مغز و قلب و عضله به گونه ای که حداقل امپدانس و حداقل آرتیفکت حرکتی و نیز حداقل جریان کشی را برای ما فراهم آورد. در این مسیر لازم است تا با استفاده از یک سیستم ثبت مشخص اقدام به تولید متغیری به عنوان الکترود نماییم تا با تغییر نوع الکترود مولفه هایی همچون نسبت سیگنال به نویز (SNR) در طول مدت زمان مشخص اندازه گیری نموده و نتایج الکترود های مختلف را باهم مقایسه کنیم.

۲. روش تحقیق

در این پژوهش از ۶ نفر آقا به عنوان داده استفاده شده در بازه سنی 22 ± 3 و در بازه وزنی 70 ± 5 که در تمامی افراد سابقه بیماری عضلانی وجود نداشته است و نسبت به روند اجرای آزمایش قبل از شروع آن تفهیم شده بودند. همچنین فرایند اخذ داده در تمامی افراد صرفا از دست راست ایشان بوده است.

ضلات فلکسور کاپری اولناریس^۳ در قسمت ساعد و استیلوئید رادیال^۴ در قسمت مچ دست در این آزمایش برای الکترود گذاری استفاده شده است. جهت اخذ داده ها از ۳ نوع الکترود خشک استیل، خشک لایه گذاری شده و مرطوب نقره/نقره کلرید استفاده شده است.



شکل ۱- انواع الکترود ها مرطوب نقره/نقره - الکترود های خشک لایه گذاری شده - الکترود های خشک استیل.

برای پیش از شروع الکترود گذاری مرحله آماده سازی پوست به وسیله پد الکلی و پنبه انجام میشود تا امپدانس پوست به میزان مطلوب برسد.

طرز تهیه و ساخت الکترود های لایه گذاری شده به وسیله کلر عبارت است از : در ظرفی به میزان ۱ مول نمک سدیم کلرید^۵ اضافه میکنیم از منبع تغذیه ۱۲ ولت آزمایشگاهی جهت الکترولیز کردن الکترود های خشک استفاده میکنیم. از الکترود ها ولتاژی به اندازه

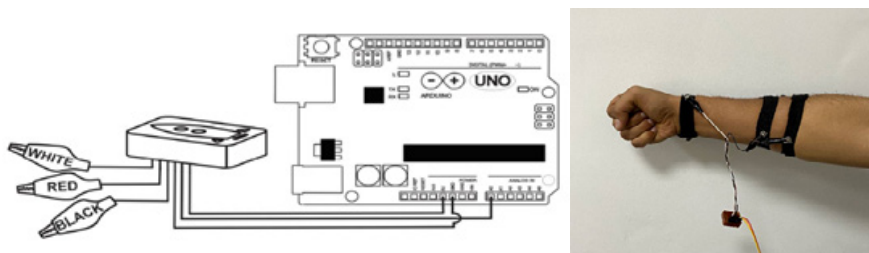
۳ flexor carpi ulnaris
۴ estiloides radial
۵ NaCl

۱۲ واحد و در بازه جریانی ۱ الی ۲ واحد عبور می‌دهیم در قطب مثبت از الکترولیت‌های استیل و در قطب منفی از الکترودهای استیل استفاده می‌کنیم. الکترودی که به قطب منفی منبع تغذیه متصل شده است شروع به لایه گذاری از جنس کلر میکند و نتیجه آن تغییر رنگ الکترودهای استیل از رنگ براق نقره ای به رنگ کدر مشکی میشود.



شکل ۲- نحوه الکترولیز کردن الکترودهای خشک استیل و لایه گذاری کردن آنها.

الکترودها را به ترتیب بر روی عضلات اخذی ساعد با فاصله ۲ سانتی متری از هم به عنوان الکترودهای مثبت و منفی و سپس الکترود سوم را روی استخوانی ترین بخش در دسترس اندام به عنوان الکترود مرجع قرار می‌دهیم. لازم به ذکر است که این پژوهش در مرحله اخذ داده و پردازش سعی شده تا نویز ۵۰ هرتز برق شهر به حداقل برسد.



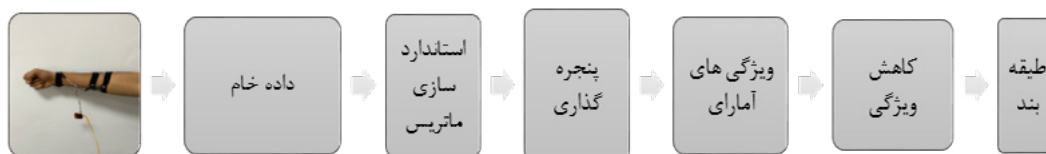
شکل ۳- نحوه اتصال چیپست به برد آردیونو (سمت راست) و نحوه جایگیری الکترودها به ساعد دست راست (سمت چپ)

الکترودها توسط کابل‌های شیلد شده و به صورت تفاضل انتقال سیگنال‌های زیستی از بدن به مازول بر عهده دارند. سیگنال زیستی دریافت شده از بدن ابتدا توسط مازول الکترومایوگرافی سابل با بهره ۸۸۰ واحد تقویت و بین فرکانس‌های ۲۰ تا ۵۰۰ هرتز فیلتر میشود. سیگنال آنالوگ تقویت شده توسط میکروپروسسور آردیونو با رزولوشن ۱۰ بیت و سرعت ۱۱۵۲۰۰ بیت بر ثانیه به معنای ۱۰۰۰ نمونه بر ثانیه معادل با ۱۰۰۰ هرتز به سیگنال دیجیتال تبدیل شده و از طریق ارتباط USB مطابق با شکل ۳ به رایانه ارسال میگردد.

پس از انجام فرایند فوق داده‌های منتقل شده به رایانه توسط نرم افزار Serial oscilloscope داده‌های تک کاناله اخذ شده از هر فرد را ثبت میکنیم. این داده‌ها به صورت دیجیتال در یک فایل استاندارد با پسوند CSV قرار داده میشود.

حرکت‌هایی برای ثبت داده توسط افراد انجام گرفته است؛ به دو صورت استراحت کامل و به شیوه ای که عضلات ساعد بدون هیچ تحرکی بوده، تا حداقل ترین سیگنال‌های زیستی الکترومایوگرافی ثبت شود تا بتوان در این حالت میزان نویز شناسایی شود و دیگری به صورت فعالیت حداکثری عضلات ساعد انجامگردد. برای اخذ سیگنال حداکثر فعالیت، از وزنه‌هایی استفاده شد که کاربر هنگام استفاده برای بلند کردن آنها از حداکثر توان خود استفاده کرده است. در این فرایند هر فرد با الکترود مخصوص خود یک حرکت را انجام میدهد که در مجموع ۶ داده به صورت مختلف ثبت شده است.

۱- الکترودهای مرطوب نقره/نقره کلرید در حالت استراحت ۲- الکترودهای مرطوب نقره/نقره کلرید در حالت حداکثر فعالیت ۳- الکترودهای خشک استیل در حالت استراحت ۴- الکترودهای الکترودهای خشک استیل در حالت حداکثر فعالیت ۵- الکترودهای خشک لایه گذاری شده در حالت استراحت ۶- الکترودهای الکترودهای خشک لایه گذاری شده در حالت حداکثر فعالیت.



شکل ۴- چارچوب کلی سیستم شناسایی کارکرد الکتروود های خشک و مرطوب.

برای پنجره گذاری داده ها از پنجره های ۱ ثانیه ای بدون همپوشانی استفاده شد.

ویژگی های مستخرج از سیگنال پنجره گذاری شده عبارت بودند از:

(1) میانگین: میانگین به معنای مقدار نماینده از تعدادی داده است که اندازه ها در آن توزیع شده اند.

$$\text{"N"/}(\text{"i"}\_ \text{"x"} \square \text{"n"}^{\wedge} \text{"i"} = \text{"i"}\_ \Sigma) \text{"=naem"} \quad (1)$$

که در این معادله تعداد داده های Ni آمین نمونه در تجربه و تحلیل در بین تعداد کل نمونه ها است Xi آخرین داده n

(2) RMS : به معنای جذر مربع میانگین میباشد .

(2)

که در این معادله آمین نمونه در تجربه و تحلیل در بین تعداد کل نمونه ها است Xi تعداد داده های n

(3) انحراف معیار: ویژگی ای که به ما اطلاع می دهد داده در حول میانگین به چه صورت پراکندگی دارند. این ویژگی باعث میشود تا بفهمیم نویز ها در داده ها به چه صورت هستند. اگر واریانس اعداد و میانگین بیشتر باشد به منظور وجود بیشتر نیز است و اگر در این پژوهش کمتر باشد، به این منظور است که نویز کمتر بوده و داده ها در حول میانگین به صورت مرتب تری قرار گرفته شده اند. به معنای کلی اگر واریانس پایین باشد و به صورت تصادفی از داده ها عددی انتخاب شود، عدد مذکور به میانگین نزدیک تر است.

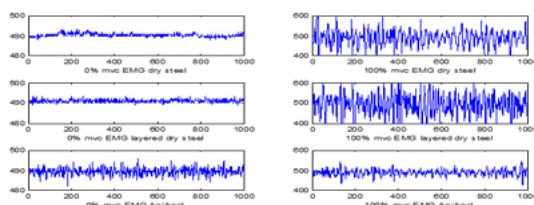
(3)

که در این معادله انحراف معیار داده ها = میانگین داده ها = داده های = و آمین نمونه در تجربه و تحلیل در بین تعداد کل نمونه ها است Xi

برای محاسبه و پردازش داده های خام و رسیدن به نتیجه مطلوب از نرم افزار $MATLAB R2014a$ استفاده شده است. از ویژگی هایی همچون واریانس و RMS و میانگین بهره میبریم. داده ها را به صورت ماتریس در میآوریم و در نرم افزار متلب شروع به تحلیل داده ها میکنیم. در ابتدایی ترین حالت ممکن ما RMS داده ها را محاسبه میکنیم و سپس از داده های موجود انحراف معیار را کسب می کنیم برای اینکه بفهمیم میزان داده ها چه میزان نویز دارند از RMS و همچنین انحراف معیار میانگین میگیریم.

۳. نتایج و بحث

طبق محاسبات انجام شده در روند فوق الذکر داده های مربوط به الکترومایوگرافی با هر یک از الکتروود ها بدست خواهد آمد. نمونه داده های اخذ شده به شرح شکل ۵ خواهد بود.



شکل ۵: نمونه ۱ ثانیه ای از داده ها

پس از اخذ داده ها ویژگی های استخراج شده به صورت میانگین برای تمام افراد به صورت زیر خواهد بود.

جدول ۲- انحراف معیار داده های گرفته شده از الکتروود ها.

حالت استراحت	حالت حداکثر فعالیت	
الکتروود خشک استیل	۰,۸۲۷۴	۶۲,۹۷۲۳
الکتروود خشک لایه گذاری شده	۰,۷۱۷۴	۵۴,۵۵۷۱
الکتروود مرطوب نقره/نقره کلرید	۱,۷۷۴۳	۳۹,۲۲۴۵

جدول ۳- میانگین انحراف معیار داده های گرفته شده از الکتروود ها.

حالت استراحت	حالت حداکثر فعالیت	
الکتروود خشک استیل	۰,۶۸۱۸	۳۸,۴۱۳۷
الکتروود خشک لایه گذاری شده	۰,۶۰۲۵	۴۴,۱۵۰۷
الکتروود مرطوب نقره/نقره کلرید	۱,۴۷۶۳	۲۱,۷۹۱۴

جدول ۴- RMS داده های گرفته شده از الکتروود ها.

حالت استراحت	حالت حداکثر فعالیت	
الکتروود خشک استیل	۴۹۰,۹۶۶۶	۴۹۳,۶۶۱۶
الکتروود خشک لایه گذاری شده	۴۹۱,۰۴۸۵	۴۹۵,۰۹۹۱
الکتروود مرطوب نقره/نقره کلرید	۴۸۹,۴۹۵۶	۴۹۱,۴۳۰۳

جدول ۵- میانگین RMS داده های گرفته شده از الکتروود ها.

حالت استراحت	حالت حداکثر فعالیت	
الکتروود خشک استیل	۴۳۶,۲۱۳۵	۴۷۰,۵۲۰۵
الکتروود خشک لایه گذاری شده	۴۶۳,۳۳۴۴	۴۵۸,۴۶۵۷
الکتروود مرطوب نقره/نقره کلرید	۴۳۵,۰۷۷۷	۴۶۹,۵۷۲۳

۴. نتیجه گیری

در مطالعه حاضر از سه نوع الکتروود خشک لایه گذاری شده و نقره/نقره کلرید استفاده شد. با توجه به اینکه هر کدام از این نوع الکتروود ها در مقالات قبلی بررسی شده اند و مزایا و معایبی برایشان در نظر گرفته شده مقاله ما نیز این موارد را تایید می کند و مطالبی که در مقاله ما نیز محاسبه شده تایید کننده مقالات شماره (۴, ۸), (۳) (۵) هست نتایج به دست آمده نشان میدهد که الکتروود خشک لایه گذاری شده RMS بالاتری نسبت به الکتروود مرطوب و همینطور الکتروود های خشک در آن حالت دارد. انحراف معیار الکتروود خشک لایه گذاری شده در حالت استراحت بیشترین مقدار و در حالت حداکثر فعالیت، کمترین مقدار است بنابر این در حالتی که فرد در استراحت است بیشترین مقدار سیگنال را گرفته است و در حالتی که حداکثر فعالیت هست، داده کوچکتری برای انحراف معیار داریم و داده ها از نویز کمتری برخوردار هستند بنابر این نتیجه می گیریم الکتروود لایه گذاری شده نسبت به الکتروود خشک استیل و همینطور مرطوب نقره/نقره کلرید توانسته است داده های بهتری را برای حالت استراحت و حالت حداکثر فعالیت ثبت بکند این امر میتواند در نتیجه فعالیت یون ها و منطبق بر تئوری الکتروود ها باشد که میزان پلاریزه و غیر پلاریزه بودن الکتروود در حالت لایه گذاری شده را کنترل می کند و ویژگی های سیگنالی بهریت را نسبت به الکتروود های خشک معمول و بدون رطوبت ارائه میدهد برای مطالعات آینده میتوان به جای استیل از مواد دیگری استفاده کرد به عنوان مثال الکتروود نقره را به صورت خشک طراحی کرد و روی موضوعاتی مثل آرتیفکت حرکتی نویز های ناشی از فرکانس های برق شهر و غیره مطالعه کرد

منابع

- Lee EK, Baruah RK, Bhamra H, Kim Y-J, Yoo H. Recent advances in electrode development for biomedical applications. Biomedical Engineering Letters. ۲۰۲۱; ۱۱: ۱۰۷-۱۵.
- Jamal MZ, Lee D-H, Hyun DJ, editors. Real time adaptive filter based EMG signal processing and instrumentation scheme for robust signal acquisition using dry EMG electrodes. ۲۰۱۹ ۱۶th International Conference on Ubiquitous Robots (UR); ۲۰۱۹: IEEE.
- Jung J, Shin S, Kim YT. Dry electrode made from carbon nanotubes for continuous recording of

bio-signals. Microelectronic Engineering. ۲۰۱۹;۲۰۳:۲۵-۳۰.

۴.Krieger KJ, Liegey J, Cahill EM, Bertollo N, Lowery MM, O'Cearbhaill ED. Development and evaluation of ۳D-printed dry microneedle electrodes for surface electromyography. Advanced Materials Technologies. ۲۰۲۰;۵(۱۰):۲۰۰۵۱۸.

۵.Shahandashti PF, Pourkheyrollah H, Jahanshahi A, Ghafoorifard H. Highly conformable stretchable dry electrodes based on inexpensive flex substrate for long-term biopotential (EMG/ECG) monitoring. Sensors and Actuators A: Physical. ۲۰۱۹;۲۹۵:۶۷۸-۸۶.

۶.Zhang L, Kumar KS, He H, Cai CJ, He X, Gao H, et al. Fully organic compliant dry electrodes self-adhesive to skin for long-term motion-robust epidermal biopotential monitoring. Nature communications. ۲۰۲۰;۱۱(۱):۴۶۸۳.

۷.Alcan V, Harputlu E, Ünlü CG, Ocakoğlu K, Zinnuroğlu M. Investigation of graphene-coated Ag/AgCl electrode performance in surface electromyography measurement. Biosensors and Bioelectronics: X. ۲۰۲۲;۱۱:۱۰۰۱۹۳.

۸.Jiang Y, Liu L, Chen L, Zhang Y, He Z, Zhang W, et al. Flexible and stretchable dry active electrodes with PDMS and silver flakes for bio-potentials sensing systems. IEEE Sensors Journal. ۲۰۲۱;۲۱(۱۰):۱۲۲۵۵-۶۸.

۹.Oh TI, Yoon S, Kim TE, Wi H, Kim KJ, Woo EJ, et al. Nanofiber web textile dry electrodes for long-term biopotential recording. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems. ۲۰۱۲;۷(۲):۲۰۴-۱۱.

۱۰.Harati A, Jahanshahi A. A reliable stretchable dry electrode for monitoring of EEG signals. Sensors and Actuators A: Physical. ۲۰۲۱;۳۲۶:۱۱۲۷۲۷.

۱۱.Zahed MA, Das PS, Maharjan P, Barman SC, Sharifuzzaman M, Yoon SH, et al. Flexible and robust dry electrodes based on electroconductive polymer spray-coated ۳D porous graphene for long-term electrocardiogram signal monitoring system. Carbon. ۲۰۲۰;۱۶۵:۲۶-۳۶.

۱۲.Hinrichs H, Scholz M, Baum AK, Kam JW, Knight RT, Heinze H-J. Comparison between a wireless dry electrode EEG system with a conventional wired wet electrode EEG system for clinical applications. Scientific reports. ۲۰۲۰;۱۰(۱):۵۲۱۸.

Abstract

In this study, which was to investigate wet and dry electrodes, single-channel surface electromyography of ۶ male volunteers from the area of the flexor carpi ulnaris of the forearm, while each of the volunteers applied a specific electrode with a specific action. The number of times they did one repetition was taken. The obtained sEMG signals were windowed in ۱۰-second time intervals, no filtering was done on the data in order to display the amount of noise in real terms. This study has shown the accuracy of dry electrodes as well as the convenience of using dry electrodes and the improvement of the quality level of dry electrodes by layering them. According to the variance of the layered dry electrode data, we came to the conclusion that the dry electrode data has less noise and in terms of quality as well as convenience, they have performed better than wet silver/silver chloride electrodes.

اندازه گیری محتوای فنلی لود شده بر سطح نانوذرات سنتز شده با روش سبز به کمک اسپکتروسکوپی جذبی

نوشین بیجاری *

استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

E-mail: n.bijari@semnan.ac.ir *

چکیده فارسی

در سراسر جهان شیوع بیماری‌های عفونی به دلیل باکتری‌های بیماری‌زای مختلف و افزایش مقاومت به آنتی بیوتیک‌ها، رویکرد تحقیقات را به سوی عوامل ضد باکتری جدید معطوف کرده است. نانوذرات نقره به عنوان یکی از عوامل آنتی باکتریال و آنتی ویروس توسعه پیدا کرده است. استفاده از عصاره گیاهان برای سنتز نانوذرات به واسطه یک فرایند بیولوژیکی که سازگار با محیط زیست، غیر سمی و کارآمد برای بهره برداری باشد، اهمیت ویژه‌ای را دارا می باشد. ترکیبات فنلی موجود در عصاره گیاهی از عوامل اصلی احیاء و کاهش یون های نقره می‌باشند و غلظت آن‌ها می‌تواند بر دینامیک واکنش، مورفولوژی و اندازه نانوذرات تأثیر بگذارد. در این مطالعه سنجش محتوای ترکیبات فنولی تام موجود در نانوذرات نقره سنتز شده با استفاده از عصاره بذرهای گیاه خارخسک *Tribulus terrestris* مورد بررسی قرار گرفت.

کلید واژه‌ها: گیاه خارخسک، ترکیبات فنولی، نانوذرات.

۱. مقدمه

تکامل سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک به عنوان یکی از علل اصلی بروز بیماری‌ها و عفونت‌های باکتریایی جدید در سراسر جهان است مطرح است. خنثی کردن اثر عوامل آنتی‌باکتریال از مشخصه‌های عوامل بیماری‌زا می‌باشد. با وجود اینکه آنتی‌بیوتیک‌های زیادی ساخته و معرفی شده‌اند ولی تعداد بسیار محدودی از آن‌ها در برابر سویه‌های مقاوم باکتریایی عملکرد موثری دارند. همین امر ضرورت طراحی و ساخت آنتی‌بیوتیک‌های جدیدی که بر این محدودیت غلبه کنند را نشاء می‌دهد (۱). از نانوذرات در رهایش دارو (۲) شناسایی عوامل بیماری‌زا (۳)، کنترل عفونت‌های باکتریایی در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. نانوذرات انواع مختلفی دارند از بین آن‌ها نانوذرات نقره به عنوان یک ساختار آنتی‌اکسیدان و آنتی‌باکتریایی قوی با مکانیسم عمل خاص گزینه‌ای مناسب برای تهیه نسل جدید از عوامل آنتی‌باکتریال است (۴). سمیت این نانوذرات از طریق اتصال آن‌ها به دیواره سلولی باکتری و اختلال در نفوذ پذیری دیواره سلولی می‌باشد. در داخل سلول نانوذرات می‌توانند با گروه‌های کاتالیتیک آنزیم‌های حیاتی مانند گروه گوگرد در اسید آمینه سیستمین کمپلکس تشکیل می‌دهند و باعث مهار فعالیت آنزیم‌های مذکور شوند. از سوی دیگر این نانوذرات بوسیله ایجاد رادیکال‌های آزاد مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن روی تنفس سلولی تاثیر خود را اعمال می‌کنند (۵، ۶). روش‌های سنتز سبز نانوذرات که به کمک گیاهان صورت می‌گیرد، دارای امتیازات عدیده‌ای است که از جمله آن می‌توان به سنتز راحت، سازگاری با محیط زیست بدون نیاز به استفاده از مواد شیمیایی خطرناک، سمی و گرانی قیمت اشاره کرد. امروزه بیوسنتز نانوذرات فلزی مانند نانوذرات آهن، طلا و نقره با استفاده از گیاهان بسیار مورد توجه است، زیرا دسترسی پذیری مناسبی دارند و برای ساخت نانوذرات در مقیاس وسیع مشکلی ایجاد نمی‌کنند. ترکیبات فعال زیستی مختلف در عصاره‌های گیاهی از جمله ترکیبات فنلی، آلکالوئیدی، فلاونوئیدی، ترپنوئیدی سبب احیا یون‌های فلزی شده و می‌توانند به عنوان پوشش دهنده و تثبیت کننده نانوذرات مورد استفاده قرار گیرند. بیوسنتز مبتنی بر گیاهان بسیار سریع است و می‌تواند به سادگی در دما و فشار اتاق صورت گیرد، علاوه بر این نانوذرات سنتز شده به وسیله گیاهان پایدارترند و از لحاظ اندازه بسیار متنوع هستند (۷). سه گروه اصلی ویتامین‌ها، فنول‌ها و کاروتنوئیدها در گیاهان سبب بروز اثرات آنتی‌اکسیدانی در آن‌ها می‌شود. آسکوربیک اسید و فنولیک‌ها به گروه آنتی‌اکسیدان‌های آبدوست تعلق دارند و کاروتنوئیدها جز گروه آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست می‌باشند (۸، ۹). مطالعات مختلفی روی بخش‌های مختلف میوه و گیاهان صورت گرفته است، نتایج حاکی از آن است که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بخش‌های دانه و پوست بعضی از میوه‌ها بیشتر از بخش‌های مغز ساقه است. بطوریکه دانه‌های انگور ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به قسمت گوشتی آن دارند. دانه‌های انگور منابع سرشاری از پروآنتوسیانیدین‌هاست که در حذف انواع رادیکال‌های آزاد مؤثر هستند. عصاره‌ی متانولی پوست انار نیز فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری در مقایسه با عصاره‌های دانه آن دارند (۸). تجمع مواد مضر ناشی از اکسیداسیون چربی‌ها در بدن خطرات عدیده‌ای را برای سلامتی ایجاد می‌کند به همین دلیل استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های حاصل از منابع زیستی یک راه کار مناسب است. از جمله گیاهانی که گزینه‌ی مناسبی برای مطالعات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد، بذر گیاه خارخسک *Tribulus terrestris* است. گیاه خارخسک از خانواده اسپندیان می‌باشد که پراکندگی وسیعی در نواحی مختلف کره زمین دارد. این گیاه دارویی در برخی از مناطق از جمله آمریکا و استرالیا به عنوان علف هرز و گیاهی سمی شناخته می‌شود، اما در طب سنتی چین و هند پیشینه‌ای طولانی و مصارف درمانی بسیار دارد. خارخسک یک گیاه بوته‌ای بومی مناطق گرمسیری کویری و حاره است و در ایران به ویژه در کویر مرکزی و دشت لوط به صورت خودرو وجود دارد. میوه چهار بخشی و نرم با خارهای تیزی که دارد بیشترین قسمت اثر گذار و مورد استفاده دارویی می‌باشد. قسمت مورد استفاده این گیاه میوه، دانه، برگ، بذر، ریشه و گاهی تمام قسمت‌های گیاه است و اغلب، تمام میوه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰، ۱۱). گیاه خارخسک دارای فلاونوئیدها، استروئیدها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها، اسیدهای چرب غیر اشباع، ویتامین‌ها، تانن، رزین، اسیدهای آمینه آسپاراتات و گلوتامات، عناصر معدنی مانند پتاسیم، نیترات، فسفر، آهن، سدیم، کلسیم گوگرد و کلر است. در کنار خواص آنتی‌باکتریال، ضد قارچی و آنتی‌اکسیدانی این گیاه باعث کاهش عملکرد آنزیم‌های سیکلواکسیژناز، پراکسیداز، حذف رادیکال‌های آزاد و تعدیل عوامل التهابی نیز گزارش شده است. در طب سنتی از دم کرده میوه آن جهت درمان عفونت‌های مجاری ادراری، دفع سنگ کلیه، ضد درد، ضد التهاب، درمان ناباروری، کاهش کلسترول خون و تقویت سیستم ایمنی استفاده می‌شود (۱۲، ۱۳). لذا با توجه به اهمیت روش سنتز سبز در تولید نانوذرات و کاربردهای وسیع نانوذرات نقره در زمینه‌های مختلف، هدف از این مطالعه، استفاده از عصاره بذر گیاه خارخسک در سنتز سبز نانوذرات نقره و بررسی میزان ترکیبات فنولی لود شده بر سطح این نانوذرات است.

۲. روش تحقیق

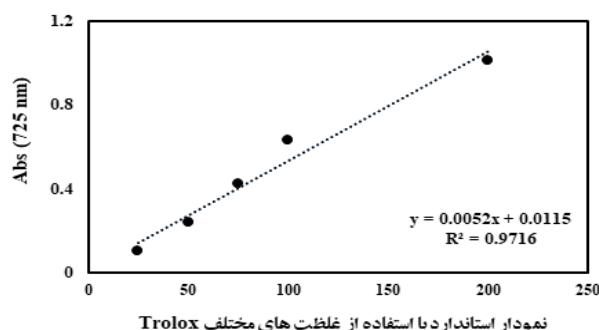
نیترات نقره (AgNO_3)، معرف فولین سیوکالتو (Folin-Ciocalteu) از سیگما آلدیریج و کربنات سدیم (Na_2CO_3) و استاندارد Trolox از شرکت Merck خریداری شد. بذرهای گیاه خارخسک از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. محلول نمونه‌های مورد

Phenol	۱
Carotenoide	۲
Proantocianidinas	۳

آزمایش در غلظت‌های مختلف (۵۰ و ۱۰۰ میکرو گرم در میلی‌لیتر) تهیه گردید. ۵۰۰ میکرو لیتر از این محلول‌ها با ۲/۵ میلی لیتر از محلول فولین سیوکالتوی تازه تهیه شده، مخلوط شدند. پس از آن، ۲ میلی لیتر محلول کربنات سدیم به لوله‌های آزمایش حاوی نمونه‌ها اضافه شده و به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق اینکوبه شدند. بعد از اتمام آزمایش جذب حاصل از رنگ آبی ایجاد شده در ۷۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. شدت رنگ با افزایش غلظت بیشتر شده و اگر ترکیب مورد نظر حاوی ترکیبات فنولی نباشد تغییر رنگ حاصل نمی‌شود (۱۴). در نهایت محتوای فنلی تام با استفاده از منحنی کالیبراسیون اندازه‌گیری شده و به صورت میکروگرم بیان گردید.

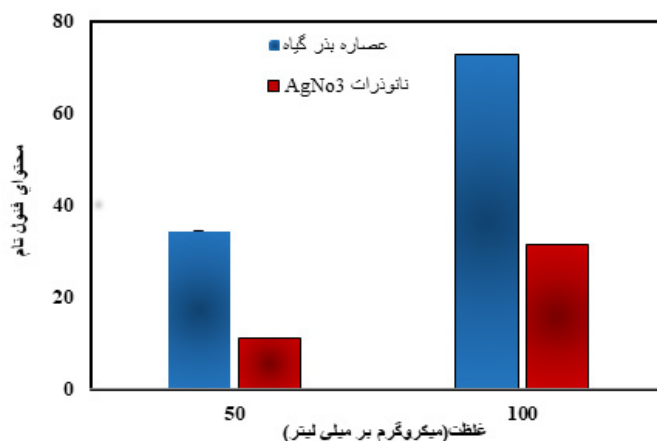
۳. نتایج و بحث

محتویات فنولی کلی عصاره‌های گیاهی با استفاده از روش فولین-سیوکالتو (FC) تعیین می‌شود. در واقع این روش، میزان محتویات فنولی ترکیبات آنتی اکسیدان را مشخص می‌کند (۱۵). به منظور رسم منحنی استاندارد غلظت‌های مختلف از Trolox به عنوان آنتی اکسیدان مرجع انتخاب گردید و منحنی استاندارد رسم شد. محور افقی غلظت Trolox و محور عمودی میزان جذب در ۷۲۵ نانومتر می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود منحنی استاندارد در محدوده‌ی غلظتی انتخاب شده کاملاً خطی است.



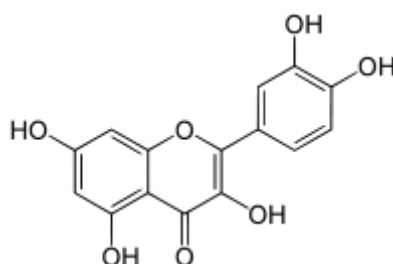
شکل ۱- منحنی استاندارد غلظت‌های مختلف از Trolox به عنوان آنتی اکسیدان مرجع.

در مطالعه حاضر، میزان ترکیبات فنولی تام موجود در عصاره خام گیاه بذر گیاه خارخسک و میزان لود شده آن‌ها بر روی سطح نانوذرات نقره بیوسنتزی مطالعه گردید. نتایج در شکل ۲ نشان داده شده است. در مقایسه با نانوذرات نقره میزان ترکیبات فنولی موجود در عصاره گیاه بسیار بیشتر بود. میزان فنول تام در بالاترین غلظت یعنی ۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر برای عصاره ۷۲/۷۸ میکروگرم بر میلی لیتر بود در حالیکه مقدار لود شده آن بر روی نانوذرات ۳۱/۴۴ میکروگرم بر میلی لیتر تخمین زده شد. در غلظت ۵۰ میکروگرم بر میلی لیتر میزان ترکیبات فنولی ۳۴/۳۳ میکروگرم بر میلی لیتر در عصاره گیاه تخمین زده شد اما مقدار ترکیبات لود شده بر روی نانوذرات بیوسنتز شده، ۱۱/۱۵ میکروگرم بر میلی لیتر محاسبه گردید.



شکل ۲- میزان ترکیبات فنولی تام لود شده بر روی سطح نانوذرات AgNPs بیوسنتز شده با استفاده از عصاره بذر گیاه.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ توسط Kashkouli و همکاران انجام شد، میزان فلاونوئیدها و فنول تام موجود در نانوذرات نقره سنتز شده با عصاره آبی برگ‌های گیاه برگ بو *Laurus nobilis*. L مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش DPPH خاصیت آنتی اکسیدانی قوی این نانوذرات را تایید کرد (۱۶). از عوامل اصلی احیاء و کاهش یون‌های نقره ترکیبات فنلی و فلاونوئیدهای موجود در عصاره گیاهی می‌باشند، و غلظت این ترکیبات می‌تواند بر دینامیک واکنش، مورفولوژی و اندازه نانوذرات تأثیر بگذارد (۱۷). خصوصیات آنتی اکسیدانی ترکیبات فنولی به طور مستقیم با ساختار آنها مرتبط است. در ترکیبات فنولی چندین حلقه‌ی آروماتیک وجود دارد و اکثراً حاوی یک یا تعداد بیشتر از یک گروه هیدروکسیل می‌باشند (شکل ۳) و بنابراین با تشکیل رادیکال فنوکسیل که با ایجاد رزونانس پایدار می‌شوند، می‌توانند رادیکال آزاد را خاموش کنند (۱۸). فعالیت حذف رادیکال برای فلاونوئیدها تحت تأثیر ساختار و استخلاف‌های موجود در حلقه‌های هتروسیکل قرار می‌گیرد.



شکل ۳- ساختار Quercetin (نوعی فلاونوئید).

محتویات فنولی کلی عصاره‌های گیاهی با استفاده از معرف فولین سیو-کالتو تعیین شد. عصاره‌ی بذر گیاه با غلظت ۱۰۰ میکروگرم بر میلی لیتر غلظت بالای فنل را نشان می‌دهد. به طور کلی عصاره‌هایی که مقادیر بالای پلی فنول‌ها را دارند، فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی را نیز نشان می‌دهند. در واقع این معرف برای به دست آوردن تخمین خام از مقدار ترکیبات فنولیک موجود در عصاره‌ها استفاده می‌شود. ترکیبات فنلی، یک واکنش اکسیداسیون احیای پیچیده را با اسید فسفوتنگستیک و اسید فسفومولیبدیک موجود در معرف متحمل می‌شوند. ترکیبات فنلی بسته به تعداد گروه‌های فنولیکی که دارند به طور متفاوت به این معرف پاسخ می‌دهند. ارتباط بین محتویات فنلی کلی و فعالیت آنتی اکسیدانی به طور گسترده مورد مطالعه می‌باشند (۱۵، ۱۹، ۲۰).

۴. نتیجه‌گیری

ترکیبات فنلی که به عنوان آنتی اکسیدان‌های آبدوست شناخته شده‌اند، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در گیاهان به وفور وجود دارند. روش FC ارتباط بین غلظت محتویات فنلی عصاره‌های گیاهی و ظرفیت‌های حذف رادیکال آزاد و احیای یون فریک را نشان می‌دهد. همانطور که گزارش شد، میزان ترکیبات فنلی موجود در عصاره بذر گیاه خارخسک بسیار بالاست و از طرفی مقدار زیادی از این ترکیبات بر روی سطح نانوذرات بیوسنتز شده لود شده است. بطور کلی نانوذرات سنتز شده دارای اندازه‌های بسیار کوچک بوده و بنابراین مساحت سطح بزرگتری نیز دارند، در نتیجه میزان ترکیبات فنلی لود شده بر روی آن‌ها نیز بیشتر است و خواص بیولوژیکی بهتری نیز خواهند داشت. بنابراین، این نانوذرات همراه با خواص آنتی اکسیدانی بالا به دلیل وجود ترکیبات فنلی لود شده بر روی آن‌ها، می‌تواند یک گزینه مناسب برای استفاده در بخش‌های دارویی و درمانی باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه سمنان برای حمایت مادی و معنوی از این پژوهش تشکر می‌شود.

1. Jena P, Mohanty S, Mallick R, Jacob B, Sonawane A. Toxicity and antibacterial assessment of chitosan-coated silver nanoparticles on human pathogens and macrophage cells. *International journal of nanomedicine*. 2012;1805-18.
2. Zhang L, Gu F, Chan J, Wang A, Langer R, Farokhzad O. Nanoparticles in medicine: therapeutic applications and developments. *Clinical pharmacology & therapeutics*. 2008;83(5):761-9.
3. Hong B, Kai J, Ren Y, Han J, Zou Z, Ahn CH, Kang KA, editors. Highly sensitive rapid, reliable, and automatic cardiovascular disease diagnosis with nanoparticle fluorescence enhancer and mems. *Oxygen transport to tissue XXIX*; 2008: Springer.
4. Rai MK, Deshmukh S, Ingle A, Gade A. Silver nanoparticles: the powerful nanoweapon against multidrug-resistant bacteria. *Journal of applied microbiology*. 2012;112(5):841-52.
5. Marambio-Jones C, Hoek EM. A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment. *Journal of nanoparticle research*. 2010;12:1531-51.
6. Prabhu S, Poulouse EK. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. *International nano letters*. 2012;2:1-10.
7. Mittal AK, Chisti Y, Banerjee UC. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology advances*. 2013;31(2):346-56.
8. Guo C, Yang J, Wei J, Li Y, Xu J, Jiang Y. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition research*. 2003;23(12):1719-26.
9. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of food composition and analysis*. 2006;19(6-7):669-75.
10. Adaikan P, Gauthaman K, Prasad R, Ng S. Proerectile pharmacological effects of *Tribulus terrestris* extract on the rabbit corpus cavernosum. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore*. 2000;29(1):22-6.
11. Conrad J, Dinchev D, Klaiber I, Mika S, Kostova I, Kraus W. A novel furostanol saponin from *Tribulus terrestris* of Bulgarian origin. *Fitoterapia*. 2004;75(2):117-22.
12. Georgiev G, Ivanova A, Mechkarova P, Ivanova A, Popova L. Rate and forms of Mineral Nutrition CAN Influence Dry Matter Accumulation and Saponin Content of Puncture Vine (*Tribulus Terrestris* L.). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2010;24(sup1):49-52.
13. Hassan L, Umar K, Umar Z. Antinutritive factors in *Tribulus terrestris* (Linn) leaves and predicted calcium and zinc bioavailability. *J Trop Biosci*. 2007;7:33-6.
14. Atala E, Vásquez L, Speisky H, Lissi E, López-Alarcón C. Ascorbic acid contribution to ORAC values in berry extracts: An evaluation by the ORAC-pyrogallol red methodology. *Food Chemistry*. 2009;113(1):331-5.
15. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. *Food chemistry*. 2006;99(4):835-41.
16. Kashkouli S, Jamzad M, Nouri A. Total phenolic and flavonoids contents, radical scavenging activity and green synthesis of silver nanoparticles by *Laurus nobilis* L. leaves aqueous extract. *Journal of Medicinal plants and By-product*. 2018;7(1):25-32.

17. Jalilian F, Chahardoli A, Sadrjavadi K, Fattahi A, Shokoohinia Y. Green synthesized silver nanoparticle from *Allium ampeloprasum* aqueous extract: Characterization, antioxidant activities, antibacterial and cytotoxicity effects. *Advanced Powder Technology*. 2020;31(3):1323-32.
18. Dudonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Mérillon J-M. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2009;57(5):1768-74.
19. Wong SP, Leong LP, Koh JHW. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food chemistry*. 2006;99(4):775-83.
20. Tsai H-L, Chang SK, Chang S-J. Antioxidant content and free radical scavenging ability of fresh red pumelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] juice and freeze-dried products. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2007;55(8):2867-72.

Determination of phenolic compounds loaded on the surface of nanoparticles synthesized by green method using absorption spectroscopy

Nooshin Bijari *

Assistant professor- Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Semnan University, Semnan, Iran

*E-mail: n.bijari@semnan.ac.ir

Abstract

The prevalence of infectious diseases caused by various pathogenic bacteria and the increasing resistance to antibiotics has directed research towards new antibacterial agents. Silver nanoparticles have been developed as one of the new antibacterial and antiviral agents. The use of plant extracts for the synthesis of nanoparticles is highly advantageous due to a biological process that is environmentally friendly, non-toxic, and efficient for exploitation. Phenolic compounds in plant extracts are one of the main factors in reducing and stabilizing silver ions, and their concentration can affect the reaction dynamics, morphology, and size of nanoparticles. In this study, the total phenolic content of silver nanoparticles synthesized using the extract of *Tribulus terrestris* seeds was investigated.

Keywords: *Tribulus terrestris*, Phenolic compounds, Nanoparticles.

فکیک حرکات صورت حین تلفظ اعداد انگلیسی از طریق سیگنال الکترومایوگرافی توسط درخت تصمیم

سروین توحیدی^۱، امیرعلی علیلویی^۲، علی قنبر^۳، شیوا کاظم بیگی برزی^۴، بابک رضایی افشار^{۵*}

^۱دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری های نوین پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۲دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری های نوین پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری های نوین پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۴دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری های نوین پزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^{۵*}دکتری مهندسی پزشکی، گروه ارتز و پروتز، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* babak.rezaee@srbiau.ac.ir

srvtohidi@mail.ir

چکیده

الکترومایوگرافی صورت به عنوان یک ابزار تشخیصی استاندارد برای ارزیابی عملکرد عضلات صورت در حین حالات خاص آن در شرایط فیزیولوژیک و پاتولوژیک در نظر گرفته شده است. با استفاده از سیگنال الکترومایوگرافی می توان اطلاعاتی از جمله احساسات، خستگی و اختلالات عضلانی و عاطفی صورت را به دست آورد. در این مطالعه ما از اخذ سیگنال الکترومایوگرافی عضلات صورت ۳ نفر شرکت کننده در حین تلفظ اعداد بهره گرفتیم و توانستیم ۲۴ ویژگی در حوزه زمان و فرکانس استخراج کنیم. درخت تصمیم به عنوان یک رویکرد کارآمد در طبقه بندی داده ها مورد استفاده قرار گرفت و داده ها با دقت ۹۲٫۸۶٪ تفکیک شدند. ابزار فوق، قابل استفاده برای تشخیص بیماری های مختلف در وضعیت عضلانی صورت، روند درمان و پایش آن بوده و می توان از آن به عنوان بیوفیدبک شناسایی مشکلات عصبی عضلانی و مواردی از این دست استفاده کرد. در این مطالعه تلفظ اعداد یک تا پنج انگلیسی مورد بررسی قرار گرفت اما به نظر می رسد ما برای مطالعات آینده نیازمند بررسی و استفاده تعداد بیشتری حروف و کلمات در روند مطالعه هستیم تا بتوانیم کلکسیون کاملی از حروف انگلیسی و اعداد را توسط الکترومایوگرافی از هم تفکیک کنیم.

کلیدواژه‌ها : EMG، تلفظ اعداد، تفکیک حالات صورت، درخت تصمیم، فیلتر باترورث

۱. مقدمه

الکترومایوگرافی^۱ (EMG) صورت، یک ابزار تشخیصی استاندارد برای ارزیابی عملکرد عضلات صورت در حین حالات خاص آن در شرایط فیزیولوژیکی و پاتولوژیک در نظر گرفته شده است (۱). سیگنال EMG با داشتن ویژگی‌هایی چون دامنه کوتاه، فرکانس پایین و ماهیت تصادفی می‌تواند اطلاعاتی از جمله احساسات، خستگی عضلانی و اختلالات عاطفی صورت مانند مشکلات بلع در بیماران سکته مغزی را بدست آورد (۲). برای ثبت فعالیت الکتریکی عضلانی می‌توان از EMG سطحی^۲ (sEMG) و EMG سوزنی^۳ (nEMG) استفاده کرد. (sEMG) یک سیگنال بیوالکتریکی است که پالس‌های مجموعی از واحدهای حرکتی در عضلات را در زمان استراحت و انقباض مشخص می‌کند (۳). در این مطالعه از روش sEMG استفاده شده است که غیر تهاجمی است و برای بیمارانی که قادر به استفاده از روشهای تهاجمی نیستند مناسب است (۱). این روش همچنین می‌تواند فعال شدن ماهیچه‌های صورت را حتی در زمانهای فعالسازی نامحسوس و غیربصری نشان دهد (۴).

عملکرد صحیح ماهیچه‌های صورت هم برای نیازهای فیزیولوژیکی ما (مانند صحبت کردن، خوردن یا بستن چشم‌ها) و هم برای تعاملات اجتماعی ما (مانند لبخند زدن، اخم کردن) حیاتی است. بسیاری از اختلالات بالینی با الگوهای غیرطبیعی فعال سازی صورت ظاهر می‌شوند که منجر به بار فیزیولوژیکی و روانی-اجتماعی می‌شود. برای مثال، در بیماری پارکینسون، هیپومیمی؛ کاهش حالت خود به خودی صورت یک چالش بزرگ با عواقب شدید زیبایی شناختی و روانی است (۵). عملکرد اصلی عصب صورت عصب دهی عضلات حرکتی است که حالت چهره را کنترل می‌کند (۶). سیستم عضلانی صورت از شبکه‌ای مسطح از فاسیکول‌های عضلانی تشکیل شده است. آنها در یک فضای ۲ بعدی تعبیه شده‌اند و یک سیستم پیچیده به هم وابسته را تشکیل می‌دهند که به پوست متصل است. در نتیجه، انقباضات عضلات صورت، هندسه سطحی صورت را تغییر می‌دهد. این منحصر به فرد است و تنها تفاوت آن با سایر عضلات انسان نیست. آنها هیچ نقطه درج ثابتی ندارند، در هم تنیده شده‌اند، تا حدی همپوشانی دارند و فعال سازی منفرد هستند. الکترومایوگرافی سطحی صورت (sEMG) یک معیار روانی فیزیولوژیکی مناسب برای آزمایش فعالیت گروهی برخی از عضلات صورت و ارتباط آن با احساسات خاص است که برای ارزیابی بیماران مبتلا به اختلال عملکرد صورت استفاده می‌شود (۷).

طبق اطلاعات بدست آمده از مطالعه مقالات سالهای اخیر، مشاهده شد که برناردز و همکاران در بررسی افراد دارای فلج بل، ارزیابی الکترومایوگرافی عضله صورت را با قرار دادن الکترودهای سطحی در حین حرکات پیشانی، چشم‌ها و لب‌ها با استفاده از تجهیزات MIOTEC مانند نرم افزار Porto Alegre, (MIOTEC MIOTOOL، برزیل) انجام داده‌اند. فعالیت الکترومایوگرافی نیز در کانال‌های دیگر در طول فعالیت اولیه برای شناسایی حضور سینکینز ثبت شد. حرکات زیر برای ثبت فعالیت الکترومایوگرافی سطحی درخواست شد: بالا بردن ابروها، بسته شدن اجباری چشم، بیرون زدگی لب (چروکیدن) و جمع شدن لب (لبخند). هر آزمایش از بیمار خواسته شد تا حرکت را با حداکثر تلاش انجام دهد و EMG به مدت ۸ ثانیه ثبت شد (۶). گات و همکاران در مقاله خود از الکترود گذاری در سمت راست صورت شرکت کنندگان استفاده کردند. الکترود در ناحیه بالای فک، ناحیه گونه، دور چشم و بالای ابرو گذاشته شدند و از چهره در حین حالت نرمال، برای تجزیه و تحلیل بعدی عکس گرفته شد. سپس مراحل لبخند، چروک کردن بینی، بستن چشم‌ها، انقباض ابروها و فشار دادن لب‌ها به شرکت کنندگان نشان داده شد تا به انجام و در نهایت کالیبراسون مراحل منجر شود (۸). ما نیز در این مطالعه قصد داریم الکترود گذاری را سمت چپ صورت شرکت کنندگان در محل عضلات زیگوماتیکوس، باکیناتور و در محل استخوان ماستویید انجام دهیم و در هر مرحله نتایج بدست آمده پس از تلفظ هر یک از اعداد یک تا پنج انگلیسی را ثبت و فعالیت عضلات را بررسی کنیم.

با مطالعه مقاله گات و همکاران در سال ۲۰۲۲ دریافتیم بینایی کامپیوتری (CV) به طور گسترده در بررسی حالات چهره استفاده می‌شود اما برای شناسایی حالات صورت ممکن است از چندین کاستی رنج ببرد: CV اطلاعات غیرمستقیم در مورد فعال سازی عضلات ارائه می‌دهد و نسبت به فعال سازی‌هایی که شامل تغییر شکل‌های قابل مشاهده نیستند، مانند فشردن فک، حساس نیست. علاوه بر این، به تصاویری با وضوح بالا و بدون مانع متکی است. ضبط‌های الکترومایوگرافی سطحی با چگالی بالا (sEMG) با آرایه الکترود نرم یک رویکرد جایگزین است که اطلاعات مستقیمی در مورد فعال سازی ماهیچه‌ها فراهم می‌کند (۸). همچنین تجزیه و تحلیل داده‌های الکترومایوگرام صورت بدلیل وجود نویزهای مختلف در هنگام دریافت سیگنال، کاملاً موثر نیستند و بنابراین نیازمند تکنیک‌های هوشمند قوی همراه با ابزارهای پردازش سیگنال پیشرفته هستیم. یک رویکرد جدید برای طبقه‌بندی احساسات از سیگنال‌های FEMG. در مقاله اوایل و کری در سال ۲۰۲۰ پیشنهاد شده است که بر اساس تحلیل کورتوگرام و شبکه عصبی کانولوشنال (CNN)^۴ است. سطوح مختلف کورتوگرام برای یافتن بهترین مجموعه ویژگی برای نتیجه کارآمد در نظر گرفته می‌شود. EMG صورت برای پنج احساس مختلف صورت با استفاده از دو دستگاه جمع‌آوری داده بی‌سیم سنسور ثبت شد. ۹۳ درصد دقت طبقه بندی

۱ Electromyography

۲ Surface Electromyography

۳ Needle Electromyography

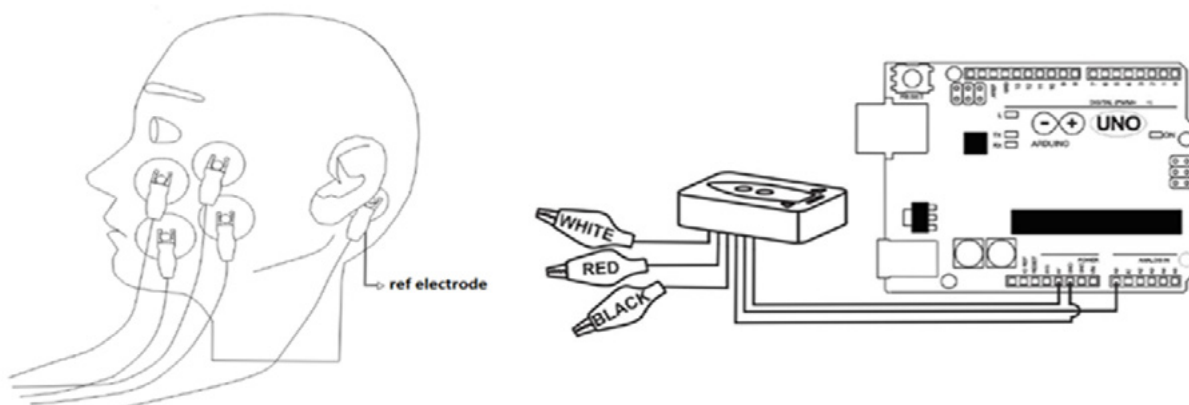
۴ Convolutional neural network

با استفاده از روش پیشنهادی ما به دست آمد. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی به طور موثر کلاس احساسات را در مقایسه با روش‌های دیگر (ANN^۶, KNN^۵, SVM^۷) متمایز می‌کند (۲). برناردز و همکاران، ارزیابی الکترومیوگرافی عضله صورت را با قرار دادن الکترودهای سطحی در حین حرکات پیشانی، چشم‌ها و لب‌ها با استفاده از تجهیزات MIOtec مانند نرم افزار Mio-PORTO Alegre, tec) برزیل) انجام دادند. فعالیت الکترومیوگرافی نیز در کانال‌های دیگر در طول فعالیت اولیه برای شناسایی حضور سینکینز ثبت شد (۶).

با توجه به آنچه از مطالعات پیشین بررسی شد تشخیص حالات صورت در کاربردهای عملی مختلف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این میان، استفاده از روش‌هایی با پیچیدگی محاسباتی کمتر و همچنین تشخیص دقیق‌تر می‌تواند برای کاربردهای آنی و در لحظه کاربرد بیشتری داشته باشد. همچنین استفاده از ویژگی‌های مناسب می‌تواند به بالا بردن صحت تفکیک حالات صورت بیانجامد. در این مطالعه به بررسی تفکیک داده‌های الکترومیوگرافی دو کاناله صورت به منظور کشف حالات عضلات پرداخته و روشی با پیچیدگی کمتر محاسباتی را پیشنهاد خواهیم کرد.

۲. روش تحقیق

در این مطالعه از ۳ نفر شرکت‌کننده خانم با بازه سنی ۱۷ تا ۲۱ سال اخذ داده‌ها صورت گرفته است. افراد با رضایت و به صورت داوطلبانه در آزمایش شرکت کردند. ابزار و تجهیزات بکار رفته در این آزمایش مطابق شکل ۱ قابل رویت است و شامل: یک عدد برد آردوینو مدل Uno، دو عدد مازول سابل ثبت (EMG S-EMG)، ۵ عدد گیره سوسماری و ۵ عدد الکتروده از جنس نقره/نقره کلرید می‌باشد که برای هر شرکت‌کننده استفاده شد. مازول سابل امکان دریافت تقویت و فیلتر و ارسال سیگنال را فراهم می‌کند. محدوده فرکانسی این مازول ۱۰ تا ۵۰۰ هرتز و مصرف جریان ۲ میلی آمپر می‌باشد. مازول از بدنه پلاستیکی و از ۶ پایه مستقر بر روی برد تشکیل می‌شود که شامل: الکتروده مرجع، زمین، الکتروده‌های ۱ و ۲، سیگنال خروجی و ولتاژ تغذیه است. برای تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال از برد آردوینو استفاده شد که داده‌ها را با رزولوشن ۱۰ بیت و با نرخ نمونه برداری ۱۰۰۰ هرتز به کامپیوتر ارسال می‌کند. جهت ثبت کدهای مورد استفاده در آزمایش در بخش استخراج تصویر و نتایج داده‌ها از نرم افزار متلب ۲۰۲۱a استفاده شد.



شکل ۱- برد آردوینو، مازول و سیم‌های رابط

شکل ۲- نحوه قرار گیری الکترودها بر روی سطح صورت

مرحله اخذ سیگنال EMG با الکتروده گذاری در سمت چپ صورت و در نواحی عضلات زیگوماتیکوس، باکیناتور و در بخش استخوان ماستویید طبق شکل ۲ آغاز شد. ۵ الکتروده استفاده شده در این مرحله بوسیله سیم‌های رابط به برد آردوینو و در نهایت به نرم افزار اسیلوسکوپ متصل شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا پس از گذشت هر ۵ ثانیه، اعداد انگلیسی را تلفظ و مطابق هر عدد عضلات صورت خود را منقبض کنند. در اجرای حرکات، خواسته شد تا فرد عضلات خود را کمی با اغراق منقبض کنند. بدین صورت از هر عدد ۳۰ بار تکرار بدست آوردیم و این روند را برای اعداد ۱ تا ۵ پیش بردیم. بدین ترتیب داده‌ها مطابق شکل ۴ ثبت گردید.



شکل ۳- روند اجرای آزمایش

روند اجرایی مراحل آزمایش مطابق شکل ۳ است:

۵ Support vector machine

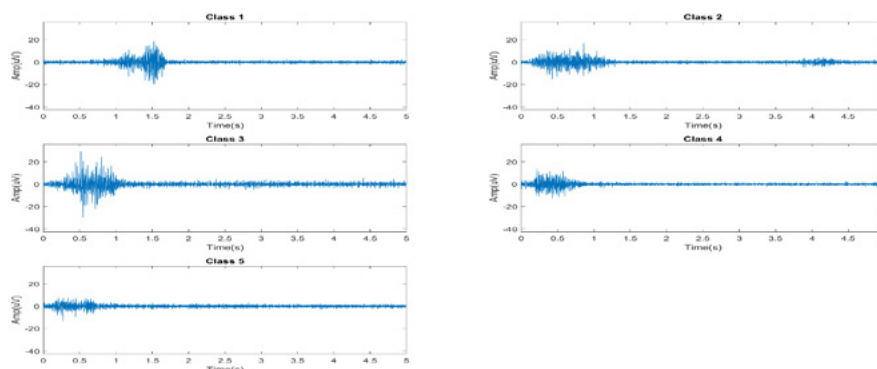
۶ k-nearest neighbors algorithm

۷ Artificial neural network

جهت حذف نویز های ایجاد شده از فیلتر میان گذر باترورث مرتبه ۴ استفاده شد. این فیلتر مبتنی بر فرکانس بوده و نسبت به دیگر فیلتر های موجود برای استفاده در این آزمایش مناسب تر است. فیلتر ذکر شده طبق رابطه ۱ محاسبه می شود.

(۱)

که در آن n نشان دهنده درجه فیلتر است. w برابر با و برابر با بیشینه بهره باند عبور (A_{max}) است.



شکل ۴- نمونه ای از سیگنال ها در هر کلاس

در اولین مرحله از پردازش و تجزیه و تحلیل سیگنال از پنجره گذاری استفاده شد و عرض هر پنجره را ۵ ثانیه و میزان همپوشانی پنجره ها صفر درصد در نظر گرفته شد. پس از حذف نویز و فیلتر کردن سیگنالها جهت دسته بندی بهتر حرکات صورت، از ویژگی های آماری استفاده کردیم. در ادامه به توضیح هر یک از ویژگی های مورد استفاده می پردازیم.

میانگین (Mean Average Value) سیگنال، از تقسیم قدر مطلق مجموع داده ها بر تعداد کل داده ها بدست می آید و مطابق رابطه زیر نوشته می شود.

$$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i| \quad (2)$$

در این رابطه برابر است با نمونه i ام و N برابر با تعداد کل نمونه هاست.

دیگر ویژگی مورد اهمیت میانه است که با رابطه زیر نشان داده می شود. میانه در واقع عددی است که یک جمعیت آماری یا یک توزیع احتمالی را به دو قسمت مساوی تقسیم می کند.

$$med(x) = f(x) = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & n = 2i + 1 \\ \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n+1}{2}}}{2} & n = 2i \end{cases} \quad (3)$$

n برابر با تعداد مقادیر در مجموعه داده و x لیستی از مجموعه مقادیر مرتب شده است.

واریانس، نوعی سنجش پراکندگی است و با میانگین گیری از مربع فاصله مقدار محتمل یا مشاهده شده با مقدار مورد انتظار محاسبه می شود.

$$VAR = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (4)$$

جذر مربع میانگین (Root-Mean-Squared)، معیاری آماری از اندازه کمیت متغیر است.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (5)$$

عبور از صفر (Zero Crossing)، دیگر ویژگی مورد بررسی است که به فرمول زیر نمایش داده می شود. عبور از صفر، اندازه گیری اطلاعات فرکانس سیگنال EMG در حوزه زمان است و برای جلوگیری از نوسانات ولتاژ پایین یا نویز های پس زمینه، شرط آستانه (threshold) اجرا و به صورت زیر تعریف می شود.

$$ZC = \sum_{i=1}^{N-1} [\text{sgn}(x_i \times x_{i+1}) \cap |x_i - x_{i+1}| \geq \text{threshold}] \quad (6)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq \text{threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

انتگرال EMG (IEMG)، به معنی مجموع تمام نقاط سیگنال گسسته است.

$$\text{IEMG} = \sum_{i=1}^N |x_i| \quad (8)$$

انتگرال مربعات ساده (Simple Square Integral) از میزان انرژی سیگنال EMG بعنوان یک ویژگی استفاده می‌کند و به صورت یک شاخص انرژی فشرده بیان می‌شود.

$$\text{SSI} = \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (9)$$

ممان‌های لحظه‌ای (Temporal Moment) سوم و چهارم و پنجم، برای تفکیک درون کلاسی برای لحظات خاص در نظر گرفته می‌شود.

$$\text{TM}_3 = \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^3 \right| \quad (10)$$

$$\text{TM}_4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^4 \quad (11)$$

$$\text{TM}_5 = \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^5 \right| \quad (12)$$

مرتبه (V order) V، یک آشکار ساز غیر خطی است که به طور ضمنی نیروی انقباض عضلانی را تخمین می‌زند.

$$x_i = (\gamma m_i^\alpha) n_i \quad (13)$$

$$V = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^V \right)^{\frac{1}{V}} \quad (14)$$

آشکار ساز لگاریتم نیز همانند ویژگی قبلی، تخمینی از نیروی انقباض عضلانی ارائه می‌دهد.

$$\text{LOG} = e^{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log(|x_i|)} \quad (15)$$

طول شکل موج (Waveform Length)، به عنوان طول تجمعی شکل موج EMG در طول بازه زمانی تعریف می‌شود.

$$\text{WL} = \sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i| \quad (16)$$

تغییر دامنه متوسط (Average Amplitude Change) نیز معادل WL است با این تفاوت که طول موج بصورت میانگین بیان می‌شود.

$$\text{AAC} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i| \quad (17)$$

تفاوت مقدار انحراف استاندارد مطلق (DASDV)^۸، طبق رابطه ۱۸ تعریف می‌شود.

$$\text{DASDV} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (x_{i+1} - x_i)^2} \quad (18)$$

دامنه اولین انفجار^۹ (AFB)، در واقع به عنوان اولین نقطه ماکزیمم که از تابع زمان حاصل می‌شود نام برده می‌شود.

در این فرمول th آستانه مدنظر می‌باشد.

$$\text{AFB} = x_i \quad \text{if } \Delta x_i > \text{th} \quad (19)$$

میانگین فرکانس (Mean Frequency)، حاصل ضرب مجموع فرکانس‌ها در توان تقسیم بر مجموع توان‌ها است.

$$\text{MNF} = \sum_{j=1}^M f_j P_j / \sum_{j=1}^M P_j \quad (20)$$

^۸ Difference absolute standard deviation value

^۹ Amplitude of the First Burst

فرکانس میانه (Median Frequency)، فرکانسی است که در آن طیف به دو بخش با دامنه برابر تقسیم می‌شود.

$$\sum_{j=1}^{MDF} P_j = \sum_{j=MDF}^M P_j = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M P_j \quad (21)$$

اوج فرکانس (Peak Frequency)، فرکانسی است که حداکثر توان در آن رخ دهد.

$$PKF = \max(P_j) \quad j = 1, \dots, M. \quad (22)$$

قدرت متوسط (Mean Power)، یک توان متوسط از طیف توان الکترومایوگرافی است.

$$MNP = \sum_{j=1}^M P_j / M \quad (23)$$

توان کل (Total Power)، مجموعه‌ای از طیف توان الکترومایوگرافی است.

$$TTP = \sum_{j=1}^M P_j = SM0. \quad (24)$$

ممان طیفی (Spectral Moment) اول، دوم و سوم، جایگزینی برای استخراج ویژگی‌ها از طیف توان سیگنال الکترومایوگرافی است.

$$SM1 = \sum_{j=1}^{MDF} f_j P_j; \quad (25)$$

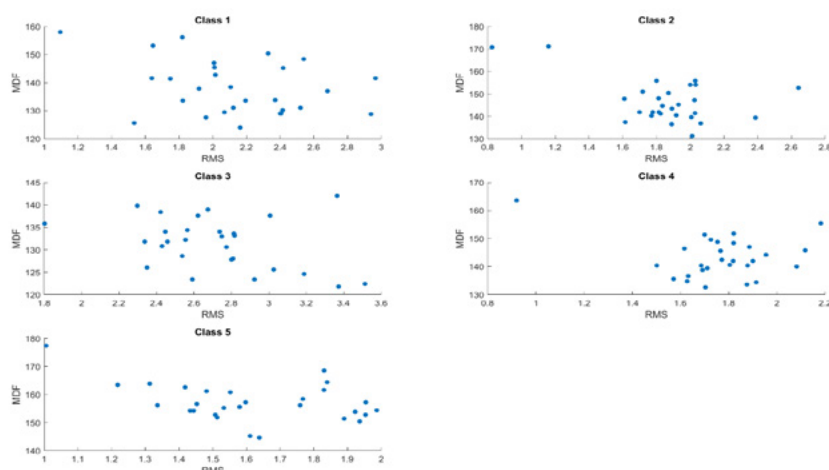
$$SM2 = \sum_{j=1}^{MDF} P_j f_j^2; \quad (26)$$

$$SM3 = \sum_{j=1}^{MDF} P_j f_j^3; \quad (27)$$

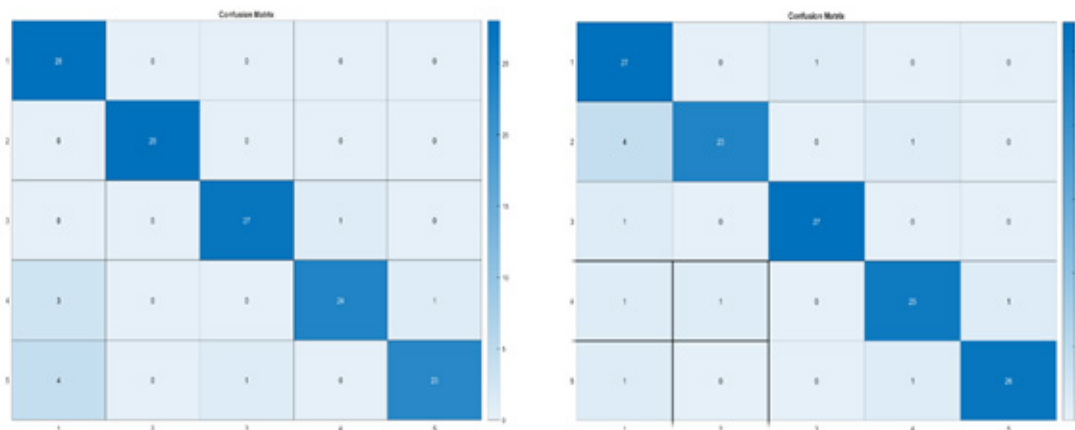
تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده به روش درختان تصمیم (decision trees) رویکردی قدرتمند، کارآمد در کشف مجموعه داده‌های بزرگ و پیچیده برای یافتن الگوهای مفید هستند. درختان تصمیم ساخت/القایی، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده‌ای هستند که داده‌ها را به شکل درختی تجزیه و تحلیل می‌کنند. ساختاری شبیه فلوچارت دارند که در آن هر گره داخلی نشان دهنده یک آزمایش بر روی یک ویژگی است و هر شاخه نشان دهنده نتیجه آزمایش ویژگی و در نهایت هر گره برگ نشان دهنده برچسب کلاس است. درخت از طریق تقسیم شاخه‌های یک درخت به طبقه بندی می‌رسد که در آن هر تقسیم نشان دهنده آزمایشی بر روی ویژگی داده است (۹).

۳. نتایج

نتایج مطالعه حاضر، مشتمل بر داده‌های به دست آمده از سیگنال‌های EMG اخذ شده توسط شرکت کنندگان آزمایش است که با روش درخت تصمیم قابل تفکیک می‌باشد. در شکل ۴ پنج کلاس و هر کلاس معادل نتایج ثبت شده از حرکات صورت در تلفظ هر یک از اعداد یک تا پنج است و از ویژگی آماری RMS و MDF در آن استفاده شده است. شکل ۶ نشان دهنده ماتریس تصمیم‌گیری هستند که از دو شرکت کننده A و B به دست آمده است. شرکت کننده A با ۹۱،۴۳٪ و شرکت کننده B با ۹۲،۸۶٪ تفکیک نشان داده شده است. در مطالعه حاضر، ۷۰ درصد از داده‌ها برای آموزش استفاده شدند.



شکل ۵- نمودار MDF برحسب RMS برای کلاس‌های ۱ تا ۵



شکل ۶- ماتریس تصمیم شرکت کننده A سمت چپ و ماتریس تصمیم برای شرکت کننده B در سمت راست

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه با بررسی‌های صورت گرفته توانستیم تلفظ اعداد یک تا پنج به زبان انگلیسی را با استفاده از EMG با صحت ۹۲٫۸۶ درصد طبقه‌بندی کنیم. برای این کار فیلتر باترورث بهترین نتیجه را برای ما ایجاد کرد. به نظر می‌رسد که این نتیجه در مورد فیلتر ذکر شده با مطالعه اوپل و کری که در آن از روش CNN استفاده شده است، هم مسیر است (۲). ویژگی‌های زیادی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت که به دلیل حجم بالای محاسباتی مورد علاقه نخواهد بود لذا در مطالعات آینده می‌توان تعداد این ویژگی‌ها را به حداقل رساند. به عنوان مثال می‌توان از روش‌های کاهش ویژگی استفاده کرد تا تعداد ویژگی‌ها کم شود، هرچند به نظر می‌رسد که با تعداد کم ویژگی‌ها صحت تفکیک ما کمتر خواهد شد. ابزار فوق، قابل استفاده برای تشخیص بیماری‌های مختلف در وضعیت عضلانی صورت، روند درمان و پایش آن بوده و همین‌طور از آن به عنوان بیوفیدبک شناسایی مشکلات عصبی عضلانی و مواردی از این دست استفاده کرد. علاوه بر این می‌توان از این ابزار برای تایپ به صورت اتوماتیک بر اساس گفتار استفاده کرد. به نظر می‌رسد ما برای مطالعات آینده نیازمند کشف و استفاده تعداد بیشتری حروف و کلمات در روند مطالعه هستیم تا بتوانیم کلکسیون کاملی از حروف انگلیسی و اعداد را توسط EMG از هم تفکیک کنیم.

۵. منابع

۱. Bertozzi N, Bianchi B, Salvagni L, Raposio E. Activity evaluation of facial muscles by surface electromyography. *Plastic and Reconstructive Surgery Global Open*. ۲۰۲۰;۸(۱۰).
۲. Kehri V, Awale R. A facial EMG data analysis for emotion classification based on spectral kurtogram and CNN. *International Journal of Digital Signals and Smart Systems*. ۲۰۲۰;۴(۱-۳):۵۰-۶۳.
۳. Chen H, Zhang Y, Li G, Fang Y, Liu H. Surface electromyography feature extraction via convolutional neural network. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*. ۲۰۲۰;۱۱:۱۸۵-۹۶.
۴. Shuster A, Inzelberg L, Ossmy O, Izakson L, Hanein Y, Levy DJ. Lie to my face: An electromyography approach to the study of deceptive behavior. *Brain and Behavior*. ۲۰۲۱;۱۱(۱۲):e۲۳۸۶.
۵. Inzelberg L, David-Pur M, Gur E, Hanein Y. Multi-channel electromyography-based mapping of spontaneous smiles. *Journal of neural engineering*. ۲۰۲۰;۱۷(۲):۰۲۶۰۲۵.
۶. Bernardes DFF, Bento RF, Gomez MVSG. The contribution of surface electromyographic assessment for defining the stage of peripheral facial paralysis: flaccid or sequelae stage. *International archives of otorhinolaryngology*. ۲۰۱۸;۲۲(۰۴):۳۴۸-۵۷.

۷. Schumann NP, Bongers K, Scholle HC, Guntinas-Lichius O. Atlas of voluntary facial muscle activation: Visualization of surface electromyographic activities of facial muscles during mimic exercises. Plos one. ۲۰۲۱;۱۶(۷):e۰۲۵۴۹۳۲.
۸. Gat L, Gerston A, Shikun L, Inzelberg L, Hanein Y. Similarities and disparities between visual analysis and high-resolution electromyography of facial expressions. Plos one. ۲۰۲۲;۱۷(۲):e۰۲۶۲۲۸۶.
۹. Priyanka, Kumar D. Decision tree classifier: a detailed survey. International Journal of Information and Decision Sciences. ۲۰۲۰;۱۲(۳):۲۴۶-۶۹.

classification of facial movements during pronunciation of English numbers through electromyography signal by decision tree

Sarvin Tohidi^۱, Amirali Alilooie^۲, Ali Ghanbar^۳, Shiva Kazembeigibarzi^۴, Babak Rezaee afshar^{*۵}

^۱Bachelor student, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Modern Medical Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^۲Bachelor student, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Modern Medical Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^۳Bachelor student, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Modern Medical Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^۴Bachelor student, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Modern Medical Sciences and Technologies, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^{*۵}PhD in Biomedical Engineering, Department of Orthotics and Prosthetics, Faculty of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* babak.rezaee@srbiau.ac.ir

srvtohidi@mail.ir

Abstract

Electromyography of the face is considered as a standard diagnostic tool to evaluate the function of facial muscles during its specific states in physiological and pathological conditions. By using the electromyography signal, information such as emotions, fatigue, and facial muscle and emotional disorders can be obtained. In this study, we used the electromyography signal of the facial muscles of ۳ participants while pronouncing numbers and were able to extract ۲۴ features in the time and frequency domains. The decision tree was used as an efficient approach in data classification and the data was separated with ۹۲.۸۶% accuracy. The designed tool can be used to diagnose various diseases in the facial muscle condition, its treatment and monitoring process, and it can be used as biofeedback to identify neuromuscular problems and such. In this study, the pronunciation of English numbers one to five was investigated, but it seems that for future studies, we need to investigate and use more letters and words in the study process, so that we can classify a complete collection of English letters and numbers by electromyography.

Keywords: EMG, Pronounce numbers, Classification of facial expressions, Decision Tree, Butterworth filter

تولید متن، اندازه‌گیری کیفیت متن تولید شده

نیلوفر گودرزی*، نوشین ریاحی

دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، رشته مهندسی کامپیوتر، گرایش هوش مصنوعی، دانشگاه الزهراء(س)

* ایمیل نویسنده مسئول: com.com@gmail@mgoodarzin

ایمیل ارائه‌دهنده: com.com@gmail@mgoodarzin

چکیده

تولید متن یکی از زیر شاخه‌های پردازش زبان طبیعی و یکی از مسائل مهم در هوش مصنوعی است که مانند سایر حوزه‌های هوش مصنوعی شامل چالش‌ها و شکاف‌هایی حل شده و حل نشده می‌باشد. یکی از چالش‌های مهم در حوزه‌ی تولید داده (متن، تصویر، صدا) که بسیار مهم و مورد توجه محققان می‌باشد، معیارهای ارزیابی و انتخاب معیار مناسب برای ارزیابی کیفیت داده‌ی تولید شده می‌باشد. در خصوص ارزیابی داده‌های تولید شده دو روش ارزیابی انسانی و خودکار وجود دارد. در معرفی معیارهای خودکار، اساس شباهت و نزدیک بودن به ارزیابی انسانی است. هر معیاری که مقادیری تولید کند که بیشتر به نتایج ارزیابی انسانی نزدیک باشد معیار مناسب تری است.

در این مقاله انواع معیارهای به کار رفته در ارزیابی متون تولید شده، معرفی و بررسی می‌شوند. ما در این پژوهش مدلی برای تولید متن پیاده سازی نموده ایم و متن تولید شده را با معیار BLEU که تعیین کننده کیفیت متن می باشد و Self-BLEU که بیان کننده میزان تنوع در متن تولیدی است و معیار شباهت جاکارد برای تعیین میزان شباهت یا استقلال متون تولیدی، ارزیابی کردیم و نتایج به دست آمده را مورد تحلیل قرار دادیم.

کلید واژه‌ها : تولید متن، اندازه‌گیری تنوع در متن، اندازه‌گیری شباهت متون

۱. مقدمه

تولید متن یا تولید زبان طبیعی^۱ (NLG)، یکی از زیر شاخه‌های پردازش زبان طبیعی (NLP) و یکی از مسائل مهم در هوش مصنوعی است. تولید متن ترکیبی از زبان‌شناسی محاسباتی و هوش مصنوعی برای تولید متن جدید است. متن تولید شده باید ساختار اصلی زبان را برآورده کند و پیام مورد نظر را منتقل کند. [۱] برای فرایند تولید متن می‌توان کاربردهای متنوعی ذکر کرد. زبان طبیعی نوع معمولی ورودی برای سیستم‌های پردازش داده است، بنابراین، داشتن یک مجموعه داده‌ی آزمایشی بزرگ از این نوع معمولاً لازم است [۲]. همچنین از آنجا که سیستم تولید متن برای پردازش داده‌های گسسته مطرح است، می‌تواند برای سایر داده‌های گسسته مانند نت موسیقی، دنباله‌های بیولوژیکی و ... نیز به عنوان تولید دنباله [۳] استفاده شود. برای سیستم‌های ایجاد گفت‌وگو، ترجمه ماشینی، خلاصه سازی متون، عنوان برای تصویر [۴]، تولید مقاله علمی [۵] و ... تولید متن کاربرد زیادی دارد. در نوشتن نظر، گزارش هواشناسی و حتی شعر کمک کند و برای سیستم‌های پاسخگویی سؤالات ضروری است [۶]. فرایند تولید متن هم مانند بسیاری از حوزه‌های هوش مصنوعی با شکاف‌ها و چالش‌هایی روبه رو می‌باشد که محققان در این حوزه به بررسی آن پرداخته و با ارائه‌ی ایده‌های جدید برای رفع و یا کاهش مشکلات اقدام کرده اند. با پیشرفت شبکه‌های عصبی عمیق، ساختار و معماری‌های این سیستم‌ها بسیار ارتقا پیدا کردند و به طور کاملاً مشهودی متن‌های تولید شده به کیفیت بالایی دست یافتند. اما علیرغم این پیشرفت‌ها همچنان این حوزه دچار شکاف‌هایی مهم می‌باشد یکی از آن‌ها ارزیابی متن تولید شده است. ارزیابی مدل‌های تولید زبان طبیعی دشوار است؛ زیرا هیچ معیار واحدی برای اندازه گیری کیفیت ویژگی‌های مختلف زبان وجود ندارد. به طور کلی، دو جنبه از زبان طبیعی قابل ارزیابی است: کیفیت و تنوع [۷]. انتخاب نامناسب معیارهای کیفیت در ارزیابی مؤثر است. متن‌ها دارای سبک‌های مختلفی هستند و با این حجم از گوناگونی نمی‌توان به یک معیاری دست یافت که تمام انواع متون را به خوبی و با دقت بالا ارزیابی کند و ما بتوانیم به نتیجه‌ی آن تاحد بالایی اعتماد کنیم. بنابراین انتخاب یک معیار مناسب مورد توجه قرار گرفته است. البته می‌توان گفت بهترین ارزیابی، ارزیابی توسط متخصصان زبان است که در مورد متن‌های طولانی یا متون خاص دیگری بسیار مشکل و حتی ناممکن است.

۱-۱. کارهای انجام شده

در سال‌های اخیر شبکه‌های عصبی خصمانه از حوزه بینایی ماشین وارد پردازش زبان طبیعی شدند [۴]. اولین مدل را Yu و همکاران در سال ۲۰۱۷ مبتنی بر شبکه عصبی خصمانه به نام SeqGAN طراحی کردند. در این مدل برای ارزیابی نمونه‌های تولید شده از معیار NLL روی داده‌های مصنوعی (oracle) و از معیار BLEU-۲ برای شعر تولید شده و BLEU-۳،۴ و ارزیابی توسط ناظران برای کیفیت متن تولید شده استفاده کردند [۸]. در سال ۲۰۱۹ Ke و همکارانش مدلی با نام مختصر ARAML با هدف کاهش ناپایداری شبکه ارائه دادند. از این رو، از معیار ۵-۲-SELF-BLEU برای اثبات عملکرد مدلشان در کاهش ناپایداری استفاده کردند همچنین برای کیفیت متن از سرگشتگی رو به جلو و سرگشتگی معکوس استفاده کردند. در این مدل برای ارزیابی کیفیت متن گفتگو که تولید شده بود ارزیابی دستی استفاده شد. [۹] در سال ۲۰۲۱ Montahaei و همکاران رویکردی با نام DGSAN برای بهبود انتقال گرادیان به شبکه مولد ارائه دادند. آن‌ها در مدلشان چند معیار ارزیابی به کار بردند که برای سنجش کیفیت از BLEU-۳-۷، برای تنوع از BBLEU-۳-۷ استفاده کردند. [۱۰] در سال ۲۰۲۳ Kuznetsov مدل جدید مبتنی بر شبکه‌های خصمانه برای تولید گفتگو ارائه داد و متن تولید شده را با معیار BLEU برای هر نمونه ارزیابی کرد و از امتیاز BERT (F1) برای تشخیص درستی زمینه متن استفاده نمود. [۱۱]

در ادامه نوشتار در بخش ۲ انواع معیارهای ارزیابی مربوط به این حوزه را شرح می‌دهیم. در این پژوهش ساختار ریاضیاتی که این معیارها تعریف می‌کند مدنظر نیست. در بخش ۳ آزمایشاتی که برای تولید متن انجام داده ایم و نتایج بدست آمده با معیارهای ارزیابی را توضیح می‌دهیم. در بخش ۴ به نتیجه گیری از این پژوهش می‌پردازیم.

۲. روش ارزیابی متون

متن تولیدی با کیفیت است باید ویژگی‌هایی داشته باشد؛ هر سیستم تولید متن فارغ از اینکه چه نوع سبکی از متن را تولید می‌کند، باید بتواند متنی دارای انسجام و معنای متناسب با داده‌های ورودی تولید کند. این متن باید مانند یک نوشتار انسانی دارای معنا و مفهوم باشد و ساختار و دستور زبان را حفظ کرده باشد. برای ارزیابی چنین متنی می‌توان با دو روش آن را ارزیابی نمود؛ ارزیابی انسانی (دستی) و ارزیابی خودکار (ماشینی).

ما در این پژوهش به بررسی چندین مدل مختلف برای تولید متن پرداخته ایم و و متون تولید شده در این مدل‌ها را توسط ارزیابی انسانی و ارزیابی خودکار مورد مقایسه قرار دادیم. از طرف دیگر کلیه معیارهای ارزیابی معرفی شده در مقالات پژوهشی در حوزه متن را هم مورد بررسی قرار دادیم. در این بخش به معرفی معیارهای حوزه ارزیابی متون خواهیم پرداخت، سپس از بین آنها مواردی را که تعیین کننده مشخصات مورد نظر برای یک متن تولید شده مناسب، از نظر صحیح بودن متن و وجود تنوع در متون، می‌باشند انتخاب کرده روی متون تولیدی اعمال نموده و نتایج حاصل را بررسی خواهیم کرد.

۲-۱. ارزیابی انسانی

طبیعی‌ترین راه برای ارزیابی کیفیت یک تولید کننده متن، مشارکت دادن انسان‌ها به عنوان قاضی است. از افراد متخصص یا غیرمتخصص خواسته می‌شود تا متون تولید شده توسط سیستم‌های NLG مختلف را رتبه بندی یا مقایسه کنند یا یک تست تورینگ برای تشخیص متون تولید شده توسط ماشین از متون تولید شده توسط انسان انجام دهند. اما این نوع ارزیابی با وجود اینکه یک استاندارد طلایی برای تقریباً تمامی وظایف پردازش متن می‌باشد، اما پرهزینه و زمان بر است که محققان را مجبور کرده به ارزیابی‌های خودکار متوسل شوند. [۱۲] اما به هر حال این نوع ارزیابی هنوز توسط محققان این حوزه به شکل خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشتر در این نوع، روان بودن و گرامر متن تولید شده، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲-۲. ارزیابی خودکار

این معیارها امتیازی را محاسبه می‌کنند که شباهت بین متن تولید شده و متن مرجع را نشان می‌دهد. معیارهای ارزیابی خودکار سریع و کارآمد هستند، [۱۲] اگرچه برای برخی از وظایف تولید متن مانند تولید شعر و تولید گفتگو عملکرد خوبی ندارند. بنابراین نمی‌توان به عنوان یک معیار قابل اطمینان برای همه مدل‌های تولید متن استفاده شوند.

۲-۳. انواع معیار ارزیابی در زمینه تولید متن

- BLEU^۲: به عنوان معیاری مهم برای سنجش کیفیت استفاده می‌شود [۷]. برای ارزیابی شباهت [۶، ۱۳] در برخی موارد به کار گرفته شده است. این معیار بیشتر از معیارهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اصل برای قضاوت خودکار کیفیت ترجمه ماشینی توسط Papineni و همکارانش در سال ۲۰۰۲ طراحی شده است [۸].
- B-BLEU^۳: با این معیار تنوع به صورت ارزیابی داده‌های آزمون با توجه به کل داده‌های تولید شده، ارزیابی می‌شود. BLEU دقت^۴ متن تولید شده را اندازه می‌گیرد ولی این معیار فرخوانی^۵ متن تولید شده را حساب می‌کند [۷].
- Self-BLEU: این معیار هر جمله را در مجموعه تولید شده به عنوان فرضیه و جملات دیگر را به عنوان مرجع برای به دست آوردن مقدار BLEU محاسب می‌کند؛ در نتیجه تنوع نتایج ارزیابی می‌شود. مقدار پایین این معیار به معنی عملکرد قابل قبول مدل مورد نظر می‌باشد [۹] این معیار برای ارزیابی تنوع در متن تولید شده بر اساس BLEU ارائه گردیده است. [۱۳]
- FD: این معیار فاصله Fre`chet را بین متن واقعی و تولید شده در فضای تعبیه شده آموزشی محاسبه می‌کند. این معیار کیفیت و تنوع را همراه با سازگاری سراسری نشان می‌دهد [۷].
- ROUGE^۶: این معیار n-gram های هم-رخدادی بین متن تولید شده و متن اصلی را محاسبه می‌کند [۱۴]. این معیار دقت و فراخوانی را ارزیابی می‌کند. شامل سه معیار R-۱، R-۲ و R-L می‌باشد [۱۴]. L به این معنی است که دقت و فراخوانی بلندترین زیر دنباله‌ی مشترک بین دو متن ارزیابی می‌شود.
- METEOR^۷: برای ارزیابی تنظیاتی مانند تطبیق دقیق، مترادف‌ها، ریشه، تفسیر از عبارات و... بین متن تولید شده و متن مرجع استفاده می‌شود [۱۴].
- NLL: یک ارزیابی از داده‌های مصنوعی می‌باشد. هرچه مقدار آن کم باشد، نشان دهنده‌ی نتیجه مطلوب عملکرد مدل است [۴]. در واقع لگاریتم درست نمایی منفی داده‌های واقعی را در مدل نشان می‌دهد. NLL ارتباط نزدیکی با معیار شناخته شده دیگری به نام Perplexity دارد [۱۰].
- Winnoing: روشی است برای ارزیابی تنوع و شباهت. در این روش، ضرب جاکارد^۸ بین متن تولید شده و متن اصلی محاسبه می‌شود و هرچه قدر زیاد باشد مدل عملکرد بهتری خواهد داشت.

Evaluation Understudy Bilingual ۲

Backward-BLEU ۳

Precision ۴

Recall ۵

Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation ۶

Metric for Evaluation of Translation with Explicit ORdering ۷

Jaccard ۸

- Cosine Similarity: این معیار نیز برای سنجش شباهت متن تولید شده با متن اصلی به کار می‌رود.
- Part-Of-Speech: برای شمارش فرکانس کلمات در قسمت‌های مختلف گفتار استفاده می‌شود و به عنوان معیاری در ارزیابی متن تولید شده کاربرد دارد [۱۵]
- PPL-F^۹: این معیار آشفستگی داده‌های تولید شده توسط یک مدل را که روی داده‌های واقعی آموزش دیده است، ارزیابی می‌کند این معیار با به دست آوردن مقدار کم نشان دهنده عملکرد خوب مدل است [۹].
- PPL-R^{۱۰}: نحوه‌ی ارزیابی به این صورت است که نقش داده‌های تولید شده و داده‌های واقعی تغییر پیدا کند تا اختلاف بین توزیع تولید شده و توزیع داده منعکس شود [۹]. این دو معیار با هم برای ارزیابی استفاده می‌شوند.
- Sentiment transfer strength: این معیار میزان قدرت انتقال را ارزیابی می‌کند. مدل‌هایی را که متن احساسی تولید می‌کنند، می‌سنجد [۱۶].
- هم-پوشانی کلمه^{۱۱}: یکی از معیارهای مؤثر برای حفظ محتوا است [۱۶].
- FD: FRÉCHET DISTANCE فاصله Fréchet بین متن واقعی و متن تولید شده را در فضای تعبیه شده آموزش دیده محاسبه می‌کند. این معیار می‌تواند کیفیت و تنوع را همراه با سازگاری عمومی متن در اختیار قرار دهد. این معیار برای مدل تعبیه سازی قوی شناخته شده است. [۷]
- FC-score^{۱۲}: برای محاسبه اینکه مدل چقدر همه ویژگی‌ها (n-gram) را پوشش می‌دهد و بر خلاف نمره BLEU، نمره FC تحت تأثیر تنوع جملات تولید شده قرار می‌گیرد، جایی که هرچه تعداد n-gram منحصر به فرد بیشتر باشد، امتیاز FC بالاتر است و بالعکس [۳].
- (BERT(F₁): الگوریتم BERT توانایی بهتری برای گرفتن زمینه بدون تکیه بر طول نمونه دارد که نتایج بهتری به دست می‌دهد. و می‌تواند به درستی زمینه متن را تشخیص دهد و نمره بهتری دهد. [۱۱]

از معیارهایی که برشمردیم برخی معیارها، به معیارهای n-gram معروف هستند مانند BLEU و Self-BLEU [dgsan] تعیین مقدار برای n باید به درستی انجام شود. برای جملات کوتاه n باید مقدار کم و برای جملات طولانی n مقدار بیشتر باید داشته باشد. این معیارها امتیازی بین ۰-۱ به دست می‌دهند.

جدول ۱ انواع معیار ارزیابی که در مدل‌های مبتنی بر شبکه‌های خصمانه تولید متن، استفاده شده نشان می‌دهد؛ معیار BLEU برکاربردترین معیار برای ارزیابی متون بوده است.

جدول ۱. برخی از انواع معیارهای ارزیابی مورد استفاده در مقالات

مقالاتی که معیار را به کار برده اند	معیار
[۴، ۶، ۱۰، ۱۹-۱۷]	NLL
[۴-۳، ۷-۶، ۱۱-۱۰، ۲۱-۱۷]	BLEU
[۱۷-۱۵]	Cosin similarity
[۱۷]	Word Mover Distance
[۷، ۱۰، ۲۲]	Backward BLEU
[۱۰]	(MS- Jaccard (MSJ
[۷، ۱۲]	(Frechet BERT Distance (FBD
[۹، ۲۰]	Self-BLEU
[۹، ۲۰]	Forward & backward per-plexity
[۳]	Diversity score

۹ Forward-Perplexity

۱۰ Reverse-Perplexity

۱۱ Word overlap

۱۲ Feature Coverage

[۳]	Feature coverage score
[۱۵]	Winnoing
[۱۵]	POS tagging
[۵، ۸، ۹، ۱۶، ۲۰]	ارزیابی انسانی

۳. آزمایشات و نتایج

ما برای بررسی معیارهای ارزیابی از معیار BLEU و Self-BLEU با درجه‌های ۵-۲ استفاده کردیم. BLEU به دلیل اینکه نشان دهنده کیفیت جملات تولید شده می‌باشد و هر چه مقادیر آنها بالاتر باشد به معنی تولید عبارات مصطلح تر و صحیح تر است. Self-BLEU بیان کننده میزان تنوع در متن‌های تولیدی است، کمتر بودن مقدار این معیار نشان دهنده تفاوت در عبارات تولیدی نسبت به متون موجود در مجموعه داده و در واقع تنوع در خروجی سیستم می‌باشد. یک معیار دیگر به نام Jaccard Similarity را نیز برای ارزیابی میزان شباهت متن‌های تولید شده در هر دور آموزش انتخاب کردیم.

هر یک از این معیارها با روابط ریاضی تعریف می‌شوند رابطه ۱ برای امتیاز BLEU تعریف شده است.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن BP یا جریمه اختصار برای جلوگیری از امتیاز دهی غیرمنطقی در مورد دنباله‌های تولید شده خیلی کوتاه قرار می‌گیرد. احتمال n-gram است. بر اساس این رابطه وقتی مقدار n بیشتر باشد امتیاز به دست آمده کم می‌شود؛ زیرا تعداد n-gram‌های مشترک کم شود.

رابطه ۲ برای ارزیابی شباهت بین دو متن با Jaccard Similarity استفاده می‌شوند.

رابطه ۲:

و نشانگر دو متن انتخابی است.

مدلی که پیاده سازی نموده ایم مدل ARAML می‌باشد. ما از روی پیکره‌های COCO و EMNLP2017 که توسط مدل ARAML استفاده شده بود، شبکه را در برنامه پایتون آموزش دادیم. مشخصات این پیکره‌ها در جدول ۲ آمده است. در محیط google colab به خاطر استفاده از GPU مدل را اجرا کردیم. از آنجا که دسترسی به GPU محدودیت داشت تعداد دوره‌های آموزش را کاهش داده و ۵۰ قرار دادیم که منجر به تولید ۱۱ متن برای هر ۵ دسته داده شد.

جدول ۲. مشخصات پیکره‌ها			
پیکره	مقدار داده (آموزش/آزمون)	تعداد واژه	طول متوسط جملات
COCO	5000 / 80000	4839	12.8
EMNLP2017	10000 / 49996	5721	27.8

از چارچوب تنسورفلو X.2 برای پیاده سازی ساختار شبکه‌ها استفاده کردیم. پیکره‌ها به صورت دنباله اعداد می‌باشند؛ بدین شکل که عدد متناظر با هر کلمه در واژه نامه در جمله جای کلمه قرار می‌گیرد. در نتیجه متن تولید شده نیز شامل دنباله‌ای از اعداد هستند که به متن کلمات متناظر با اعداد خودشان تبدیل می‌شوند. در نتیجه دو متن در اختیار داریم یکی دنباله‌ای عددی و یکی هم جملات اصلی شامل کلمات. برای ارزیابی ما ابتدا دنباله اعداد را با معیارهای BLEU و Self-BLEU در پیکره COCO ارزیابی کردیم؛ چون داده‌های آزمون نیز به صورت دنباله اعداد بودند.

جدول ۳. نتایج ارزیابی با معیار BLEU-2-5 و Self-BLEU-2-5 در پیکره COCO متون تولید شده

متن تولید شده	-۲B	-۳B	-۴B	-۵B	-۲S-BLEU	-۳S-BLEU	-۴S-BLEU	-۵S-BLEU
متن قبل از ویرایش دنباله اعداد	۰٫۹۲۷	۰٫۸۶۶	۰٫۸۱۵	۰٫۷۷۶	۰٫۹۳۷	۰٫۸۷۹	۰٫۸۲۸	۰٫۷۸۹
متن بعد از ویرایش دنباله اعداد	۰٫۸۰۷	۰٫۶۰۲	۰٫۴۰۴	۰٫۲۵۶	۰٫۸۳۴	۰٫۶۴۱	۰٫۴۴۵	۰٫۲۹۵
متن شامل کلمات	۰٫۸۱۳	۰٫۶۱۱	۰٫۴۱۲	۰٫۲۶۲	۰٫۸۳۴	۰٫۶۴۱	۰٫۴۴۵	۰٫۲۹۵

جدول ۴. نتایج ارزیابی با معیار BLEU-2-5 و Self-BLEU-2-5 در پیکره EMNLP2017 متون تولید شده

متن تولید شده	-۲B	-۳B	-۴B	-۵B	-۲S-BLEU	-۳S-BLEU	-۴S-BLEU	-۵S-BLEU
متن قبل از ویرایش دنباله اعداد	۰,۸۸۵	۰,۷۴۹	۰,۶۵۶	۰,۵۹۶	۰,۸۳۵	۰,۶۹۷	۰,۶۱۴	۰,۵۶۴
متن بعد از ویرایش دنباله اعداد	۰,۷۸۸	۰,۴۸۶	۰,۲۵۲	۰,۱۳۳	۰,۶۹۰	۰,۳۶۴	۰,۱۷۱	۰,۰۸۸۱
متن شامل کلمات	۰,۷۹۹	۰,۵۰۱	۰,۲۶۵	۰,۱۴۲	۰,۶۹۳	۰,۳۶۸	۰,۱۷۵	۰,۰۹۲

کاراکتر فضای خالی (space) نیز دارای یک شناسه عددی در این مجموعه داده می‌باشد. این کاراکتر برای یکسان کردن طول جملات در انتهای هر جمله به تعداد مناسب قرار می‌گیرد، بنابراین ما مشاهده کردیم که ارزیابی هم کیفیت و هم تنوع با این جملات که روی عدد فضای خالی بایاس شده است، قابل اعتماد نیست. در نتیجه هم از داده‌های آزمون و هم از متن تولید شده این کاراکتر را حذف کردیم و دوباره ارزیابی را انجام دادیم و مقادیر تغییر قابل ملاحظه‌ای با هر دو معیار نمودند. در مرحله بعد برای ارزیابی تصمیم گرفتیم جملات اصلی یعنی کلمات را ارزیابی کنیم، بنابراین داده‌های آزمون را با الگوریتم **convert** به کلمات متناظر تبدیل کردیم و متن تولید شده را ارزیابی نمودیم. نتایج این مقایسه‌ها برای پیکره **COCO** در جدول ۳ آورده شده است. در مقایسه با دنباله اعداد مقدار به دست آمده کمی بهتر شده است، در حالی که انتظار می‌رفت مقادیر یکسان باشند. به نظر می‌رسد توکن‌های عددی می‌توانند محاسبات **BLEU** را دچار اشتباه کنند یا اینکه دقت آن را افزایش دهند و یا ممکن است **n-gram**‌های کلمات بهتر شمارش شوند؛ از آنجا که مقادیر بدست آمده اختلاف بسیار اندکی دارند، یافتن دلیل این اختلاف کار مشکلی است و ما را با یکی دیگر از چالش‌های ارزیابی رو به رو می‌کند. در جدول مشاهده می‌شود که وقتی مقدار **n** بیشتر می‌شود، امتیاز **BLEU** کاهش می‌یابد، به طور طبیعی بین دو متن تعداد دنباله‌های یکسان و طولانی کم است مثلاً دو دنباله ۵ تایی شبیه به هم در دو متن کم تر از دو دنباله ۳ تایی است. پس چنین مقداری معقول است. برای پیکره **EMNLP** نیز این موارد وجود داشت؛ جدول ۴ نتایج بدست آمده را برای پیکره **EMNLP2017** نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود مقادیر نسبت به مقادیر به دست آمده در پیکره **COCO** چندان مطلوب نیست؛ دلیل آن این است که که طول جملات این پیکره و اندازه واژه نامه نیز بیشتر است بنابراین برای رسیدن به کیفیت مطلوب لازم است که تعداد دوره آموزشی افزایش یابد که افزایش بیشتر از ۵۰ دور برای ما امکان پذیر نبود. در مورد **Self-Bleu** مشاهده می‌شود که مقادیر دنباله اعداد و جملات شامل کلمات در پیکره **COCO** کاملاً مشابه هم هستند، در حالی که در مورد پیکره **EMNLP** مقادیر اختلاف بسیار جزئی (رقم سوم یا دوم اعشار) در دنباله اعداد و متن شامل کلمات دارند؛ احتمالاً به دلیل شرایط مناسب برای آموزش با داده‌های پیکره **COCO** این مقادیر یکسان شده‌اند.

در آخر شباهت متون تولید شده شامل کلمات، در دوره‌های آموزش با متن تولید شده آخرین دور را توسط معیار **Jaccard Similarity** ارزیابی کردیم. برای این ارزیابی ابتدا متون را با کتابخانه **NLTK** پردازش کردیم و سپس ارزیابی انجام شد. جدول ۵ نتایج این ارزیابی را با داده‌های **COCO** نشان می‌دهد. نیمی از جملات تولید شده در دور آخر مشابه جملات دوره‌های قبل است و این می‌تواند نشانگر این باشد که مدل می‌تواند در هر دور حدود ۱۰۰۰ جمله مجزا تولید کند. این نوع ارزیابی در مطالعات دیده نشد و ما به عنوان یک ایده جدید برای روند کار مدل در تولید متن مجزا در دوره‌های آموزشی مطرح کردیم.

جدول شماره ۵. میزان شباهت متون تولید شده در دسته داده‌های آموزشی با آخرین متن تولید شده در COCO									
دسته ۰	دسته ۵	دسته ۱۰	دسته ۱۵	دسته ۲۰	دسته ۲۵	دسته ۳۰	دسته ۳۵	دسته ۴۰	دسته ۴۵
۰,۵۱۵	۰,۵۱۰	۰,۵۱۱	۰,۵۱۱	۰,۵۲۴	۰,۵۳۱	۰,۵۱۱	۰,۵۲۰	۰,۵۲۳	۰,۵۲۲

در جدول ۶ نتایج ارزیابی با این معیار برای داده‌های **EMNLP** نشان می‌دهد. ما می‌بینیم که بیشتر از نیمی از جملات متون شبیه به هم هستند و این می‌تواند به دلیل تعداد کم دوره‌های آموزش باشد. با این بررسی می‌توانیم بگوییم هرچه قدر آموزش مدل خوب باشد می‌تواند متون متنوع تری تولید کند.

جدول ۶. میزان شباهت متون تولید شده در دسته داده‌های آموزشی با آخرین متن تولید شده در EMNLP2017									
دسته ۰	دسته ۵	دسته ۱۰	دسته ۱۵	دسته ۲۰	دسته ۲۵	دسته ۳۰	دسته ۳۵	دسته ۴۰	دسته ۴۵
۰,۵۰۴	۰,۷۲۶	۰,۷۵۸	۰,۷۶	۰,۷۶۸	۰,۷۵۷	۰,۷۵۳	۰,۷۴۷	۰,۷۶۱	۰,۷۵۵

۴. جمع بندی

ما در این پژوهش انواع معیارهای ارزیابی برای کار تولید متن را معرفی کردیم. هدف از این تحقیق معرفی معیارهای مناسب‌تر برای

ارزیابی کیفیت متون تولیدی و تأکید بر محدودیت و ناکارآمدی این معیارها در بعضی موارد بود. از مطالعات انجام شده به دست آمد که معیار BLEU با n-gram های ۲-۵ به عنوان معیاری برای ارزیابی کیفیت متن تولید شده بسیار کاربرد دارد. ما آزمایشاتی برای بیان نحوه عملکرد برخی از این معیارها مانند BLEU، Self-BLEU و Jaccard Similarity را انجام دادیم. هر چه مقدار BLEU بیشتر باشد متن تولید شده کیفیت بهتری دارد. همچنین طبیعی است که با افزایش مقدار n امتیاز BLEU کوچک‌تر می‌شود زیرا تعداد n-gram های مشترک کم‌تر می‌شود. هرچند این معیار کیفیت متن را می‌سنجد، اما برای سنجش تنوع کارآمد نیست. همچنین برای برخی از انواع متن مانند گفتگو تولید شده عملکرد مناسبی ندارد. معیار Self-BLEU را برای سنجش تنوع n-gram ها به کار بردیم. مقدار کم این معیار وجود تنوع بیشتر در متن تولید شده را نشان می‌دهد که به معیار فروپاشی حالت در شبکه‌ها نیز معروف است. اگر این معیار به تنهایی برای ارزیابی یک متن تولید شده به کار رود نمی‌توان به کیفیت متن تولید شده اطمینان داشت. معیار شباهت جاکارد را نیز استفاده نمودیم تا بینیم متون تولید شده در دوره‌های آموزش چه قدر به هم شبیه هستند. متون تولیدی در طول کار سیستم به دلیل شباهتی که دارند نمی‌توانند به صورت متون مجزا استفاده شوند.

۵. مراجع

- 1 FATIMA N. SHARIQ IMRAN A. KASTRATI Z. DAUDPOTA S M. SOOMRO A. A Systematic Literature Review on Text Generation Using Deep Neural Network Models. IEEE Access 2022 May10; 10(): 53490 - 53503
- 2 Maqsd U. Synthetic Text Generation for Sentiment Analysis. In Proceedings of the 6th Workshop on Computational Approaches to Subjectivity, Sentiment and Social Media Analysis, Association for Computational Linguistics 2015 September17; 156-161
- 3 Hossam M., Le T. Papasimeon M. Huynh V. Phung D. Text Generation with Deep Variational GAN. Third workshop on Bayesian Deep Learning 2018 november; arXiv:2104.13488v1
- 4 Guo J. Lu S. Cai H., Zhang W. Yu Y. Wang J. Long Text Generation via Adversarial Training with Leaked Information. Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence 2018 April27; 32(1)
- 5 Koncel-Kedziorski R. Bekal D. Luan Y. Lapata M. Hajishirzi H. Text Generation from Knowledge Graphs with Graph Transformers. Proceedings of NAACL-HLT 2019 May18; 2284-2293
- 6 Wang H. Qin Z. Wan T. Text Generation Based on Generative Adversarial Nets with Latent Variable. Springer, Cham 2018 June20; 10938()
- 7 Kim Y. Won S. Yoon S. Jung K. Collaborative Training of Gans in Continuous and Discrete Spaces for Text Generation. IEEE Access2020 December16; 8(): 226515-226523
- 8 Yu L. Zhang W. Wang J. Yu Y. SeqGAN: Sequence Generative Adversarial Nets with Policy Gradient. Thirty-first AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-17), 2017 August25; 6()
- 9 Ke P. Huang F. Huang M. Zhu X. ARAML: A Stable Adversarial Training Framework for Text Generation. In Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing (EMNLP-IJCNLP), Association for Computational Linguistics 2019 November; 4271-4281
- 10 Montahaei E. Alihosseini D. Soleymani Baghshah M. DGSAN: Discrete generative self-adversarial network. Neurocomputing journal, Elsevier 2021 March25; 448(): 364-379
- 11 Kuznetsov D. Text generation with GAN networks using feedback score. International Journal on Cybernetics & Informatics (IJCI) 2023 June; 12(3)
- 12 Celikyilmaz A. Clark E. Gao J. Evaluation of Text Generation: A Survey. arXiv:2006.14799v2 20201 May 18; vol:2
- 13 Zhu† Y. Lu† S. Zheng† L. Guo† J. Zhang† W. Wang† J. Yu† Y. Tegygen: A Benchmarking Platform for Text Generation Models. The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval 2018 June27; 1097-1100
- 14 Chen X. Li J. Wang H. Keyphrase Enhanced Diverse Beam Search. A Content-Introducing Approach to Neural Text Generation. In IEEE Access 2019 May30; 7(): 72716-72725
- 15 Chen J. Wu Y. Jia C. Zheng H. Huang G. Customizable Text Generation via Conditional Text Generative Adversarial Network. Neurocomputing journal, Elsevier 2020 November27; 416(): 125-135
- 16 Zhang R. Wang Z. Yin K. Huang Z. Emotional Text Generation Based on Cross-Domain Sentiment Transfer. in IEEE Access 2019 July25; 7(): 100081-100089
- 17 Lu S. Yu L. Feng S. Zhu Y. Zhang W. Yu Y. CoT: Cooperative Training for Generative Modeling of Discrete Data. arXiv:1804.03782 2019 May13; 3()
- 18 Li Z. Xia T. Lou X. Xu K. Wang S. Xiao J. Adversarial Discrete Sequence Generation without Explicit Neural Networks as Discriminators. International Conference on Artificial Intelligence and Statistics 2019 April11; 89()
- 19 Jiao Z. Ren F. WRGAN: Improvement of RelGAN with Wasserstein Loss for Text Generation. Electronic, MDPI 2021 January21; 10(3)
- 20 Gagnon-Marchand J. Sadeghi H. Haidar A MD. Rezagholizadeh M. SALSA-TEXT: Self Attentive Latent Space Based Adversarial Text Generation. arXiv:1809.11155, 2018 October8; 2
- 21 Haidar A MD. Rezagholizadeh M. TextKD-GAN: Text Generation Using Knowledge Distillation and Generative Adversarial Networks. Springer, Cham 2019 April24; 11489():107-118
- 22 Tirotta P. Lodi S. OptAGAN: Entropy-based finetuning on text VAE-GAN. arXiv:2109.00239 2021 September1; 1()

طراحی و ساخت دستگاه آزمایشگاهی پلاسما جت قابل حمل به منظور کاربرد در حوزه پزشکی

حامد انیسی^{۱*}، امیررضا عرب^۲

منصوره لفوتی^۳، مهنوش حسن شهریاری^۴

۱ واحد تحقیق و توسعه گروه پارسا دی الکتریک، تهران، ایران

۲ و ۴ گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

۳ گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: h_anisi@yahoo.com

ایمیل ارائه‌دهنده: amirrezaarab553@gmail.com

چکیده

در این پژوهش ست آزمایشگاهی پلاسما جت اتمسفری سرد قابل حمل طراحی و ساخت می شود. از جمله مزایای آن حجم کم، کاربری آسان، قیمت اقتصادی مناسب، سرعت بالا و باریک بودن نازل می باشد، به طوری که که شارش آن امکان دسترسی پلاسما به کل فضای چاهک را ایجاد می کند. ست آزمایشگاهی از ۴ قسمت منبع تغذیه، کپسول گاز، جت پلاسما و اتصالات اندازه گیری شارش گاز تشکیل می شود. یکی از چالش های استفاده از جت پلاسما در حوزه پزشکی قابلیت تعبیه فضای مناسب و استریل جهت پردازش با پلاسما و همچنین محدودیت های ایمنی کار با ولتاژ بالا می باشد که در این طرح پیشنهادی سعی بر آن شده که نواقص مورد نظر از بین رود.

کلید واژه‌ها: جت پلاسما، ست آزمایشگاهی، ست آزمایشگاهی قابل حمل

۱. مقدمه

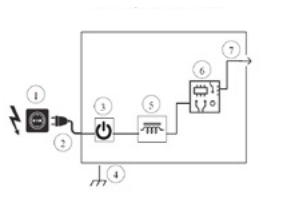
استفاده از پلاسما در زمینه پزشکی کاربرد های فراوانی دارد از جمله می توان به کشتن سلول های سرطانی ، انعقاد خون ، بهبود زخم، اصلاح سطح ایملنت ها و داربست ها اشاره کرد . [۱] در کاربردهای پزشکی تکنولوژی پلاسما، تحقیقات بسیاری بر جت های تخلیه پلاسمایی انجام شده است. یکی از ویژگی های تخلیه سد دی الکتریک (DBD) تولید پلاسمای یکنواخت می باشد. ابزارهای دیگری مانند جت های پلاسمایی نتایج خوبی در توسعه DBD ها در جهت بهبود و نوآوری به همراه داشته است. جت های پلاسمایی اتمسفری در کاربردهای مهندسی پزشکی کاربرد دارند. [۲] یکی از مکانیسم های رایج تولید جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری که در این طرح مورد استفاده قرار می گیرد، تخلیه سد دی الکتریک است که خود متشکل از ساختار متفاوتی DBD می باشد. استفاده از دی الکتریک در فاصله ی بین الکترود، به هنگام تخلیه یک روش برای جلوگیری از تشکیل جرقه است که جریان را متوقف می کند و مانع از تشکیل جرقه می شود. سد دی الکتریک می تواند از شیشه، کوارتز، سرامیک یا دیگر مواد با اتلاف دی الکتریک پایین و قدرت شکست بالا ساخته شود. [۳] جت پلاسما در دو ساختار طولی و عرضی به کار می رود، در ساختار طولی که بیشتر مدنظر این پژوهش است میدان الکتریکی تولیدی در راستای شارش گاز می باشد. [۴] به منظور ایجاد محیط پلاسما در جت پلاسما ، از منابع تغذیه ، با پالس هایی در مقیاس میلی ثانیه و دامنه ولتاژ چند کیلو ولت تا ده ها کیلو ولت استفاده می شود. علاوه بر دامنه ولتاژ ، شیب افزایش ولتاژ (زمان صعود) و مدت زمان پالس نیز حائز اهمیت می باشد. پالس هایی بسیار کوتاه با حداکثر دامنه می توانند نقش موثری در تولید پلاسمای سرد ایفا کنند. منابع تغذیه می بایست شرایطی چون تکراری پذیری، ولتاژ بالا، قابلیت اطمینان، طول عمر طولانی، شرایط تعمیر و نگهداری مناسب و قابلیت سهولت استفاده را دارا باشند. یکی از روش های ممکن به منظور فراهم کردن شرایط فوق، ساخت منبع تغذیه به طور کامل از قطعات حالت جامد و بدون هر گونه تخلیه از جرقه سوئیچ می باشد. مکانیزم تولید پالس منبع تغذیه، معمولاً با تخلیه سریع انرژی در عناصر ذخیره کننده انرژی (سلف و خازن) خواهد بود. در مدار های منابع تغذیه به منظور شارژ و تخلیه ، مدار به گونه ای طراحی می شود که رزونانس غیرخطی و متراکم سازی عرض پالس به کمک سوئیچ های قدرت استفاده شده و پس از اعمال به سیم پیچ اولیه ترانسفورماتور در سیم پیچ ثانویه با افزایش ولتاژ مناسب محیط پلاسما را ایجاد می شود. [۵] مطالعات انجام گرفته بر روی جت های پلاسمایی بیشتر در هوای عادی انجام شده است و چون ترکیبات موجود در هوا بسیار زیاد هستند مطالعه اثر جزء به جزء این ترکیبات بر انتشار گلوله های پلاسمایی کاری بسیار دشوار است. برای درک تکرار پذیری گلوله پلاسمایی تحقیقات گسترده ای انجام شده است و در هر یک از تحقیقات عواملی همچون تاثیر فرکانس، زمان خیزش، پلاریته، دامنه و شکل ولتاژ اعمالی ، نقش شارش و نوع گاز کاری، نقش فوتو یونش ، الکترون های بذری و شکل و قطر تیوب مورد بررسی قرار گرفته اند. [۴] در این پژوهش یک ست آزمایشگاهی به روش جت پلاسما با قابلیت امکان تغییر مشخصات منبع تغذیه شامل: فرکانس و دامنه ولتاژ و همچنین تغییر نوع گاز و میزان شارش گاز به صورت یک محصول یک پارچه و با قابلیت سهولت در حمل و نقل را طراحی و ساخته می شود.

۲- معرفی ست آزمایشگاهی

در این پژوهش جت پلاسمایی از دو الکترود مسی و آلومینیومی تشکیل شده و ساختار آن به نحوی است که پلاسمای تولید شده ، برای تابش به روی سطح نمونه دارای اندازه مناسبی می باشد . با اعمال اختلاف پتانسیل جریان متناوب توسط منبع تغذیه به ترانسفورماتور افزاینده و اتصال آن به الکترودهایی که توسط دی الکتریک از هم ایزوله شده و اعمال گاز کاری پلاسما تشکیل می شود. سپس با تغییر ولتاژ و فرکانس و میزان شارش گاز با کنترل کننده جرمی کنترل شده و متناسب با حالت بهینه مورد نظر محیط پلاسما مورد نظر تشکیل می شود. در ادامه به معرفی هر یک از اجزا این ست آزمایشگاهی می پردازیم.

۲-۱- منبع تغذیه

در شکل ۱ بلوک دیاگرام منبع تغذیه ست آزمایشگاهی نشان داده می شود. در این بخش ولتاژ ۲۲۰ ولت و ۵۰ هرتز برق شهر توسط سوکت (شماره ۱) به دوشاخه برق (شماره ۲) متصل می شود. پس از اطمینان از اتصال به برق شهر کلید پاور (شماره ۳) روشن شده و کاربر می تواند قسمت منبع تغذیه را فعال کند. در این بخش جریان الکتریکی پس از عبور از سلف (شماره ۵) به مدار برد مدار چاپی (شماره ۶) که وظیفه ایجاد مدار رزوناسی را برعهده دارد ، منتقل می شود. در ادامه خروجی مدار الکتریکی از طریق سیم ها و سوکت به کانکتور خروجی (شماره ۷) انتقال پیدا می کند. به منظور ایمنی کاربر نیز از سیم اتصال زمین (شماره ۴) استفاده می شود.



شکل ۱: بلوک دیاگرام منبع تغذیه

به منظور افزایش یا کاهش ولتاژ و فرکانس خروجی ولومی روی منبع تغذیه قرار گرفته که این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند. از جمله مشخصات منبع تغذیه عبارتند از: ولتاژ ۱۸ الی ۲۵ کیلوولت و فرکانس کاری 10 ± 100 کیلوهرتز است. همچنین ولتاژ خروجی توسط شبکه برق شهر مدوله شده و فرکانس آن ۵۰ هرتز می‌باشد.

۲-۲- جت پلاسما

خروجی منبع تغذیه به ترانسفورماتور و سپس به جت پلاسما منتقل می‌شود. جت پلاسمایی طراحی و ساخته شده در این ست شامل یک تیوپ دی الکتریک از جنس پیرکس برای جلوگیری از ایجاد جرقه بین الکترودها به قطر داخلی و خارجی ۶ و ۸ میلی‌متر می‌باشد. همچنین از دو الکترود از جنس آلومینیوم و مس استفاده شده است. الکترود از جنس مس به شکل سیم و به قطر ۰٫۱ میلی‌متر که به صورت هم محور با دی الکتریک به قرار گرفته و الکترود دیگر از جنس آلومینیوم به عرض ۱۲ میلی‌متر قسمتی از دی الکتریک را به صورت ورق و به اندازه ۵ میلی‌متر از ابتدای نازل را پوشانده است. پلاسما بر اثر تخلیه الکتریکی بین این دو الکترود تشکیل می‌شود. همچنین ورودی گاز نیز در این الکترود شیشه ای تعبیه شده است. شکل ۲ نما از مقابل جت پلاسما را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمای ظاهری جت پلاسما

۲-۳- کپسول گاز

در ست آزمایشی پیشنهادی کپسول گاز پس از عبور از رگولاتور به وسیله لوله از کنار تیوپ شیشه ای وارد لوله می‌شود و در حوالی الکترود شکسته شده و پلاسما تشکیل می‌شود و تا انتهای لوله انتشار می‌یابد و از انتهای لوله جت خروجی قابل مشاهده است. در سیستم پیشنهادی از گاز هلیوم ۹۹/۹۹ درصد استفاده شد. در شکل ۳ کپسول هلیوم و رگولاتور نشان داده می‌شود.



شکل ۳: پلاسما جت و اتصال کپسول گاز هلیوم ۹۹/۹۹ درصد به همراه رگولاتور

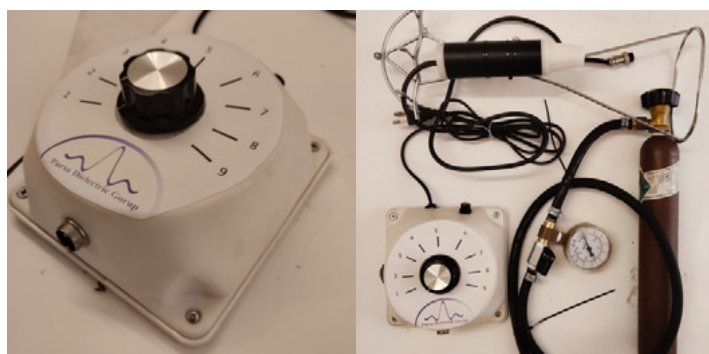
۴-۲- اتصالات اندازه گیری

به منظور تنظیم و کنترل شارش گاز می بایست شیرگازی به همراه اتصالات لازم در مسیر گاز ورودی به تیوب شیشه ای قرار بگیرد. همچنین به منظور کنترل شارش گاز نیز می بایست از وسیله اندازه گیری استفاده شود. شکل ۴ تجهیزات کنترل و تنظیم شارش گاز را نشان می دهد.

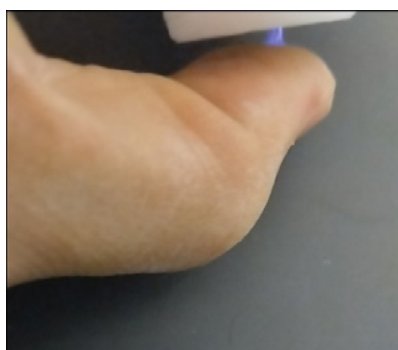
۳- نتیجه گیری

مطابق شکل ۴ در این پژوهش یک ست آزمایشگاهی به روش جت پلاسما با قابلیت امکان تغییر مشخصات منبع تغذیه شامل: فرکانس و دامنه ولتاژ و همچنین تغییر نوع گاز و میزان شارش گاز به صورت یک محصول یک پارچه و با قابلیت سهولت در حمل و نقل را طراحی و ساختیم.

شکل ۴: ست آزمایشگاهی جت پلاسما



جت پلاسمایی از دو الکتروود مسی و آلومینیومی تشکیل شده و ساختار این جت به نحوی است که پلاسمای تولید شده توسط آن برای تابش به روی سطح نمونه دارای اندازه مناسبی می باشد. همان گونه که در شکل ۵ مشخص است با قرار دادن نمونه زیر جت پلاسما و تنظیم میزان شارش گاز مورد نیاز محیط پلاسما تشکیل و به بیرون از آن منتقل خواهد شد.



شکل ۵: شارش پلاسماجت به نمونه

از جمله ویژگی های ست آزمایشگاهی پیشنهادی می توان به این نکات اشاره کرد که در بدنه این جت از عایق نسوز استفاده شده که این مدل عایق بندی بهتری را خواهد داشت که موجب عدم تشکیل پلاسما در بدنه شود و در نتیجه میزان هدر رفت انرژی را بسیار کمتر می شود. وجود عایق بندی مناسب در داخل بدنه جت موجب می شود که از بروز آرک های غیر قابل پیش بینی جلوگیری شود. در ساختار جت طراحی شده، پلاسما دقیقا در سر جت تشکیل شود و سر جت در مجاورت هوا قرار دارد و به همین دلیل در آن محدوده افزایش غلظت NO را به همراه دارد. از دیگر مزایا می توان به آن حجم کم، کاربری آسان، قیمت اقتصادی مناسب، سرعت بالا و باریک بودن نازل نیز اشاره کرد.

۴- سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه پرسنل شرکت پارسا الکترونیک کمال تشکر و قدردانی را داریم.

- [1]. Liu, P., Wang, G., Ruan, Q., Tang, K., & Chu, P. K. (۲۰۲۱). Plasma-activated interfaces for bio-medical engineering. *Bioactive materials*, ۶(۷), ۲۱۳۴-۲۱۴۳.
- [2]. X. Lu, M. Laroussi and V. Puech, *Plasma Sources Sci. Technol.*, ۲۱, ۰۳۴۰۰۵-۱-۱۸, ۲۰۱۲.
- [3]. K. G. Kostov et al, Surface modification of polymeric materials by cold atmospheric plasma jet, *Applied Surface Science* ۳۱۴, ۳۶۷-۳۷۵, ۲۰۱۴.
- [4]. R. Ebrahimnezhad Darzi, F. Sohbatzadeh (۲۰۲۰). Investigating the effect of grooves on the surface of the plasma carrier tube on plasma bullet's velocity, ۷th Iranian Plasma Engineering and Plasma Physics Conference (PEP۲۰۲۰)
- [5]. Liu, Yi, et al. "Optimization Design of a Repetitive Nanosecond Pulse Generator Based on Saturable Pulse Transformer and Magnetic Switch." *IEEE Transactions on Plasma Science* ۴۳.۹, ۲۰۱۵.

Designing and constructing a portable plasma jet laboratory device for use in the medical field

H. Anisi^{۱*}, A. Arab^۲

M. Lafuti^۳, M. Hasan^۴

^۱ Research and Development Parsa Dielectric Group

^{۲&۴} Department of Medical Engineering, Islamic Azad University, South Branch of Tehran.

^۳ Islamic Azad University Damavand Branch

*Corresponding Author's E-mail: h_anisi@yahoo.com

Presenter's E-mail: amirrezaarab۵۵۳@gmail.com

Abstract

The design and construction of a portable cold atmospheric plasma jet laboratory set is investigated in this research. Among its advantages are small volume, easy to use, reasonable economic price, high speed and narrowness of the nozzle, so that its flow makes it possible for the plasma to reach the entire space of the well. The laboratory set consists of ۴ parts: power supply, gas capsule, plasma jet and gas flow measurement connections. One of the challenges of using plasma jet in the medical field is the ability to install a suitable and sterile space for processing with the plasma. Other challenges include the insulation limitations for the safety of working with high voltage, which in this proposed plan tries to eliminate the desired defects.

Keywords: portable Plasma jet, laboratory set, plasma medicine

بررسی امکان توسعه محیط زیست در صنایع کوچک و متوسط از راه تکنولوژی تولید پاک با توجه به مدیریت پسماند

سید محمد حجت خراسانی^۱

۱- گروه مهندسی شیمی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، ایران

m_hajji_khorasani@yahoo.com

چکیده

در این مقاله سعی بر این است که مسائل زیست محیطی و تاثیر صنایع در تغییرات اکولوژیکی با توجه به مدیریت پسماند مورد بررسی قرار گیرد. البته محدود کردن رشد آلودگی در محیط زیست بحث گسترده تری را می طلبد.

منظور از توسعه صنعتی مطلوب و منطبق با محیط زیست، یافتن راه حل مشخصی برای ورود به این حیطه است و اجرایی ساختن توصیه ها منوط به کارگیری تکنولوژی نوینی است که به تکنولوژی تولید تمیزتر بر پایه مدیریت پسماند معروف گشته است. که در اینجا موضوع اصلی بحث خواهد بود و ابزارها و روشهایی برای تعیین فرصتهای بکارگیری این تکنولوژی معرفی خواهد گردید. که عمده این ابزارها عبارتند از: ممیزی کاهش زباله و ضایعات، ممیزی اثرات تخریبی صنعت بر محیط زیست، تجزیه و تحلیل عمر مفید محصول تولیدی و تجزیه و تحلیل تاثیرات اکولوژیکی.

واژه های کلیدی: تکنولوژی تولید تمیزتر، آلودگی محیط زیست، کاهش زباله، ممیزی اثرات زیست محیطی، صنایع کوچک و متوسط، مدیریت پسماند

۱- نگاه اقتصادی در پسماند

در کشورهای در حال توسعه، صنایع سالانه حدوداً ۳/۶ درصد رشد دارند که بالطبع موجب رشد آلودگی در حدود ۱/۸ درصد خواهد بود. عموماً رشد صنعتی منطبق با رشد جمعیت نبوده و در کشورهایی که ضریب رشد جمعیت بیش از رشد صنعتی باشد، موجب بروز مشکلاتی نیز خواهد شد. اما به هر حال در کشورهای در حال توسعه نیز کمتر از ۱۵ درصد از کل درآمد ناخالص ملی به بخش صنعت اختصاص دارد و این بدین معنی است که بسیاری از فرصت‌های صنعتی هنوز به وقوع نپیوسته و این کشورها همچنان در راه رشد صنعتی و در نتیجه افزایش آلودگی و پسماند خواهند بود. [۱]

۲- اثرات زیست محیطی

تأثیر صنایع بر روی محیط زیست را می‌توان از دیدگاهی به دو دسته منطقه ای، ملی و جهانی تقسیم بندی نمود و موارد ذیل را بر شمرد:

- تغییر آب و هوای دنیا
- ریزش بارانهای اسیدی
- آلودگی جو زمین (اتمسفر)
- آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی
- نابودی زمینهای حاصلخیز
- پراکندگی زباله ها و ضایعات خطرناک و شیمیایی سمی

که همه این موارد برخاسته از فعالیتهای صنعتی بوده و بطور مستقیم یا غیر مستقیم با مصرف انرژی ارتباط دارند. [۱]

۱-۲- آلودگی جو زمین و پسماند

آلودگی هوا بر اثر وجود گازهای ناشی از احتراق یا ذرات معلق در جو بوجود می‌آید که برای زندگی انسانها، حیوانات و گیاهان مضر بوده و یا به شرایط زندگی آنها صدمه وارد می‌کند. میزان تأخیر این آلودگی بستگی به ترکیبات شیمیایی، تمرکز و مدت حضور آنها در پسماند دارد.

احتراق سوختهای فسیلی برای تولید انرژی و یا حمل و نقل مهمترین منبع این آلودگی است و رشد شهرنشینی نیز تأثیر به سزایی در آلودگی هوا دارد.

در مورد آلودگیهای داخل ساختمانها، عدم تهویه مناسب خصوصاً در محیط آشپزخانه ها که در آنجا از اجاقهای با راندمان پایین و یا احتمالاً سوختهای بیوماس و زغال چوب استفاده می‌شود، مهمترین منشاء آلودگی در پسماند است. [۲]

این آلودگیها شامل SO_x ، NO_x ، ذرات جامد معلق، هیدروکربنها (HC)، منواکسید کربن و سرب می‌باشند که البته سایر ترکیبات نیز بخشی از آن را تشکیل می‌دهد.

۲-۲- آلودگی آبها

بسیاری از زباله های ارگانیکی که از صنایع کشاورزی و غذایی حاصل می‌شود و بعضاً مدفوعات انسانی و حیوانی، اگر به محیط طبیعت تخلیه گردد، موجب آلودگی می‌شود. به هر حال در خالت تمرکز زیاد، این زباله ها محیط زیست را تخریب خواهند نمود. مخصوصاً وقتی که تجزیه شدن آنها، اکسیژن مورد نیاز سایر موجودات را نیز مصرف کند.

سایر مواد مانند فلزات و بعضی از مواد شیمیایی تحت شرایط طبیعی تجزیه نمی‌شوند و در محل تخلیه انباشته می‌گردند و به تدریج جذب گیاهان و حیوانات شده و از این راه وارد زندگی انسانها می‌شوند و خطرات جدی برای زندگی و سلامتی خواهند داشت.

آلودگی ها از طریق هوا و یا رودخانه ها به محیط اقیانوس می‌رسند و بسیاری از فلزات و بعضی از ترکیبات شیمیایی مانند DDT نیز از طریق هوا به دریا می‌رسند.

آبهای سالم و تازه عموماً به دلیل تخلیه مستقیم زباله و ضایعات تصفیه شده از شهرها و صنایع، آلوده می‌گردد و بطور غیر مستقیم نیز از طریق آبهای کشاورزی و زباله های سمی منتشره در زمین آلوده می‌شوند.

آبهای آلوده نه تنها اجزاء ارگانیکی آلودگیها را از زباله های تصفیه نشده منتشر می‌کنند بلکه موجب ایجاد مشکلاتی در ارتباط با سلامتی انسانها نیز می‌شوند مثلاً و با که از طریق آب آلوده منتشر میشود. [۳]

۳-۲- از بین بردن زمین

این اثر زیست محیطی به معنی کاهش قدرت و توان خاک کشاورزی است که بر اثر روشهای کشت نامناسب ایجاد می شود و نه تنها کاهش حاصلخیزی را به دنبال دارد بلکه موجب افزایش نمک در خاک می شود و فرسایش خاک را به دنبال دارد.

نابودی خاک همچنین بر اثر موادمی نیز ایجاد می شود.

۴-۲- زباله های خطرناک و شیمیایی سمی

مواد شیمیایی از اجزاء مهم صنعت مدرن هستند و تولیدات شیمیایی یکی از مهمترین محصولات صنایع می باشند که با افزایش سهم تولیدات شیمیایی خصوصاً تولیدات مصنوعی، ضایعات این کارخانجات نیز به زندگی انسانی و اکوسیستم صدمات را وارد می کند. صنعت مهمترین منبع انتشار این زباله ها چه به صورت ضایعات و چه به صورت بروز اتفاق است البته بسیاری از مناطق مسکونی، بیمارستانها، تعمیرگاه ها و مزارع نیز در این آلودگی سهیم هستند.

به طور کلی سالانه قریب ۴۰۰ میلیون تن مواد سمی شیمیایی تولید می شود که سهم امریکا ۸۰ درصد از آن است. یک روش دفع این زباله ها دفن در خاک است که در بسیاری از حالات کاملاً موثر نیست [۳]

۳- صنعت و آلودگیهای محیط زیست

صنایع از بوجود آوردن آلودگیهای اصلی مشکلات زیست محیطی هستند که در فوق مورد اشاره قرار گرفت و ارتباط مستقیمی بین انرژی مصرفی در صنعت و مسائل زیست محیطی وجود دارد یعنی مصرف غیر بهینه سوختهای فسیلی و مصرف مواد اولیه نامناسب، سبب می شود تا ضایعات و تلفات انرژی به ازای مقدار مشخصی از تولید افزایش یابد. از بین بردن زباله ها و ضایعات پسماندی نیز موجب مصرف انرژی می گردد.

کشورهای صنعتی از زمان شوک اول و دوم نفتی در سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸ تلاش گسترده ای را برای مصرف بهینه انرژی در صنعت ورهانیستن صنعت از وابستگی به مصرف زیاد انرژی نموده اند که در این امر نیز کاملاً موفق شدند ولی در کشورهای در حال توسعه و در حال صنعتی شدن (همچون کشور ما) هنوز این موفقیت حاصل نشده است.

صنایعی که بیشترین رشد را در این کشورها دارند، کارخانه های تولیدی، معادن، بخش خدمات و ساخت و ساز هستند که در این میان کارخانجات تولید کننده تجهیزات، بیشترین آلودگی را به دنبال دارند و مصرف انرژی آنها نیز زیاد است و به عبارت دیگر شدت مصرف انرژی به تولید در این صنایع زیاد است. [۴] (همچون:

- فولاد و آهن

- فلزات غیر آهنی

- کانیهای غیر فلزی

- صنایع شیمیایی

- چوب و کاغذ

همانگونه که ذکر گردید، کشورهای در حال توسعه به سمت صنعتی شدن پیش می روند و این بدین معنی است که پیامدهای زیست محیطی نیز افزایش خواهد یافت، بنابراین باید راه حلی برای کنترل رشد آلودگی پیدا نمود به طوری که توسعه صنعتی محقق شده و محیط زیست نیز حفظ گردد. یکی از این روشها و راه حلها توسط سازمان توسعه صنعتی سازمان ملل متحد (UNIDO) مطرح گردیده که به توسعه صنعتی مطلوب و منطبق با محیط زیست معروف است. [۴]

۴- توسعه صنعتی مطلوب و منطبق با محیط زیست

منظور از عنوان فوق الذکر عبارتست از:

توسعه صنعتی که منافع اقتصادی و اجتماعی را برای نسل حاضر تامین می نماید بدون آنکه توانایی نسل آینده را برای دسترسی به نیازهای محدود کند و همچنین منابع اصلی طبیعی را دچار نقصان و نابودی نکند.

برای رسیدن به این اهداف در صنعتی شدن باید سه پارامتر مهم زیر را مدنظر قرار داد.

• طبیعت باید حفاظت گردد

• از منابع اولیه به نحو بهینه استفاده گردد

• تعادل مورد ترویج قرار گیرد

• معیارهای حفظ طبیعت اغلب به صورت استانداردهای اجباری و قانونی بکار برده می شود.

در این معیارها هدف اصلی تغییر تکنولوژیکی و تغییر کاربرد مواد اولیه و روش تولید است، به طوری که آلودگی کلی (چه در سطح منطقه و چه در سطح جهانی) کاهش یابد. به عنوان مثال در مورد انرژی بخشی از این استانداردها بر بکارگیری منابع تجدیدپذیر به جای منابع انرژی فسیلی تأکید دارند.

استفاده بهینه از منابع اولیه به معنی به حداقل رساندن ورودیهای صنعت است که به عنوان مثال می توان به انرژی به ازای هر واحد محصول تولیدی (شدت انرژی) اشاره نمود. [۴]

آخرین پارامتر، تعادل، را باید در یک چرخه مداوم مدنظر قرار داد که به تصمیم گیریهای سیاسی نیز مربوط می شود. در سطح ملی تعادل به این معنی است که معمولاً صنایع کوچک نقش کمتری در آلودگی محیط زیست دارند و صنایع بزرگ باید کنترل بیشتری را در این باره اعمال نمایند. و در سطح جهانی تعادل به این معنی است که کشورهای صنعتی باید به کشورهای در حال صنعتی شدن کمک کنند تا به تکنولوژیهای منطبق با محیط زیست دست یابند و این کشورها نیز قادر باشند تا به همان منافع اقتصادی و اجتماعی بدون ایجاد آسیب بیشتر به محیط زیست برسند.

این پارامتر را می توان برای نسل آینده نیز معنی کرد یعنی آنها هم در منابع طبیعی موجود سهیم بوده و نسل حاضر موظف به حفظ این منابع برای آنان هستند.

سوالاتی که در اینجا مطرح می گردد این است که چطور می توان به اهداف فوق رسید؟ و چگونه می توان روش اجرایی را برای حصول پارامترهای مذکور انتخاب نمود؟

پاسخ به این سوالات در تکنولوژی تولید تمیزتر نهفته است که هسته مرکزی توسعه صنعتی مطلوب محسوب می گردد. [۴]

۵- تولید تمیزتر در صنایع (Cleaner Production)

تولید تمیزتر را می توان به عنوان "تدوین یک استراتژی جامع از مجموعه سیاستهای زیست محیطی تعریف نمود که بر اثر اجرای آن، تأثیرات منفی فرآیندها و محصولات صنعتی بر روی انسانها و محیط زیست به حداقل می رسد".

برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست طی سالیان گذشته روشهای مختلفی بکار گرفته شده است که همواره به سمت بهبود پیش رفته است.

- در ابتدا سعی می شد تا با رقیق سازی (Dilution) آلودگیهای ناشی از فرآیندهای صنعتی، تأثیرات منفی آن را بر روی محیط اطراف کاهش دهند.

این روش زمانی مورد استفاده قرار می گیرد که میزان زائدات (تلفات) در مقایسه با حجم محیط اطراف کوچک و کم باشد.

- با پیشرفت تکنولوژی، فعالیتها به سمت درمان (Treatment) پیامدهای ناشی از آلودگی متمرکز گردید.

در این روش تنها آلودگی از جریان زائدات جدا گردیده و سپس زائدات به محیط منتقل می گردد. این روش، راه حل مناسبی برای درازمدت نیست، زیرا ظرفیت محیط زیست برای جذب زائدات بسیار محدود است. همچنین هزینه های زیاد این روش مانعی بر سر راه اجرای کامل آنها به شمار میرود.

- نهایتاً در سالهای اخیر با بکارگیری استراتژی "تولید تمیزتر" در صنایع آلوده کننده، سعی می شود تا از ایجاد آلودگی احتراز گردد. (Avoidance)

با وجود اینکه صنایع، هزینه های ناشی از رفع و دفع آلودگی را به صورت هزینه های اضافی و ناخواسته ثبت می کنند، ولی در اغلب کشورهای توسعه یافته، قوانینی در زمینه اجتناب از تولید زائدات ثبت می کنند، ولی در اغلب کشورهای توسعه یافته، قوانینی در زمینه اجتناب از تولید زائدات بیشتر وجود دارد که صنایع مشمول این قانونها، موظف به رعایت آن هستند.

در "تولید تمیزتر" از شکل گرفتن آلودگیهای مضر به حال انسانها، حیوانات و بطور کلی محیط زیست جلوگیری می گردد.

در فرآیندهای تولید با صرفه جویی در مواد خام و انرژی، حذف فرآیندهای شامل مواد سمی، کاهش کمیت و نشت مواد سمی و زائدات می توان تولید تمیزتری را ارائه داد.

در فرآیندهای صنعتی، توسط طراحی مناسب خط تولید می توان اثرات زیست محیطی سیکل تولید، از مرحله آماده سازی مواد خام

برای تولید تا مرحله بسته بندی محصول برای ارائه به بازار، را به حداقل رسانید. [۵]

تأثیرات مثبت اجرای تکنولوژی "تولید تمیزتر" منحصر به محیط زیست نمی گردد بلکه مزایایی را مستقیماً عاید صنایع می نماید که به عنوان مثال می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- صرفه جویی در هزینه های تولید از طریق کاهش تلفات انرژی و مواد خام

- افزایش راندمان واحد تولیدی

- انسجام بهتر خط تولید و بالا رفتن کیفیت محصول

- بازیافت مواد زائد

اغلب فعالیت های مرتبط با "تولید تمیزتر" را می توان با هزینه کم به انجام رسانید و در بسیاری از موارد به تکنولوژی و تجهیزات جدید نیز نیاز نمی باشد.

تکنیکهای "تولید تمیزتر" به پنج دسته قابل تقسیم است:

قبل از تولید:

۱- جایگزینی مواد اولیه (Input subsituation)

حین تولید :

۲- اقدامات بدون هزینه (Good housekeeping)

۳- تغییر تکنولوژی (Technology Modification)

بعد از خط تولید:

۴- تغییر در محصول نهایی (Product Modification)

۵- بازیافت مواد در محل (On site recovery)

صنایعی که بیشترین پتانسیل را برای اجرای سیاستهای "تولید تمیزتر" دارند به ترتیب عبارتند از: صنایع غذایی، دارویی، خودروسازی، تولید محصولات فلزی و شیمیایی.

بطور تقریبی فعالیتهای شامل ۲۸ درصد اقدامات بدون هزینه، ۲۲ درصد جایگزینی مواد، ۳۹ درصد تغییر تکنولوژی، ۱۰ درصد بازیافت مواد و یک درصد طراحی مجدد خط تولید می گردد.

زمان برگشت سرمایه برای کلیه فعالیتهای مذکور بسیار کوتاه می باشد و براساس تجربیات موجود حداکثر به سه سال می رسد و از طرق زیر سرمایه گذاری انجام شده بازگشت خواهد نمود:

- کاهش مواد خام

- کاهش هزینه های کارگران

- کم شدن مصرف انرژی

- کم شدن هزینه های تعمیر و نگهداری

- کاهش هزینه های مدیریت اضافی

- بهبود ایمنی کارگران

- کم شدن محصولات نهایی بازگشتی [۶]

۶- انرژی و تولید تمیزتر

انرژی در بخش صنعت کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه یافته صنعتی به مراتب غیر بهینه تر مصرف می شود. انرژی مصرفی به ازای هر میلیون دلار تولید ناخالص در کشورهای در حال توسعه، بطور متوسط ۴۴۰ تن معادل نفت خام است. در حالی

که در کشورهای توسعه یافته این رقم ۲۹۰ تن معادل نفت خام می باشد. بنابراین پتانسیل عظیمی برای صرفه جویی انرژی در این کشورها وجود دارد که مسلماً مزایای عمده ای برای محیط زیست نیز به دنبال خواهد داشت.

انرژی عنصر ورودی فرآیندهای صنعتی است و بنابراین کاربرد استراتژی تولید تمیزتر، کاهش در مصرف انرژی را هم در بر خواهد گرفت. ذیلاً بعضی از روشهای کلی صرفه جویی انرژی در صنایع عنوان می گردد.

- کنترل سرعت فن ها، پمپها و مخلوط کن ها

- بازیافت حرارت خروجی اضافی

- کنترل د رجه حرارت، دبی و بار

- تولید همزمان بخار و توان الکتریکی

صرفه جویی انرژی، کاهش آلودگی را به دنبال دارد و از طرف دیگر کاهش آلودگی سبب کاهش مصرف انرژی می شود. به عنوان مثال استفاده مجدد از فلزات و بازیافت مواد اولیه در فرآیندهای صنعتی، انرژی کمتری را برای مراحل بعدی تولید نیاز خواهد داشت (نسبت به مواد نو)

۷- ابزارهای تجزیه و تحلیل برای مشخص کردن فرصتهای بکارگیری تکنولوژی تولید تمیزتر

چهار ابزار اصلی و پایه ای وجود دارد که می تواند فرصتهای موجود در صنایع را برای صرفه جویی انرژی و کاهش آلودگی زیست محیطی مشخص نماید این چهار ابزار عبارتند از:

- ممیزی کاهش ضایعات

- ممیزی اثرات تخریبی صنعت بر محیط زیست:

با این ممیزی اثرات تخریبی و ناهمگون با مقررات موجود زیست محیطی مشخص می گردد و زمینه را برای استانداردهای آتی فراهم می آورد.

- تعیین طول عمر مفید محصول تولیدی:

با این ابزار اثرات زیست محیطی تولیدی از مواد اولیه مستخرجه تا ضایعات نهایی تعیین گردیده و راهکارهای اقتصادی برای به حداقل رساندن ضایعات مشخص می شود.

- تعیین اثرات زیست محیطی:

اثرات اجرایی پروژه های صنعتی را بر روی محیط زیست تعیین می نماید و فرصتهای مناسب برای پیشگیری از بروز این اثرات را پیشنهاد می نماید. [۶]

۷-۱- مواقع و منافع استفاده از این ابزارها

- ممیزی کاهش ضایعات:

وقتی که کارخانه قصد کاهش در استفاده از مواد اولیه و انرژی ورودی و همچنین ضایعات تولید را دارد و منفعت این کار در صرفه جویی مالی ناشی از آن است.

- ممیزی اثرات تخریب صنعت بر محیط زیست

وقتی که کارخانه مجبور است تا اقدامات زیست محیطی را براساس قوانین و استانداردهای جاری تعیین کند. این کار سطح آگاهی عمومی کارکنان را در این زمینه در تمام سطوح افزایش می دهد.

- تعیین طول عمر مفید محصول تولیدی

وقتی که کارخانه جدیدی ساخته می شود یا جایی که تکنولوژیها و محصولات جدیدی جایگزین تکنولوژی و محصول قبل می گردد و موجب تعیین روشهای موثر اقتصادی می شود که اغلب سبب کاهش آلودگی و جلوگیری از آن خواهد شد. [۷]

- تعیین اثرات زیست محیطی:

وقتی که یک کارخانه جدید بوجود می‌آید یا تغییر اساسی در کارخانه موجود اتفاق می‌افتد و با انجام آن به جای هزینه‌های بالای کنترل آلودگی، روشهای کم هزینه‌ای برای پیشگیری از آن ارائه می‌شود.

۸- محدودیتها و مشکلات بکارگیری تکنولوژی تولید تمیزتر

- کمبود و ضعف منابع مالی، آگاهی عمومی، آموزش و تخصص
- کمبود و ضعف آگاهی در مورد این تکنولوژی
- کمبود و ضعف سیاستهای دولتی موثر برای تشویق صنایع در بکارگیری این تکنولوژی که از ضعف و کمبود قانونی استانداردها ناشی می‌شود.
- ترس از بالا رفتن هزینه‌ها و حذف شدن از بازار رقابتی به دلیل کاربرد نادرست تکنولوژی [۱۷]

۹- اقدامات اجرایی برای رفع محدودیتها

برای رفع محدودیتهایی که در بخش قبل ذکر گردید، لازم است تا اقداماتی را در هر بخش پیش بینی نمود این اقدامات را می‌توان برای سه بخش صنعت، دولت و سازمانهای بین‌المللی برشمرد.

صنعت:

- اندازه‌گیریهای لازم به منظور اجتناب از آلودگی
- تشویق و آگاهسازی در مورد محیط زیست و انرژی در تمام سطوح کارکنان
- تدوین و اجرای روش مناسبی در خط تولید در راستای اهداف مذکور
- توسعه بکارگیری تکنولوژیهای منطبق با محیط زیست

دولت:

- بازنگری در سیاستها و قوانین محیط زیست و انرژی
- استفاده از روش موثری برای کنترل قوانین
- تشویق بکارگیری این تکنولوژی از طریق تحقیق و آموزش

سازمان‌های بین‌المللی:

- فعال کردن منابع مالی برای حمایت از پروژه‌های مذکور
- تشویق انتقال تکنولوژی تولید تمیزتر
- تشویق به تجارت و بازاریابی و فرآیندهای منطبق با محیط زیست

۱۰- نتیجه‌گیری:

محدود کردن رشد آلودگی، افزایش محصولات صنعتی و حفاظت از محیط زیست نیازمند تدوین یک استراتژی جدید برای توسعه مطلوب صنعت است. تکنولوژی تولید تمیزتر، هسته مرکزی این استراتژی بوده و به صنایع و کارخانجات (موجود و آینده) این امکان را می‌دهد که آلودگیها و ضایعات مخرب محیط زیست خود را کاهش داده و همزمان هزینه‌های تولید را نیز کم کنند که موجب کاهش قیمت محصول تولیدی و فعال تر شدن آنها در بازار رقابت صنعتی خواهد شد.

همچنین تدوین این استراتژی به عنوان یک نیاز فوری و دارای اهمیت فوق العاده برای کشورهای در حال توسعه مطرح است تا از این راه بهترین استفاده از منابع اولیه به عمل آمده، حداقل آلودگی ایجاد شده و منابع و محیط زیست برای نسل آینده محفوظ بماند.

مراجع

- ۱- The need for Ecologically sustainable industrial development Joy Clancy, University of Twente, Netherlands ۲۰۲۲- Case studies, National cleaner production centers UNIDO, UNEP. ۲۰۲۱
- ۳- Industry, Energy and the environment Joy Clancy, Technology and development group, University of Twente, Netherlands
- ۴- Green Energy ; Biomass fuels and the environment UNEP, ISBN ۹۲-۸۰۷-۱۳۰۸-۶ , ۲۰۲۱
- ۵- Training course materials ; Ecologically sustainable industrial development UNIDO, ۲۰۲۱
- ۶- "مدیریت سبز برپایه انرژی پاک". انتشارات دانشگاه امیر کبیر. صفحه ۹۸-۱۱۵. تابستان ۱۴۰۱- سید امیر محمدپور. چاپ دوم. جلد اول
- ۷- "پسماند و تولید انرژی در دنیا". انتشارات امیری. صفحه ۴۰-۶۵ زمستان ۱۴۰۱- محمد مهدی متین. جلد دوم

استخراج مؤلفه‌های زمان فرکانسی از الکتروکاردیوگرافی گردن به منظور طبقه‌بندی ضربان قلب

فاطمه گودرزی، احسان پراندوجی، مریم عباسی، مهسا جواهری، بابک رضایی افشار*

کارشناسی مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران

دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران

دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری‌های پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده علوم و فناوری‌های پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

دکتری مهندسی پزشکی، گروه ارتز و پروتز، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: Babak.rezaee@srbiau.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: FG@mail.ir

چکیده

براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، بیماری‌های قلبی عروقی عامل اصلی مرگ و میر در سراسر جهان هستند. الکتروکاردیوگرافی، رایج‌ترین بیوسیگنال مورد استفاده برای تشخیص سریع بیماری‌های قلبی می‌باشد. در این مطالعه به بررسی چگونگی کیفیت سیگنال الکتروکاردیوگرافی اخذ شده از گردن و قابلیت استخراج ویژگی‌ها از آن‌ها و طبقه‌بندی این سیگنال‌ها پرداخته می‌شود. به همین منظور از ۲ فرد مؤنث جوان ۶ سیگنال الکتروکاردیوگرافی در سه حالت فعالیت، استراحت و حبس هوای دمی و از دو قسمت مختلف بدن (گردن و قفسه‌ی سینه) اخذ شد؛ سپس این داده‌ها با استفاده از فیلتر باترورث حذف نویز و همچنین پنجره‌گذاری شده و پس از استخراج ۲۴ ویژگی در حوزه زمان فرکانس از سیگنال، نتایج به شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه جهت طبقه‌بندی اعمال شدند. طبقه‌بند مذکور با ماکزیمم صحت ۱۰۰ درصد توانست داده‌های حاصل از الکتروکاردیوگرافی گردن و قفسه‌ی سینه را تفکیک کند. بنابراین الکتروکاردیوگرافی گردن همانند الکتروکاردیوگرافی قفسه‌ی سینه می‌تواند یک ابزار کارآمد برای استخراج ضربان قلب باشد.

کلید واژه‌ها: الکتروکاردیوگرافی (EMG)^۱، فیلتر باترورث، شبکه عصبی مصنوعی (ANN^۲)، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP^۳)، جذر میانگین مربعات (RMS)

۱. مقدمه

Electrocardiogram	۱
Artificial Neural Networks	۲
Multilayer perceptron	۳

براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، بیماری‌های قلبی عروقی (CVD^۴) عامل اصلی مرگ و میر در سراسر جهان هستند. الکتروکاردیوگرافی، رایج‌ترین بیوسیگنال مورد استفاده برای تشخیص سریع بیماری‌های قلبی می‌باشد (۱). الکتروکاردیوگرام، سیگنال بیوالکتریکی است که فعالیت الکتریکی قلب انسان را در طول زمان، با استفاده از الکترودهایی که بر روی سطح پوست قرار می‌گیرند، نشان می‌دهد و تغییرات کوچک گرما را تشخیص می‌دهد (۲-۴).

در ابتدا از سیگنال‌های ثبت شده در الکتروکاردیوگرافی برای بررسی علائم بیماری‌های قلبی، بررسی برخی از عملکردهای غیرطبیعی قلب از جمله آریتمی قلبی و اختلال هدایت استفاده می‌شد؛ اما امروزه این سیگنال‌ها علاوه بر کاربردهای مذکور، برای مقاصد دیگری نیز استفاده می‌شوند؛ به‌طور مثال، مطالعات اخیر حاکی از آن است که می‌توان از سیگنال‌های فوق برای احراز هویت انسانی استفاده کرد؛ زیرا این سیگنال‌ها کاملاً منحصر به فرد می‌باشند و می‌توان با استفاده از روش‌های ریاضی و طبقه‌بندها و ... اطلاعات ارزشمندی را از الکتروکاردیوگرام هرفرد استخراج کرد (۳، ۴).

سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی برای اهداف گوناگونی مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند؛ به‌طور مثال برای اندازه‌گیری ضربان قلب، بررسی ریتم ضربان قلب، تشخیص بیماری‌های عروق کرونری و تشخیص احساسات مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵، ۶). این سیگنال‌ها اطلاعات لازم درباره‌ی الکتروفیزیولوژی و تغییراتی که ممکن است در قلب رخ دهد، ارائه می‌کند (۲).

سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی برای کاربردهای آنی و در لحظه مورد استفاده قرار می‌گیرند، جمع آوری آن‌ها نیز آسان است (۳).

سیگنال‌های الکتروکاردیوگرام از چندین شکل موج تحت عنوان QRS، P و T تشکیل شده است؛ که مدت زمان، شکل هر موج و فاصله‌ی بین قله‌های مختلف، برای تشخیص بیماری‌های قلبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱).

سیگنال‌های نام برده را می‌توان از طریق حسگرهای متصل به سطح بدن (نوک انگشتان، قفسه‌ی سینه، مچ دست و ...) و یا حتی با استفاده از حسگرهای بدون سیم به راحتی ضبط کرد (۳).

از زمان گذشته سیگنال الکتروکاردیوگرام را با استفاده از قاعده‌ی الکتروگذاری آینه‌وون و به وسیله‌ی ۱۲ لید (۶ لید اندامی و ۶ لید برای قفسه‌ی سینه) ضبط می‌کردند اما امروزه روش‌های نوینی نیز برای این فعالیت پا به عرصه گذاشته‌اند برای نمونه امروزه با استفاده از تعداد لیدهای مختلف (۱ لید، ۲ لید و ...)، از قسمت‌های گوناگونی از بدن (سرانگشت و مچ دست و ...) و به طرق مختلف (اخذ نوار قلب از راه دور، هولتر، با استفاده از حسگرهای پوشیدنی، با استفاده از تلفن همراه هوشمند، سیستم‌های قلبی بدون پروب و الکترودهای مدرن تنو مانند) می‌توان سیگنال الکتروکاردیوگرافی را ضبط و تجزیه و تحلیل کرد (۱، ۷-۱۲).

البته لازم به ذکر است که هریک از این روش‌ها مزایا و معایبی دارند به‌طورمثال استفاده از گوشی هوشمند، دارای فضای ذخیره‌ای کم و محدودیت در سرعت شبکه هستند اما در کنار این معایب مزیت‌هایی مانند پردازش پرسرعت، قابل حمل بودن و ... را دارند (۱۱).

دستگاه‌های نظارت از راه دور که قابل پوشیدن و کاشته شدن هستند، به‌دلیل توانایی آن‌ها در نظارت مداوم بر فعالیت قلب، مراقبت‌های موثرتری را برای بیماران مبتلا به آریتمی دوره‌ای قلب فراهم آورده‌اند (۱۳).

با بررسی ویژگی‌هایی مانند مدت زمان و دامنه‌ی سیگنال الکتروکاردیوگرام می‌توان به اطلاعات مفیدی درباره‌ی سیگنال دست پیدا کرد (۱۴).

اجزای اصلی چرخه‌ی قلب شامل امواج P، QRS، T است؛ تقسیم‌بندی صحیح سیگنال الکتروکاردیوگرام به بخش‌های ضربان قلب شامل تشخیص مرزها و مکان‌های اوج این امواج است (۱۵).

پس از ثبت سیگنال الکتروکاردیوگرام با استفاده از فیلترهای مختلف حذف نویز سیگنال انجام می‌شود. پس از مرحله‌ی پیش پردازش، ویژگی‌های سیگنال با استفاده از پارامترهای آماری استخراج می‌شود و در نهایت ویژگی‌های استخراج شده با استفاده از طبقه‌بندها، طبقه‌بندی می‌شود؛ به‌طور مثال می‌توان سیگنال‌ها را به سیگنال الکتروکاردیوگرام طبیعی یا غیرطبیعی طبقه‌بندی کرد (۴).

طبقه‌بندی ضربان قلب از طریق الکتروکاردیوگرام می‌تواند به تشخیص و پیشگیری به‌موقع بیماری‌های قلبی و عروقی کمک کند. بسیاری از رویکردهای طبقه‌بندی برای ضربان قلب براساس استخراج ویژگی هستند (۳).

دو عامل اصلی بر عملکرد طبقه‌بندی ضربان قلب تاثیرگذارند: (۱) ویژگی‌های استخراج شده از سیگنال‌های ضربان قلب (۲) نوع طبقه‌بندی انتخاب شده (۱۶).

طبقه‌بندهای گوناگونی مانند ماشین بردار پشتیبان (SVM^۵)، شبکه عصبی کانولوشنال (CNN^۶)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و ...

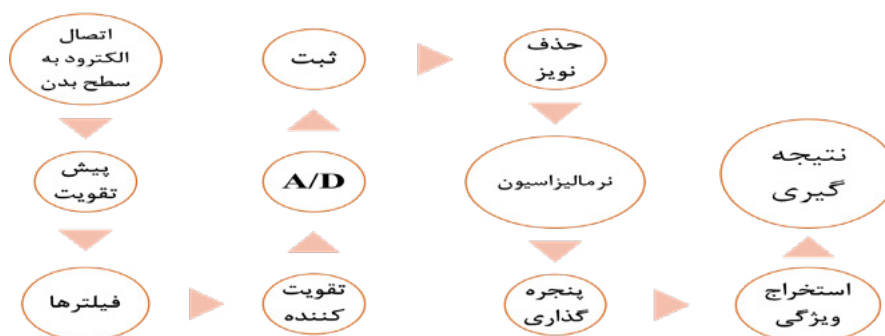
Cardiovascular disease	۴
Support Vector Machine	۵
Convolutional Neural Network	۶

موجود هستند که میزان صحت طبقه‌بندی آن‌ها برای مقاصد مختلف متفاوت است (۱، ۱۷).

طبقه‌بندی انواع ضربان قلب: (۱) ضربان‌هایی که از گرهی سینوسی منشأ می‌گیرند. (۲) ضربان‌های نابیه جای فوق بطنی. (۳) ضربان‌های نابیه جای بطنی. (۴) ادغام ضربان‌های طبیعی و بطنی (۱۲، ۱۶).

هدف از این مطالعه بررسی چگونگی کیفیت سیگنال الکتروکاردیوگرافی اخذ شده از گردن و قابلیت استخراج ویژگی‌ها از آن‌ها و طبقه‌بندی این سیگنال‌ها می‌باشد.

مراحل این مطالعه:



۲. روش تحقیق

این مطالعه شامل دو فرد جوان و سالم (دو زن) با میانگین سنی ۲۲ سال است. همه‌ی شرکت‌کنندگان به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و اطلاعات کاملی درباره‌ی وضعیت تندرستی و فعالیت ورزشی خود ارائه دادند.

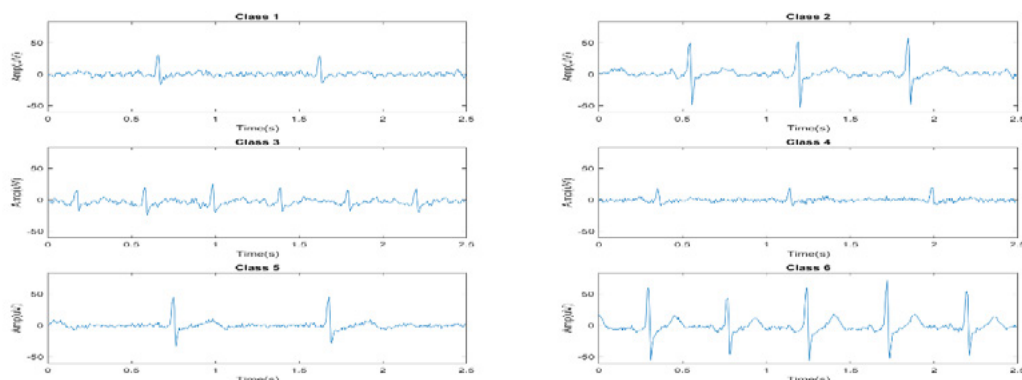
برای ثبت سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی از ماژول سابل، میکروپروسسور آردوینو، لپ‌تاپ، الکترودهای چسبی نقره/نقره کلرید، سیم‌های بردبردی و گیره‌های سوسماری کوچک سیم‌دار با سوکت اتصال به ماژول استفاده شد.

ماژول S-ECG امکان دریافت، تقویت، فیلتر و ارسال سیگنال الکتروکاردیوگرافی را فراهم می‌کند. از مشخصات فنی مهم این ماژول می‌توان به سهولت دسترسی به سیگنال، بهره‌ی ۸۸۰، حذف مود مشترک ۱۲۰dB، محدوده فرکانسی ۰.۱ تا ۶۰ هرتز و حداقل نویز ممکن اشاره کرد. ماژول سابل در بسته‌بندی شش پایه به همراه محافظ است؛ که سه پایه‌ی ابتدایی آن (از موقعیت بالای نماد موشک به سمت پایین) برای اتصال ماژول به بدن و سه پایه‌ی انتهایی آن برای اتصال ماژول به میکروپروسسور آردوینو می‌باشد. (شکل ۱)

الکترودهای ژلی چسبی نقره/نقره کلرید، به نقاط موردنظر بر روی سطح بدن (مهره‌ی گردن، کمی بالاتر از استخوان ترقوه در دو سمت گردن و سمت چپ و راست قفسه‌ی سینه) چسبانده شد.

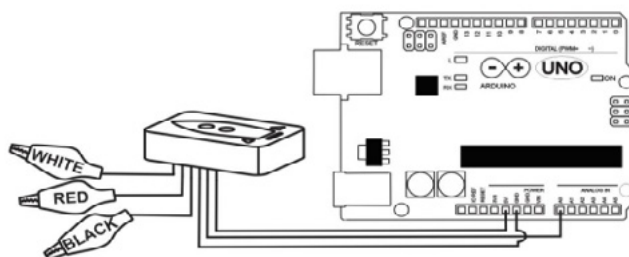
ابتدا با استفاده از سه الکترود (یک الکترود مرجع بر روی مهره‌ی گردن و دو الکترود سطحی کمی بالاتر از استخوان در دو سمت گردن) از گردن سیگنال الکتروکاردیوگرافی اخذ کردیم؛ سپس با استفاده از سه الکترود دیگر (یک الکترود مرجع بر روی سمت راست استخوان ترقوه و دو الکترود سطحی در دو سمت قفسه‌ی سینه) یک سیگنال الکتروکاردیوگرافی دیگر اخذ کردیم؛ تا بتوان به‌منظور بررسی میزان کارآمدی سیگنال ECG اخذ شده از گردن، هردو سیگنال را با یکدیگر مقایسه کرد.

در این مطالعه از هر فرد در سه حالت مختلف دو سیگنال الکتروکاردیوگرافی (یکی از گردن و دیگری از قفسه‌ی سینه) اخذ شد. در یکی از حالات افراد با حبس هوای دمی نرخ ضربان قلب خود را کاهش دادند؛ در حالت دیگر با انجام فعالیت نرخ ضربان قلب را بالا بردند؛ همچنین در حالت نرمال نیز از افراد سیگنال ECG اخذ شد.



شکل ۱- ۶ کلاس مختلف ثبت ECG

برای داده‌گیری ابتدا پوست نواحی مذکور را با کمک پنبه‌ی خیس تا حدودی سابیده تا امپدانس پوست به حداقل برسد و الکترودهای چسبی نقره/ نقره کلرید ارتباط بهتری با بدن برقرار کنند. پس از آماده‌سازی پوست، سه پایه ابتدایی مازول از سمت بالای نماد موشک به ترتیب به الکتروود مرجع (پشت گردن/ سمت راست استخوان ترقوه) و پایه‌های دوم و سوم به دو الکتروود سطحی (که در بالا اشاره شد)، متصل شدند (به کمک سیم‌های سوسماری). سپس سه پایه‌ی انتهایی مازول سابل به میکروپروسسور آردوینو (از طریق سیم‌ای بردبردی نری- مادگی) ارتباط داده شدند. پایه‌ی شماره چهار از بالای نماد موشک مازول به زمین (GND) آردوینو در بخش تغذیه برد، پایه‌ی پنجم مازول به سیگنال خروجی (A_0) قسمت آنالوگ برد و پایه‌ی ششم مازول به قسمت تغذیه‌ی ۵ ولت برد متصل شد.



شکل ۲- نحوه اتصال مازول‌ها به برد آردوینو

با استفاده از نرم‌افزار آردوینو، کد مربوط به اخذ ECG را وارد میکروپروسسور آردوینو نمودیم.

با استفاده از میکروپروسسور آردوینو داده‌های آنالوگ با ولتاژ بین صفر تا پنج ولت را دریافت نمودیم (نرخ نمونه‌برداری مناسب در این مطالعه ۱۹۰ هرتز می‌باشد). سپس از نرم‌افزار سریال اسلوسکوپ برای ثبت داده‌ها در رایانه به‌صورت فایل استاندارد CSV استفاده شد. لازم به ذکر است که فرآیند داده‌گیری باید به دور از سیستم متصل به برق شهر انجام پذیرد تا از بروز نویز جلوگیری شود. سه کابل که به‌صورت توافقی مسئولیت انتقال سیگنال‌های زیستی را از بدن به مازول برعهده دارند، باید تا حد امکان کوتاه باشد تا بروز نویز بر روی سیگنال اصلی به حداقل میزان ممکن برسد.

پس از ثبت سیگنال، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار متلب نسخه‌ی ۲۰۲۱ انجام شد؛ به این ترتیب که ابتدا سیگنال‌ها در فواصل معین پنجره‌گذاری شدند؛ سپس در هر پنجره، با استفاده از فیلترها، اصلاح سیگنال صورت گرفت و در نهایت ۲۴ ویژگی استخراج شده و پس از برچسب‌زنی در هر پنجره، ماتریس ویژگی‌ها به‌عنوان ورودی به طبقه‌بند تحویل داده شد.

فیلترها برای اصلاحات فرکانسی سیگنال‌های ورودی و حذف نویز کاربرد دارند. در این مطالعه از فیلتر باتروث مرتبه‌ی چهارم به‌عنوان یک فیلتر میان‌گذر استفاده شد. این فیلتر از از سری کردن دو فیلتر پایین‌گذر و بالا گذر ساخته می‌شود. این فیلتر فرکانس‌های بالاتر و پایین‌تر از فرکانس‌های قطع فیلترهای سازنده را تضعیف می‌کند. با بالا رفتن مرتبه‌ی فیلتر، پاسخ فرکانسی فیلتر، به پاسخی ایده‌آل نزدیک‌تر می‌شود.

پاسخ فرکانسی یک فیلتر باتروث مرتبه‌ی n از رابطه‌ی (۱) پیروی می‌کند:

(۱)

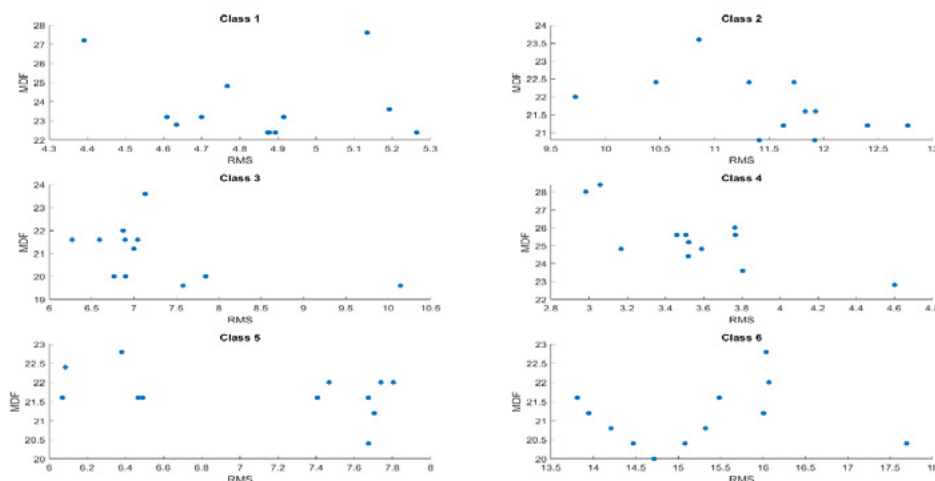
در رابطه فوق، n مرتبه فیلتر، ω برابر πf_2 و ϵ برابر با بیشینه بهره باند عبور (A_{max}) است.

پس از اخذ و فیلتر سیگنال‌ها، برای تمایز الگوهای آن‌ها، به استخراج ۲۴ ویژگی $H(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1+\epsilon^2(\frac{\omega}{\omega_p})^{2n}}}$ پرداخته شد؛ که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

جدول ۱- ویژگی‌ها در حوزه‌ی زمان و فرکانس

ویژگی	توضیحات	رابطه
MEAN	میانگین: عبارت است از مجموع تمام نقاط سیگنال تقسیم بر تعداد نقاط گسسته.	$MEAN = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$
MED	میانه: مقداری است که نیمه بالاتر را از نیمه پایینی یک نمونه داده، یک جامعه یا یک توزیع احتمال جدا می‌کند.	$MED = \begin{cases} X_{(N+1)/2}, & \text{if } N \text{ is odd} \\ \frac{X_{(N/2)} + X_{((N/2)+1)}}{2}, & \text{if } N \text{ is even} \end{cases}$
VAR	واریانس: عبارت است از مجذور مربعات انحراف از معیار سیگنال.	$VAR = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N X_i^2$
ZC	عبور از صفر: تعداد دفعاتی است که مقادیر دامنه سیگنال ECG از صفر عبور می‌کند.	$ZC = \sum_{i=1}^{N-1} [sgn(X_i \times X_{i+1}) \cap X_i - X_{i+1} \geq Threshold];$
RMS	جذر میانگین مربعات: به عنوان یک معیار از پراکندگی داده‌ها استفاده می‌شود.	$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2}$
IECG	ECG یکپارچه: ECG یکپارچه به عنوان مجموع مقادیر مطلق دامنه سیگنال ECG تعریف می‌شود.	$IECG = \sum_{i=1}^N X_i $
SSI	انتگرال مربعات ساده: مجموع مقادیر مربعات دامنه سیگنال.	$SSI = \sum_{i=1}^N X_i^2$
TM3 TM4 TM5	ممان‌های لحظه‌ای سوم، چهارم و پنجم: ممان‌های لحظه‌ای، معیارهای آماری هستند که توزیع یک سیگنال در گذر زمان را توصیف می‌کنند.	$TM3 = \left \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^3 \right $ $TM4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^4$ $TM5 = \left \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^5 \right $

$V = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^p \right)^{\frac{1}{p}}$	یک آشکارساز غیرخطی است که توان قله‌های QRS را نشان می‌دهد.	v-Order
$LOG = e^{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log(X_i)}$	آشکارساز لگاریتمی: برای اندازه‌گیری توان دامنه دینامیکی بالا مناسب هستند.	LOG
$WL = \sum_{i=1}^{N-1} X_{i+1} - X_i $	طول شکل موج: اندازه پیچیدگی شکل موج است و به عنوان طول تجمعی شکل موج در یک بازه زمانی تعریف می‌شود.	WL
$AAC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} X_{i+1} - X_i $	میانگین تغییرات دامنه: شبیه به طول شکل موج بوده با این تفاوت که در آن، مقادیر طول موج متوسط در نظر گرفته می‌شود.	AAC
$DASDV = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - X_i)^2}$	مقدار انحراف از معیار مطلق: مقدار انحراف از معیار طول موج بوده و مشابه مولفه جذر میانگین مربعات است.	DASDV
$AFB = X_i, \quad \text{if } \Delta X_i \geq \text{Threshold}$	دامنه انفجاری اول: اولین نقطه ماکزیموم استخراج شده از سیگنال بر واحد زمان.	AFB
$MNF = \sum_{j=1}^M f_j P_j / \sum_{j=1}^M P_j$	فرکانس میانگین: یک فرکانس متوسط است که به صورت مجموع حاصلضرب طیف توان و فرکانس ECG، تقسیم بر مجموع کل توان طیف محاسبه می‌شود.	MNF
$\sum_{j=1}^{MDF} P_j = \sum_{j=MDF}^M P_j = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M P_j$	فرکانس میانه: فرکانسی که در آن طیف به دو ناحیه با دامنه مساوی تقسیم می‌شود.	MDF
$PKF = \max(P_j), \quad j = 1, \dots, M$	فرکانس پیک: فرکانسی که در آن حداکثر توان تولید می‌شود.	PKF
$MNP = \sum_{j=1}^M P_j / M$	توان میانگین: یک توان متوسط از طیف توان ECG است.	MNP
$TTP = SM0 = \sum_{j=1}^M P_j$	توان کل: مجموعه‌ای از طیف توان ECG است.	TTP
$SM1 = \sum_{j=1}^M P_j f_j \quad SM2 = \sum_{j=1}^M P_j f_j^2$ $SM3 = \sum_{j=1}^M P_j f_j^3$	گشتاور طیفی اول، دوم و سوم: گشتاور طیفی یک روش تحلیل آماری جایگزین برای استخراج ویژگی‌ها از طیف توان ECG است	SM1 SM2 SM3



شکل ۳- نسبت فرکانسی و زمانی ویژگی‌های منتخب

از روش‌های استفاده‌شده در این تحقیق برای استخراج ضربان از الکتروکاردیوگرافی، استفاده از طبقه‌بند MLP است. این روش یک نوع شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد که برای طبقه‌بندی استفاده می‌شود و به‌طور گسترده در یادگیری ماشینی و پردازش سیگنال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

معماری MLP متشکل از حداقل سه لایه می‌باشد: لایه ورودی، لایه (های) مخفی و لایه خروجی. هر لایه از یک یا چندین نورون تشکیل شده است که به لایه‌های بعدی متصل هستند. ورودی‌ها به لایه ورودی وارد شده و سپس، اطلاعات از لایه‌ای به لایه‌ی دیگر منتقل می‌شود تا در نهایت خروجی‌ها تولید شوند. برای اجرای طبقه‌بند MLP در این مطالعه، ابتدا سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی از طریق الکترودها ثبت شده و به‌عنوان ورودی به شبکه وارد می‌شوند. سپس با استفاده از آموزش شبکه به وسیله‌ی داده‌های آموزشی (۳۰ درصد داده‌ها)، وزن‌ها و پارامترهای شبکه بهینه‌سازی می‌شوند. به عبارت دیگر، شبکه بر روی داده‌های آموزشی آموزش می‌بیند تا بتواند به‌طور دقیق تشخیص‌های لازم را انجام دهد.

بعد از آموزش شبکه، با استفاده از داده‌های تست، عملکرد شبکه ارزیابی می‌شود. دقت و صحت طبقه‌بندی‌های انجام‌شده بر روی داده‌های تست نتیجه‌ای از عملکرد مدل MLP در تشخیص و استخراج ضربان از سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی را نشان می‌دهد.

۳. نتایج و بحث

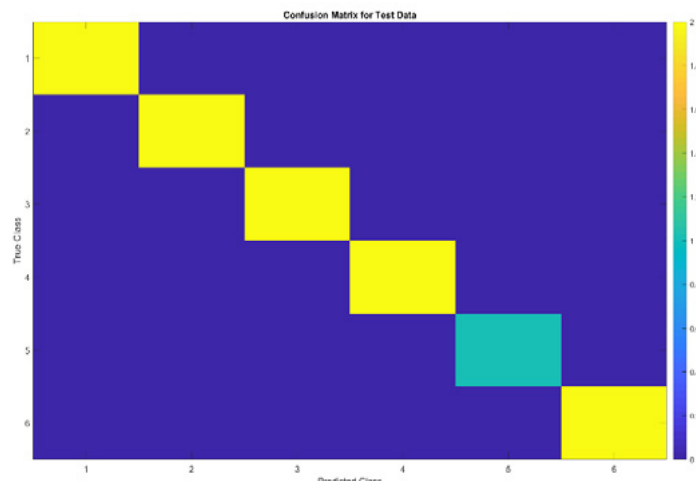
نتایج اصلی مطالعه مشتمل بر داده‌های جمع‌آوری‌شده از سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی از مشارکت‌کنندگان (۲ فرد مونث جوان) است. طی فعالیت بدنی، استراحت و حبس هوای دمی، سیگنال‌های الکتروکاردیوگرافی از قفسه‌ی سینه و گردن ضبط شد.

نتایج آماری برای مقایسه اطلاعات مرتبط با ضربان افراد کنترل و محاسبه شدند. نتایج به‌صورت گرافیکی در نمودارها و به‌صورت جدولی در جداول نمایش داده شده است. از نمودارها برای نمایش روند استفاده شده است. همچنین، جداول برای نمایش مقادیر آماری استفاده‌شده به کار رفته اند. نتایج، نشان‌دهنده‌ی تفکیک ۱۰۰ درصدی داده‌ها با استفاده از شبکه عصبی MLP می‌باشد.

جدول ۲- نتایج آماری داده‌ها

ویژگی	mean	min	max	ویژگی	mean	min	max
MEAN	0.4000	-3.5368	7.4847	WL	1.3733e+03	878.3143	2.1467e+03
MED	-0.2199	-3.8616	6.9050	AAC	2.7522	1.7601	4.3021
VAR	80.0060	8.0649	258.7409	DASDV	9.3225	2.0921	19.9446
RMS	8.2464	2.9823	17.6667	AFB	23.7451	6.1133	58.9665
ZC	102.2083	28	190	MNF	28.8089	25.1566	35.3563
IECG	2.4761e+03	985.5371	5.6056e+03	MDF	22.4667	19.6000	28.4000
SSI	4.2212e+04	4.4472e+03	1.5606e+05	PKF	8.1944	0	19.6000
TM3	1.1645e+03	39.9066	4.9959e+03	MNP	0.6545	0.0708	2.2685
TM4	1.1832e+04	34.8420	3.8594e+03	TTP	164.2701	17.7783	569.3941
TM5	4.1036e+06	1.0068e+04	2.4497e+07	SM1	28.8089	25.1566	35.3563
V-order	7.9749	2.8370	16.0693	SM2	501.5168	368.3799	772.4764
LOG	3.5655	1.2132	5.8440	SM3	1.0514e+04	7.5430e+03	1.4220e+04

در مطالعه
 گونه‌گون مانند درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان (SVM)، K-نزدیک‌ترین همسایه (KNN)، ماشین یادگیری افراتی (ELM) و... صورت گرفته است اما قدرت تفکیک هر یک از این طبقه‌بندهای مذکور کمتر از درصد ۱۰۰ بوده است (۱۶)؛ اما در این مطالعه توانستیم با به کارگیری طبقه‌بند MLP به درصد تفکیک ۱۰۰ درصد دست یابیم. بنابراین MLP یک ابزار قدرتمند برای طبقه‌بندی در این مطالعه محسوب می‌شود.



شکل ۴- میزان قدرت تفکیک طبقه‌بند MLP

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده و طبقه‌بندی با نرخ صحت حداکثر ۱۰۰ درصد (به وسیله‌ی طبقه‌بند MLP)، امکان طبقه‌بندی ضربان قلب به کمک الکتروکاردیوگرافی سطحی تک کاناله از گردن و قفسه‌ی سینه وجود دارد. در این مطالعه مشاهده شد که الکتروکاردیوگرافی اخذ شده از گردن اگرچه در مقایسه با الکتروکاردیوگرافی اخذ شده از قفسه‌ی سینه دارای کیفیت کم‌تری است، اما به‌طور کلی دارای کیفیت مطلوبی برای استخراج ضربان قلب و طبقه‌بندی می‌باشد. نتایج حاصل در مقایسه با یافته‌های مطالعات گذشته، با وجود اخذ داده‌های سبک‌تر و صرفاً تک کاناله‌ی الکتروکاردیوگرافی، نتایج مناسب‌تری می‌باشند. به نظر می‌رسد دستیابی به این امر حاصل کاهش نویز و نسبت بالای سیگنال به نویز و همچنین به کارگیری ابزاری دقیق بوده است. با توجه به نتایج فوق می‌توان از طبقه‌بندی ضربان قلب حاصل از ECG گردن، در ساخت حسگرهای مستقر بر گردن برای ثبت و پردازش سیگنال الکتروکاردیوگرافی استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، با افزایش تعداد افراد، کانال‌ها، و کلاس‌های طبقه‌بندی، به نتایجی با دقت بالاتر دست یافت.

منابع

1. Aziz S, Ahmed S, Alouini M-S. ECG-based machine-learning algorithms for heartbeat classification. Scientific reports. 2021;11(1):18738.
2. Saminu S, Özkurt N, Karaye IA, editors. Wavelet feature extraction for ECG beat classification. 2014 IEEE 6th International Conference on Adaptive Science & Technology (ICAST); 2014: IEEE.
3. Abdeldayem SS, Bourlai T, editors. ECG-based human authentication using high-level spectro-temporal signal features. 2018 IEEE international conference on big data (big data); 2018: IEEE.
4. Celin S, Vasanth K. ECG signal classification using various machine learning techniques. Journal of medical systems. 2018;42(12):241.
5. Berkaya SK, Uysal AK, Gunal ES, Ergin S, Gunal S, Gulmezoglu MB. A survey on ECG analysis. Biomedical Signal Processing and Control. 2018;43:216-35.
6. Kumar A, Komaragiri R, Kumar M. Heart rate monitoring and therapeutic devices: a wavelet transform based approach for the modeling and classification of congestive heart failure. ISA transactions. 2018;79:239-50.
7. Beach C, Krachunov S, Pope J, Fafoutis X, Piechocki RJ, Craddock I, et al. An ultra low power personalizable wrist worn ECG monitor integrated with IoT infrastructure. Ieee Access. 2018;6:44010-21.
8. Wasimuddin M, Elleithy K, Abuzneid A-S, Faezipour M, Abuzaghlh O. Stages-based ECG signal analysis from traditional signal processing to machine learning approaches: A survey. IEEE Access. 2020;8:177782-803.
9. Guven G, Gürkan H, Guz U. Biometric identification using fingertip electrocardiogram signals. Signal, Image and Video

Processing. 2018;12(5):933-40.

10. Wang Y, Yin L, Bai Y, Liu S, Wang L, Zhou Y, et al. Electrically compensated, tattoo-like electrodes for epidermal electrophysiology at scale. *Science advances*. 2020;6(43):eabd0996.

11. Shabaan M, Arshid K, Yaqub M, Jinchao F, Zia MS, Bojja GR, et al. Survey: smartphone-based assessment of cardiovascular diseases using ECG and PPG analysis. *BMC medical informatics and decision making*. 2020;20:1-16.

12. Mathews SM, Kambhamettu C, Barner KE. A novel application of deep learning for single-lead ECG classification. *Computers in biology and medicine*. 2018;99:53-62.

13. Zhang K, Robinson N, Lee S-W, Guan C. Adaptive transfer learning for EEG motor imagery classification with deep convolutional neural network. *Neural Networks*. 2021;136:1-10.

14. Dhananjay B, Sivaraman J. Analysis and classification of heart rate using CatBoost feature ranking model. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2021;68:102610.

15. Anwar SM, Gul M, Majid M, Alnowami M. Arrhythmia classification of ECG signals using hybrid features. *Computational and mathematical methods in medicine*. 2018;2018.

16. Xu Y, Zhang S, Cao Z, Chen Q, Xiao W. Extreme learning machine for heartbeat classification with hybrid time-domain and wavelet time-frequency features. *Journal of Healthcare Engineering*. 2021;2021.

17. Shaker AM, Tantawi M, Shedeed HA, Tolba MF. Generalization of convolutional neural networks for ECG classification using generative adversarial networks. *IEEE Access*. 2020;8:3. 605-5592

Extraction of time–frequency components from neck electrocardiography in order to classify heart rate

Fatemeh Goudarzi, Ehsan Paran Dawaji, Maryam Abbasi, Mahsa Javaheri, Babak Rezaee Afshar*

Bachelor of Medical Engineering, Technical and Engineering Faculty, Islamic Azad University, Tehran East Branch, Tehran, Iran

Bachelor's student, Department of Medical Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Islamic Azad University, Tehran East Branch, Tehran, Iran

Bachelor student, Department of Medical Engineering, Faculty of Medical Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Bachelor student, Department of Medical Engineering, Faculty of Medical Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

PhD in Medical Engineering, Department of Orthotics and Prosthetics, Faculty of Rehabilitation, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: Babak.rezaee@srbiau.ac.ir

Presenter's E-mail: FG@mail.ir

Abstract

According to the World Health Organization, cardiovascular diseases are the main cause of death worldwide. Electrocardiography is the most common biosignal used for rapid diagnosis of heart diseases. In this study, the quality of the electrocardiographic signal obtained from the neck and the ability to extract features from them and the classification of these signals are investigated. For this purpose, 6 electrocardiographic signals were obtained from 2 young women in three states of activity, rest and inspiratory air retention and from two different parts of the body (neck and chest); Then these data were filtered using the Butterworth filter to remove noise and also windowed, and after extracting 24 features in the time-frequency domain from the signal, the results were applied to the multilayer perceptron artificial neural network for classification. The mentioned classifier was able to separate the data from neck and chest electrocardiography with a maximum accuracy of 100%. Therefore, neck electrocardiography, like chest electrocardiography, can be an efficient tool for heart rate extraction.

Keywords: Electrocardiogram(ECG), Artificial Neural Networks(ANN), Butterworth filter, Multi-layer perceptron(MLP), Root mean square(RMS)

آنالیز رامان مواد غذایی به منظور تخمین کیفیت مواد مغذی آنها

مریم بحرینی^{۱*}، زهرا سبزواری^۲، مریم داوری^۳، سلاله منصوری^۴

۱- استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

۳- دانشجوی کارشناسی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

ir.ac.iust@bahreini_m

marryamdavari@gmail.com

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت کره زمین و تغییرات آب و هوایی، توجه‌ها به سمت صنعت مواد غذایی بیش از پیش افزایش یافته است. نیازهای غذایی با اجرای فناوریهای نوین در کشاورزی برآورده میشوند. تاکنون بررسی‌های متعددی برای ارزیابی محصولات غذایی با استفاده از روش‌های مختلف صورت گرفته است. با توجه به اینکه طیف سنجی رامان روشی سریع، غیرمخرب و کم هزینه است، می‌توان به کمک آن و تجزیه و تحلیل باندهای ارتعاشی ساختار شیمیایی مواد، مواد تشکیل دهنده و ترکیب‌های محصولات غذایی را انجام داد. در این مطالعه به بررسی کیفیت محصولات غذایی از جمله گوجه فرنگی، تخم مرغ، برخی از گیاهان برگ‌دار و آب به کمک روش طیف سنجی رامان پرداخته شده است. نتایج ما نشان می‌دهد کیفیت محصولات غذایی، با توجه به تغییر در مواد مغذی موجود در آن‌ها به کمک طیف سنجی رامان قابل اندازه‌گیری میباشد.

کلید واژه‌ها: طیف سنجی رامان، محصولات غذایی، مواد مغذی

1. مقدمه

دگرگونی فرآیندهای کشاورزی با استفاده از فناوری‌های هوشمند، کشاورزی دیجیتال نامیده می‌شود که هدف آن افزایش عملکرد و کاهش آسیب‌های زیست محیطی کشاورزی می‌باشد.^۱ کشاورزی دقیق به فناوری‌های جدید برای تشخیص سریع تنش‌های گیاهی مانند کمبود عناصر غذایی و خشکی، قبل از شروع علائم قابل مشاهده و کاهش عملکرد گیاه نیاز دارد. مواد بیولوژیکی ساختار پیچیده و ترکیب‌های شیمیایی متنوعی دارند که اغلب مولکول‌های آزمایش شده در نمونه دارای غلظت‌های بسیار کمی هستند. تا به امروز روش‌های متنوعی برای تجزیه و تحلیل ساختارهای بیولوژیکی به کار رفته‌اند. در میان این روش‌ها طیف‌سنجی رامان با توجه به مزایای بالقوه، کاربردهای زیادی دارد.^۲ استفاده از روش طیف‌سنجی رامان در کشاورزی دقیق می‌تواند ظرفیت‌های مدیریت کشاورزی، ارزیابی کیفیت محصول و تشخیص آلاینده‌های بیولوژیکی و شیمیایی را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد و در نتیجه به ایمنی مواد غذایی و سودآوری کشاورزی کمک شایانی کند.^۱ همچنین به کشاورزان و دانشمندان این امکان را می‌دهد که بر نحوه رشد و سلامت محصولات غذایی نظارت داشته باشند.^۲ طیف‌سنجی رامان این پتانسیل را دارد که به طور مؤثر میزان رسیده بودن میوه‌ها و سایر محصولات غذایی و کیفیت آن‌ها را ارزیابی و برای تشخیص زمان مناسب برداشت محصول به کشاورز کمک کند.^۱ در این مقاله برای بررسی کیفی و تجزیه و تحلیل برخی مواد غذایی از روش طیف‌سنجی رامان استفاده شده و بررسی تازگی گوجه فرنگی و تخم مرغ با مقایسه طیف‌های رامان آن‌ها طی روزهای متفاوت و شرایط نگهداری مختلف انجام گرفته است.

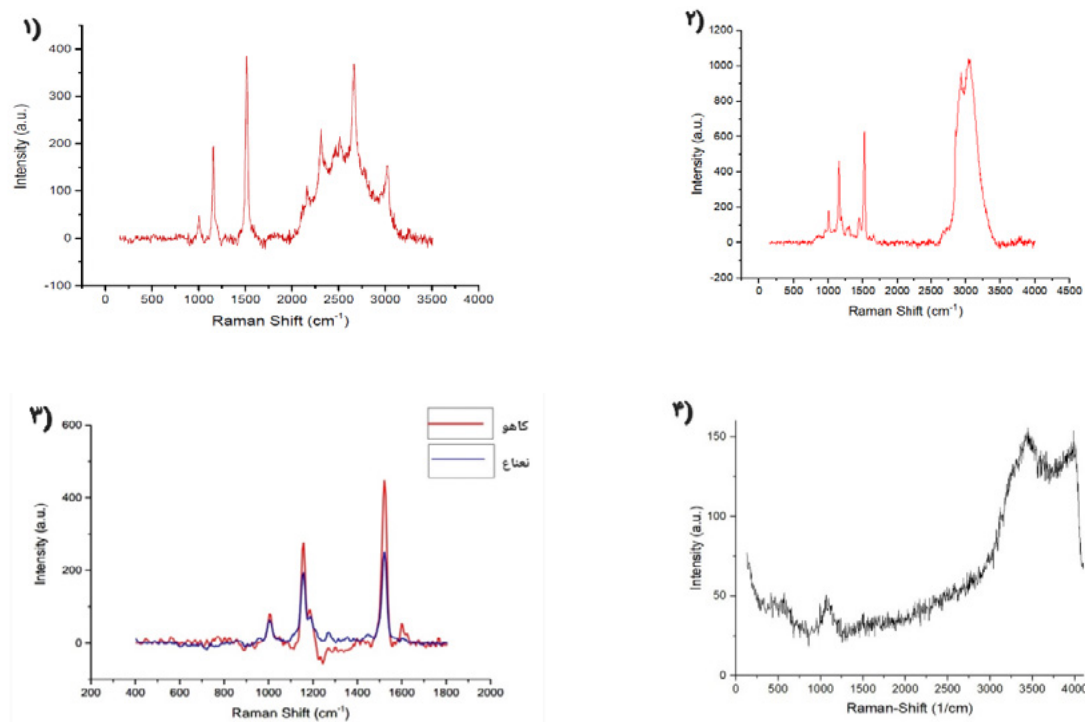
2. مواد و روش‌ها

برای ارزیابی محصولات غذایی مختلف؛ طیف رامان نمونه‌های گوجه فرنگی، تخم مرغ، گیاهان برگ‌دار و آب گرفته شدند و باندهای ارتعاشی مولکول‌های آن‌ها، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. اژدستگاه رامان Technooran (Microspectrophotometer-ram-۵۳۲-۰۰۴) استفاده شد که دارای لیزر با طول موج ۵۳۲ nm و حداکثر توان ۲۰۰ mW است. شرایط طیف‌سنجی برای گرفتن طیف‌های رامان محصولات با توجه به تفاوت ماهیت آن‌ها عبارتند از: زمان طیف‌گیری و شدت لیزر برای گوجه فرنگی، تخم مرغ، گیاهان برگ‌دار و آب به ترتیب برابر با ۴ s و ۳۰ mW، ۵ s و ۵۰ mW، ۲۰ mW و ۵۰۰ ms و ۷۰ mW. برای بررسی تازگی گوجه فرنگی، مقایسه طیف‌های رامان آن طی روزهای متفاوت انجام شد. همچنین بررسی مقایسه‌ای از تفاوت کیفیت زرده دو تخم مرغ که در دو شرایط متفاوت یکی در یخچال و دیگری در دمای اتاق نگهداری قرار گرفتند، صورت گرفت.

3. نتایج و بحث

طیف‌های رامان چند ماده غذایی (۱) گوجه فرنگی، (۲) زرده تخم مرغ، (۳) کاهو و نعناع و (۴) آب در شکل ۱، و باندهای ارتعاشی و ترکیب‌های شیمیایی مربوط به قله‌های مختلف در طیف رامان آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

با بررسی طیف رامان بدست آمده از گوجه فرنگی شکل ۱-۱، نوارهای اصلی هر سه منطقه مشخصه در محدوده عدد موج‌های 1002 cm^{-1} ، 1154 cm^{-1} و 1511 cm^{-1} مشاهده شدند. با توجه به اینکه لیکوپن نسبت به کاروتن در زنجیره اصلی خود دارای تعداد بیشتری پیوند دوگانه کربن می‌باشد، نوار ν_1 در ناحیه cm^{-1} ۱۵۱۱، حضور کاروتن‌ها را بیشتر توجیه می‌کند و نوار ν_2 در 1154 cm^{-1} بیانگر حضور لیکوپن‌ها است. نوار سوم که به نسبت ضعیف‌تر است مربوط به ارتعاش‌های کششی C-CH_3 است.^{۵و۷} براساس بررسی‌های انجام شده بر روی کارتنوئیدهای برخی محصولات کشاورزی، این نوارها به دلیل ارتعاشات فاز کششی کربن-کربن در زنجیره اصلی به وجود می‌آیند که مربوط به ارتعاش‌های ν_1 ، ν_2 و ν_3 کارتنوئیدهای α -carotene و β -carotene هستند. باندهای



شکل-۱. طیف های رامان مربوط به مواد غذایی مختلف: ۱) گوجه فرنگی ، ۲) زرده تخم مرغ ، ۳) کاهو و نعناع و ۴) آب

جدول-۱. باندهای ارتعاشی و ترکیب های شیمیایی مربوط به قله های مختلف در طیف رامان مواد غذایی

نام ماده غذایی	Tentative assignments	عدد موج [cm ⁻¹]
تخم مرغ	CH=CH	۹۵۴
گوجه فرنگی-سبزیجات	C-CH ₃	۱۰۰۲
تخم مرغ	پروتئین	۱۰۰۴
آب	HOH-2H	۱۱۰۰
گوجه فرنگی-سبزیجات- تخم مرغ	کارتئونید (C-C)	۱۱۵۸و ۱۱۵۴و ۱۱۵۰
تخم مرغ	آمید III	۱۱۸۵
تخم مرغ	اسیدهای چرب (CH=)	۱۲۶۵
تخم مرغ	تغییر شکل CH ₂ لیپیدها	۱۲۹۲
تخم مرغ	CH ₂	۱۳۰۲
تخم مرغ	لیپید، اسید چرب	۱۴۴۴
گوجه فرنگی-تخم مرغ- سبزیجات	کارتئونید (C=C)	۱۵۱۱و ۱۵۲۰و ۱۵۲۲
تخم مرغ	CH ₃ =	۲۹۳۵
گوجه فرنگی	C-H	۳۰۰۰تا ۲۰۰۰
آب	HOH-2H	۳۴۰۰
آب	H-O-H آزاد	۴۰۰۰

ارتعاشی ν_7 در محدوده $1100-1200 \text{ cm}^{-1}$ دارای پیوند یگانه C-C و باندهای ارتعاشی ν_1 در محدوده $1400-1600 \text{ cm}^{-1}$ دارای پیوند دوگانه C=C هستند.^۶ نوارهای ناحیه ی بین $2000-3000 \text{ cm}^{-1}$ به علت وجود ارتعاش های کششی C-H است. این نوار به دلیل ساختار مولکولی شان با کربوهیدرات ها همبستگی بالایی دارند. گوجه فرنگی حاوی کربوهیدرات هایی است که عمدتاً به صورت فروکتوز و گلوکز هستند. بنابراین نوارهای این نواحی مربوط به ارتعاش های پیوندهای مولکولی مرتبط با ترکیب های فروکتوز و گلوکز هستند.^۵ ماده غذایی دیگری که در رژیم غذایی ارزش بالایی دارد، تخم مرغ است. از طیف سنجی رامان برای درک

تغییرهای بیوشیمیایی در زرده ی تخم مرغ استفاده شده است. نتایج طیف رامان زرده تخم مرغ شکل ۱-۲ نشان می دهد که دارای دو نوار نسبتاً شدیدتر از سایر نوار ها می باشد. به طور کلی تعدادی نوار در نواحی بین 950 تا 3000 cm^{-1} وجود دارند. نوار در طول موج 954 cm^{-1} که شدت نسبتاً ضعیفی دارد به علت تغییر زاویه بین دو پیوند در مولکول CH=CH ایجاد میشود. نوار بعدی که نسبت به 954 قوی تر است مربوط به طول موج 1004 cm^{-1} است که این طول موج به علت وجود پروتئین ایجاد می شود.^۸ نوار در ناحیه 1158 cm^{-1} نیز به علت وجود کارتنوئیدها با پیوند یگانه ی کربن-کربن (C-C) در زرده ی تخم مرغ است.^۹ طول موج 1185 cm^{-1} به دلیل وجود گروه عاملی آمید III ایجاد می شود، که نشان دهنده ترکیبی از خمش NH خارج از فاز و ارتعاش های کششی CN است.^{۱۰} نوار رامان با طول موج 1265 cm^{-1} به علت وجود پیوند CH= در اسیدهای چرب می باشد؛ به طور دقیق اسید چربی که باعث به وجود آمدن این طول موج می شود Palmitoleic acid است. در مورد نوار به وجودآمده در طول موج 1292 cm^{-1} نیز می توان گفت که به دلیل حالت های پیچشی CH_2 در لیپیدها ایجاد می شود. زنجیره های FA به طور کلی باعث ایجاد چندین نوار بین 1200 و 1400 cm^{-1} می شوند. قابل ذکر است که پیک 1444 cm^{-1} به علت وجود CH_2/CH_3 در لیپیدها و اسیدهای چرب می باشد. همچنین وجود پیوند CH_2 باعث ایجاد نوار بعدی در 1302 cm^{-1} می شود.^{۱۱} ارتعاش کششی زنجیره آلکیل C=C زرده ی تخم مرغ که در کارتنوئیدها وجود دارد باعث به وجود آمدن نوار در طول موج 1522 cm^{-1} می شود.^{۱۰} به علت پیوند دوگانه بین تریگریسیل ها و CH_2 نیز نوار در طول موج 2935 cm^{-1} تشکیل می شود.^{۱۱}

بررسی گیاه مغذی در کاهو و نعنا با استفاده از طیفسنجی رامان در شکل ۱-۳ نشان داده شده است که قوی ترین خطوط در محدوده کشش های C=C و C-C قرار دارد. وجود نوار در 1520 cm^{-1} در طیف رامان سبزیجات کاهو و نعنا، به دلیل ارتعاش کششی C=C، نوار 1150 cm^{-1} یک ارتعاش کششی C-C و نوار ضعیف در 1004 cm^{-1} ر به دلیل کشش C-CH است.^۳

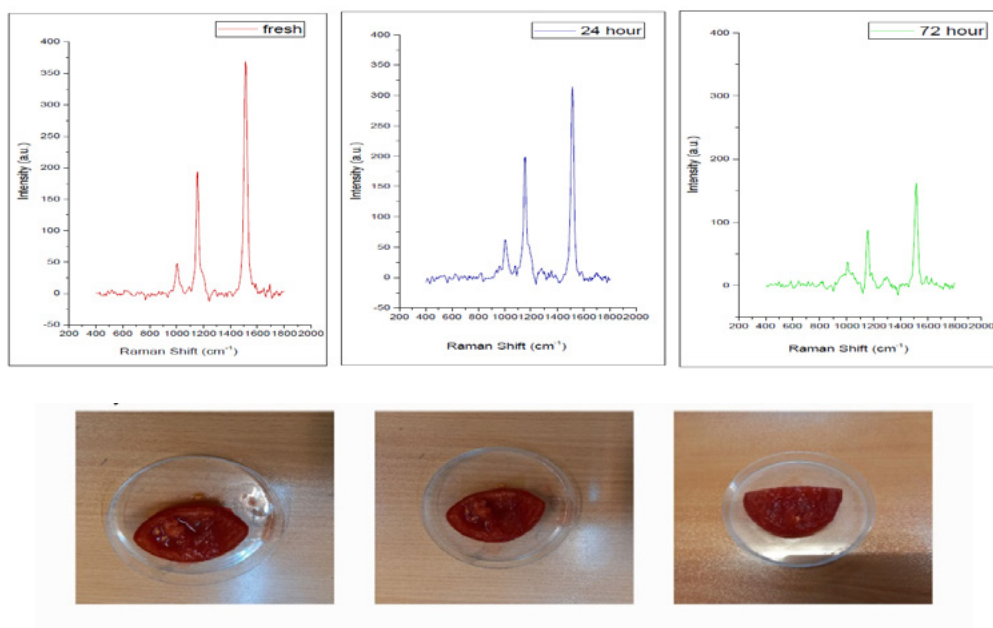
در شکل ۱-۴ نیز طیف رامان آب نشان داده شده است. پیک های طیف رامان آب را به دو دسته کلی می توان تقسیم کرد. دسته اول مربوط به پیوندهای غیرقطبی ساختارهای زمانی ۴ وجهی است که در 1100 cm^{-1} و 3400 cm^{-1} قرار دارد.^{۱۴} دسته دوم مربوط

به گروه های هیدروکسیل غیرپیوند است که در این حال برهمکنش های بین مولکولی آب-آب (واندروالس، دوقطبی) هنوز در مورد OH آزاد وجود دارد که قله ی طیف آن در 4000 cm^{-1} واقع شده است.^{۱۵} ساختار دینامیکی آب مایع و همچنین ساختار میانگین ایستا مهم است، زیرا پیوندهای هیدروژنی بین مولکول های آب دائمی نیستند و پیوندهای هیدروژنی به طور مداوم ایجاد و از بین می روند. طیف سنجی رامان معمولاً برای بررسی جزئیات ساختار دینامیکی آب استفاده می شود.^{۱۳}

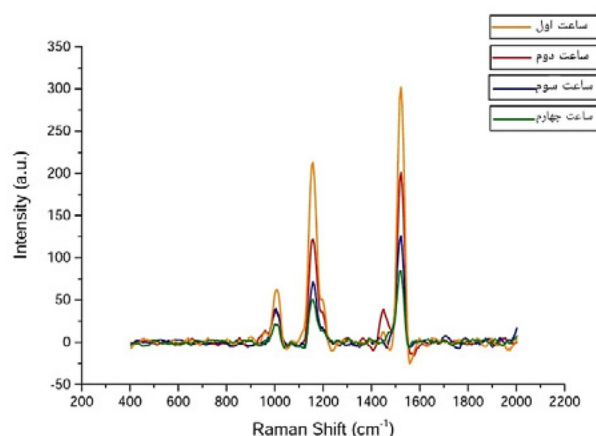
در ادامه، طیف های رامان یک گوجه فرنگی در طی روزهای مختلف گرفته شد (شکل ۲) و مشاهده شد که به مرور زمان شدت پیک های کارتنوئید آن کم می شود یعنی کیفیت محصول کاهش می یابد.^۵ باتوجه به اینکه رنگ محصولات به اندازه پیوستگی ترکیب باندهای دوگانه زنجیره ترکیب های آلی بستگی دارد، بنابراین غلظت کارتنوئیدها در شدت پراکندگی رامان موثر است.^۷ در مقالهای طیفهای رامان گونه هایی از مرکبات رسیده در طی روزهای مختلف، سیر کاهشی نوار کارتنوئید را نشان میداد.^۴

همچنین برای بررسی تغییرات ترکیب های موجود در زرده تخم مرغ با گذر زمان و تاثیر دما بر آن، در بازه های زمانی مختلف طیف رامان گرفته شد (شکل ۳). تغییرات شدت نوارهای زرده تخم مرغ که در چهار شرایط مختلف به ترتیب ۱- بلافاصله بعد از بیرون آوردن از یخچال، ۲- یک ساعت بعد از بیرون آوردن از یخچال، ۳- ۲۴ ساعت بعد درحالی که در یخچال نگهداری شد و ۴- ۲۴ ساعت بعد درحالی که در دمای اتاق نگهداری شد؛ سیر کاهشی را نشان میدهد. همان طور که گفته شد شدت نوار 1004 cm^{-1} بیانگر میزان پروتئین موجود در زرده است.^۸ شدت نوار که در 1158 cm^{-1} وجود دارد، نشان دهنده محتوای کارتنوئید است که با کیفیت و تازگی تخم مرغ ارتباط دارد.^۹ کاهش شدت پیک 1522 cm^{-1} به دلیل این است که گروه های آب-OH به طور کووالانسی به گروه های C=C در پروتئین زرده تخم مرغ متصل شده و ارتعاش C=C را ضعیف کرده اند.^{۱۲} بنابراین می توان نتیجه گرفت که نگهداری زرده تخم مرغ در دمای پایین باعث کاهش کمتر نوارهای آن و در نتیجه حفظ کیفیت آن می شود. نتایج ارائه شده در این کار نشان می دهد که طیف سنجی رامان روشی قدرتمند برای نشان دادن کیفیت تخم است.^۸

(۱)



شکل ۲-۱) طیف های رامان و ۲) تصاویر مربوط به یک گوجه فرنگی، طی روزهای مختلف



شکل ۳-۱) مقایسه طیف های رامان و ۲) تصاویر زرده تخم مرغ، در شرایط مختلف

۴. نتیجه‌گیری

پراکندگی رامان در بافت ها اطلاعات زیاد و مفیدی از ترکیب های مواد غذایی را می دهد. می توان از مزایای بالقوه طیف سنجی رامان در تعیین کیفیت محصولات غذایی بهره برد و به کمک آن میزان مواد مغذی محصولات غذایی، بهترین زمان برداشت محصولات کشاورزی و زمان مناسب ذخیره مواد غذایی را تخمین زد تا کیفیت و تازگی محصولات حفظ شود. در این تحقیق طیف های رامان گوجه فرنگی، تخم مرغ، نعنای و کاهو و آب آشامیدنی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مواد تشکیل دهنده آن ها شناسایی شدند. همچنین باتوجه به بررسی طیف های مختلف گوجه فرنگی و تخم مرغ که در بازه های زمانی مختلف گرفته شد، نشان داده شد که زمان نگهداری محصولات غذایی در تازگی آن ها تاثیر می گذارد و این اثر در شدت طیف های رامان آن ها قابل ارزیابی می باشد.

۱. Saletnik A, Saletnik B, Puchalski C. Raman Method in Identification of Species and Varieties, Assessment of Plant Maturity and Crop Quality—A Review. Vol. 27, *Molecules*. MDPI; 2022.
۲. Saletnik A, Saletnik B, Puchalski C. Overview of popular techniques of raman spectroscopy and their potential in the study of plant tissues. Vol. 26, *Molecules*. MDPI AG; 2021.
۳. Gupta S, Huang CH, Singh GP, Park BS, Chua NH, Ram RJ. Portable Raman leaf-clip sensor for rapid detection of plant stress. *Sci Rep*. 2020 Dec 1;10(1).
۴. Payne WZ, Kourouski D. Raman spectroscopy enables phenotyping and assessment of nutrition values of plants: a review. Vol. 17, *Plant Methods*. BioMed Central Ltd; 2021.
۵. Nikbakht AM, Malekfar R. Nondestructive Determination of Tomato Fruit Quality Parameters Using Raman Spectroscopy Conference Paper Electrochemical Performance of a Pyrolytic Carbon Film with the Anisotropic Micro-structure View Project Graphene synthesis by LP-PLA of graphite View project [Internet]. Article in *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2011. Available from: www.SID.ir
۶. Withnall R, Chowdhry BZ, Silver J, Edwards HGM, De Oliveira LFC. Raman spectra of carotenoids in natural products. In: *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2003. p. 2207–12.
۷. Schulz H, Baranska M. Identification and quantification of valuable plant substances by IR and Raman spectroscopy. Vol. 43, *Vibrational Spectroscopy*. 2007. p. 13–25.
۸. Kopec M, Abramczyk H, Abramczyk H, PI; HAL. Monitoring the quality of eggs depending on the hens breed-ing systems by Raman spectroscopy. Available from: <https://doi.org/10.1101/2022.02.16.480636>
۹. Hesterberg K, Schanzer S, Patzelt A, Sterry W, Fluhr JW, Meinke MC, et al. Raman spectroscopic analysis of the carotenoid concentration in egg yolks depending on the feeding and housing conditions of the laying hens. *J Biophotonics*. 2012 Jan;5(1):33–9.
۱۰. Liu Y, Chi Y, Chi Y. Water filling of rapidly salted separated egg yolks: Characterization of water migration, aggregation behavior and protein structure. *Food Chemistry Advances*. 2023 Oct 1;2.
۱۱. Czamara K, Majzner K, Pacia MZ, Kochan K, Kaczor A, Baranska M. Raman spectroscopy of lipids: A review. Vol. 46, *Journal of Raman Spectroscopy*. John Wiley and Sons Ltd; 2015. p. 4–20.
۱۲. Wang R, Ma Y, Ma Z, Du Q, Zhao Y, Chi Y. Changes in gelation, aggregation and intermolecular forces in fro-zen-thawed egg yolks during freezing. *Food Hydrocoll*. 2020 Nov 1;108.
۱۳. Murphy WF, Bernstein HJ. RAMAN SPECTRA OF WATER Raman Spectra and an Assignment of the Vibrational Stretching Region of Water¹.
۱۴. Tominaga Y, Fujiwara A, Amo Y. Dynamical structure of water by Raman spectroscopy. Vol. 144, *Fluid Phase Equilibria*. 1998.
۱۵. Malfait B, Moréac A, Jani A, Lefort R, Huber P, Fröba M, et al. Structure of Water at Hydrophilic and Hydro-phobic Interfaces: Raman Spectroscopy of Water Confined in Periodic Mesoporous (Organo) Silicas.

Raman analysis of food for use in quality evaluation of their nutrients

Maryam Bahreini^{1*}, Zahra Sabzevari², Maryam Davari³, Solaleh Mansoory⁴

¹ Assistant professor at the faculty of physics at Iran university of science and technology

² Bachelor student at the faculty of physics at Iran university of science and technology

³ Master student at the faculty of physics at Iran university of science and technology

⁴ Master student at the faculty of physics at Iran university of science and technology

m_bahreini@iust.ac.ir

marryamdavari@gmail.com

Due to the increase in the world's population and climate change, the attention towards the food industry has increased even more. Food needs are met by implementing new technologies in agriculture. So far, many studies have been conducted to examine food products using different methods. Considering that Raman spectroscopy is a fast, non-destructive and low-cost method, it can be used to analyze the vibrational bands of the chemical structure of materials, ingredients and combinations of food products. In this study, the quality of food products, including tomatoes, eggs, some leafy plants and water, has been investigated with the help of Raman spectroscopy. Our results show that the quality of food products can be measured using Raman spectroscopy according to the changes in their nutrients.

Keywords: Raman spectroscopy, Food products, Nutrients,

کاربرد استریو میکروسکوپ هایپر اسپکترال در علوم محیطی شیرین محمدخان^{۱*}، محمد ادیبی^۲، علی گلستانی^۳

^۱عضو هیات علمی دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۲پژوهشگر دانشگاه شریف، تهران، ایران

^۳دانشجوی دانشگاه تهران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.ut@mohamadkh

ایمیل ارائه‌دهنده: ir.ac.ut@mohamadkh

چکیده فارسی

استریو میکروسکوپ هایپر اسپکترال ابزاری پیشرفته است که در بررسی و شناسایی المان های محیطی کوچک مقیاس همچون گرد و غبار می توان از آن استفاده کرد. این ابزار قادر است با ترکیب دو تکنیک پرتونگاری استریو و طیف سنجی هایپر اسپکترال، تصویر میکروسکوپی از نمونه های محیطی ایجاد کند و اطلاعات زیادی در مورد آنها ارائه دهد.

این اطلاعات ما را قادر می سازد در شناسایی، پیشگیری و درمان مخاطرات محیطی به بهترین شکل ممکن واکنش نشان داده و آسیب پذیری را کاهش دهیم.

اندازه ذرات، نوع ذرات، نوع کانی های موجود، نوع سلول های مشاهده شده، تجزیه و تحلیل کمی و کیفی رسوبات، مطالعه محیط های رسوبی، فرایند های دیاژنز، خصوصیات مخازن هیدروکربنی، سنجش وجود میکرو پلاستیک ها، شناسایی انواع مواد آلوده کننده در خاک و آب، شناسایی قسمت های تخریب شده یا در حال تخریب در آثار باستانی و تاریخی، شناسایی ردیاب ها در انواع رسوبات و بسیاری موارد دیگر می تواند بخش کوچکی از استفاده های رو به رشد تصاویر هایپر اسپکترال باشد که با رشد این علم و ساخت دوربین ها و میکروسکوپ های مجهز به این تکنولوژی و همچنین بهبود الگوریتم های پردازش تصاویر از آن استفاده خواهد شد.

کلید واژه‌ها: مخاطرات محیطی، هایپراسپکترال، میکروسکوپ سه بعدی، دوربین هایپر اسپکترال، گرد و غبار، میکروپلاستیک

۱. مقدمه

استفاده از میکروسکوپ هایپراسپکترال اطلاعاتی از قبیل

۱. تحلیل طیفی: با استفاده از این نوع میکروسکوپ، می‌توان طیف تابشی را از نمونه‌ها دریافت کرد. این طیف‌ها اطلاعاتی درباره ترکیب شیمیایی، ساختار الکترونی و خواص فیزیکی نمونه‌ها ارائه می‌دهند. (Shan, ۲۰۱۸)

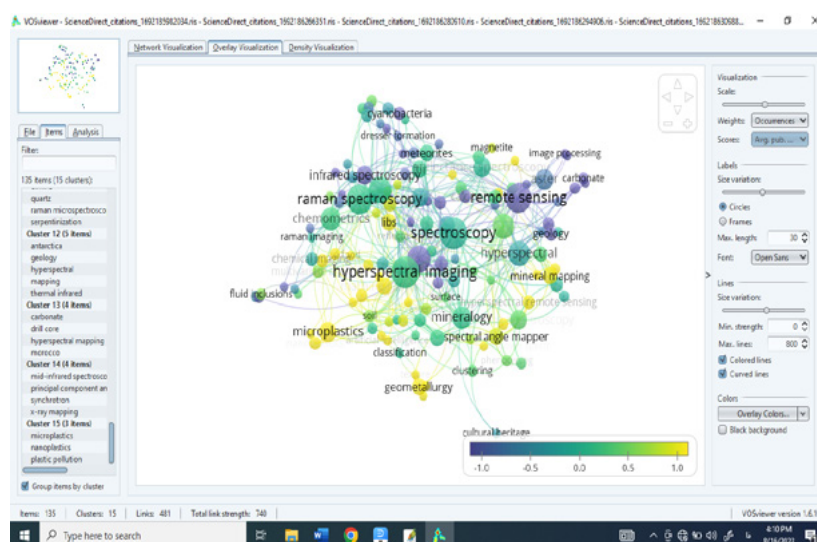
۲. تصویربرداری مولکولی: این اطلاعات می‌توانند در تشخیص و شناسایی مواد با استفاده از پردازش‌های کامپیوتری مورد استفاده قرار گیرند.

۳. تحلیل سطحی: این نوع میکروسکوپ‌ها به لطف قابلیت‌های خود در دیدن ساختارهای کوچک روی سطح، می‌توانند اطلاعاتی درباره ساختار، ترکیب و خواص سطحی نمونه‌ها را فراهم کنند.

۴. کاربردهای پزشکی: تکنیک و مطالعه بافت‌های بیماری‌زا که با چشم غیر مسلح قابل تشخیص نیستند. در اختیار ما قرار می‌دهد.

با استفاده از این اطلاعات می‌توان به اطلاعات ثانویه بیشتری دست پیدا کرد که می‌تواند سریع تر و بسیار دقیق تر منجر به نتیجه گیری مورد نیاز گردد.

با استفاده از نرم افزار VOS Viewer (شکل شماره ۱) می‌توان خوشه‌های مختلف مطالعاتی در مورد تصاویر هایپر اسپکترال را مشاهده کرد. در این شکل نقاط زرد تر تحقیقات جدید تر و نقاط آبی تیره تحقیقات قدیمی تر را نشان می‌دهند. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود دو کانون میکروپلاستیک‌ها و ماشین لرنینگ از جمله تحقیقات جدید و رو به رشدی هستند که موارد یاد شده در این مقاله را تایید می‌کنند.



شکل شماره ۱ تحقیقات مرتبط به تصاویر هایپر اسپکترال

۲. روش تحقیق

دستگاه ساخته شده از سوی این گروه پژوهشی، یک استریو میکروسکوپ هایپر اسپکترال با مشخصات زیر می‌باشد.

* بزرگنمایی اپتیکال ۴۰ تا بیش از ۲۳۰ برابر با وضوح بالا

* کندانسور ماژولار چند طیفی مرئی نور زیرین در بازه ۳۹۰ تا ۷۱۰ نانومتر

* توان وضوح عبوری ساختار اپتیکی تا حداکثر ۲۴ مگاپیکسل

* سرعت و دقت فوکوس برقی متغیر از ۰.۵ میلی‌متر تا ۱.۵ سانتی متر بر ثانیه

* لنز چشمی تعویض شونده سوپر واید فیلد ۳۷ میلی‌متر دقیق بین با وضوح بالا

* فیلتر لیزری BBAR با امکان عکسبرداری راحت با موبایل

*امکان بررسی نمونه‌های متغیر از ابعاد ۸۰۰ نانومتر تا ۲۰ سانتی متر با نرم افزار اعلام ارتفاع و دمای استیج

*دارای ریموت کنترل صنعتی کابلی

*دارای سیستم انتقال تصویر آنلاین و مولتی استریم ماژولار

*دارای مانیتور مستقل دیتا، ماژول ضبط و آرشیو پخش تصاویر

*منابع نور اصلی مستقیم و لیزر با توان ساپورت سه محدوده طیفی UV، Vis و NIR از ۲۰۰ تا ۱۱۰۰ نانومتر

*توان لیزر تا ۵۰۰mw با قدرت عبور از لکه‌های غلیظ و تیره روغنی و نفتی

*قطعات اپتوالکترونیک ژاپنی با برند های Vivitar و Sony

۳. نتایج و بحث

میکروسکوپ هایپر اسپکترال، یک تکنولوژی پیشرو است که با ترکیب میکروسکوپ الکترونی و طیف‌سنجی پراکنده، اطلاعات جالب و مفیدی درباره مواد و نمونه‌ها فراهم می‌کنند. این ابزار قادر به شناسایی دقیق مواد، تحلیل سریع و بی‌درنگ، تصویربرداری چندطیفی و دریافت اطلاعات مفصل درباره خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها هستند. استفاده از میکروسکوپ هایپر اسپکترال می‌تواند در زمینه‌هایی مانند تحقیقات علمی، کنترل کیفیت و شناسایی داروها بسیار مفید و جذاب باشد.

میکروسکوپ هایپر اسپکترال (Hyper-Spectral Microscopes) دستگاه‌های پیشرفته‌ای هستند که با ترکیب تکنولوژی میکروسکوپی الکترونی و طیف‌سنجی پراکنده، امکان تحلیل مواد و نمونه‌ها را فراهم می‌کنند. این دستگاه‌ها قادر به تحلیل طیف الکترومغناطیسی ماده در طول موج‌های مختلف هستند و به اطلاعات مفیدی درباره ترکیبات شیمیایی، ساختار مولکولی و خواص فیزیکی نمونه‌ها دسترسی می‌دهند. (Geladi, ۲۰۰۷) معمولاً میکروسکوپ هایپر اسپکترال از منابع نوری قوی مانند لیزرها استفاده می‌کنند تا نمونه مورد بررسی را روشن کنند. سپس با استفاده از طیف‌سنج‌های حساس، همه طول موج‌های پراکنده شده توسط نمونه را به دقت تحلیل می‌کنند. این طیف‌سنج‌ها قادر به جمع‌آوری اطلاعات طیفی در سریع‌ترین زمان ممکن هستند که این ویژگی برای کاربردهایی که نیاز به پاسخ فوری دارند بسیار مناسب است. با تحلیل طیف الکترومغناطیسی، میکروسکوپ هایپر اسپکترال قادر به شناسایی دقیق ترکیبات شیمیایی موجود در نمونه هستند. همچنین، با ترکیب اطلاعات طیفی در طول موج‌های مختلف، می‌توان خواص فیزیکی نمونه را نیز تجزیه و تحلیل کرد.

۴. نتیجه‌گیری

در پایان می‌توان گفت این تکنولوژی می‌تواند چالش‌های مختلف ما در علوم محیطی را در موارد مختلف ذیل برطرف کند.

۱. تحلیل و شناسایی مواد: میکروسکوپ هایپر اسپکترال قادر به آنالیز و شناسایی دقیق مواد در سطوح میکروسکوپی هستند. این به معنی توانایی تشخیص و شناسایی مواد ناشناخته، شناسایی تغییرات و ویژگی‌های مواد و همچنین تعیین مکانهای خاص در نمونه است.

۲. بررسی ساختارها و رابطه‌های ماکروسکوپی-میکروسکوپی: میکروسکوپ هایپر اسپکترال به ماکروسکوپی و میکروسکوپی همزمان مورد استفاده قرار می‌گیرند. این امکان را فراهم می‌آورند تا به بررسی ساختارها و رابطه‌های میکروسکوپی-ماکروسکوپی پرداخته شود. این در حل چالش‌های مربوط به تعیین ساختار، رابطه‌های ماکروسکوپی-میکروسکوپی و مطالعه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها کمک می‌کند.

۳. پیدا کردن عیوب و خرابی‌ها: با استفاده از میکروسکوپ هایپر اسپکترال، می‌توان عیوب و خرابی‌های مواد را تشخیص داد و تحلیل کرد. این به کاربران کمک می‌کند تا مشکلاتی مانند ترک‌ها، خوردگی، خراش‌ها و غیره را شناسایی کنند و تاثیر آنها را روی عملکرد و کارایی نمونه‌ها بررسی کنند.

۴. تحقیقات علمی و نوآوری: میکروسکوپ هایپر اسپکترال در تحقیقات علمی و نوآوری نقش بسیار مهمی دارند. آنها به محققان و دانشمندان اجازه می‌دهند تا به کشف و کاربردهای جدیدی از مواد، ساختارها و روش‌های تجزیه و تحلیل بپردازند.

۵. کنترل کیفیت و تضمین کیفیت: از طریق استفاده از میکروسکوپ هایپر اسپکترال، می‌توان فرآیندهای تولید را کنترل کرده و کیفیت محصولات را تضمین کرد. با بررسی مشخصات و ویژگی‌های مواد، می‌توان عیوب و عملکرد غیرمطلوب را شناسایی کرده و اقدامات

مناسب را انجام داد.

با استفاده از میکروسکوپ هایپر اسپکترال و امکانات آن، مخاطبان قادر خواهند بود به چالش‌های مرتبط با تحلیل و شناسایی مواد، بررسی ساختارها و رابطه‌های ماکروسکوپی-میکروسکوپی، پیدا کردن عیوب و خرابی‌ها، انجام تحقیقات علمی و نوآوری، و کنترل کیفیت و تضمین کیفیت در موارد مختلف پاسخ دهند. (Serranti, ۲۰۱۵)

سپاسگزاری

از مرکز نوآوری جغرافیا برای در اختیار قرار دادن امکانات در جهت ساخت و انجام پژوهش‌های کاربردی هسته ژئوپتومکاترونیک کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

1. Geladi, P.H. Grahn and J. Burger (Eds), Multivariate Images, Hyperspectral Imaging: Background and Equipment, Techniques and Applications of Hyperspectral Image Analysis. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 1–15 (2007).
2. Serranti, S., R. Palmieri and G. Bonifazi, "Hyperspectral imaging applied to demolition waste recycling: an innovative approach for quality control", J. Electron. Imaging ۲۰۱۵(۰۴۳۰۰۳, ۲۴). <https://doi.org/10.1117/JEI.24/4/043003>
3. shan, Jiajia, Junbo Zhao, Lifen Liu, Yituo Zhang, Xue Wang, Fengchang Wu 2018, "A novel way to rapidly monitor microplastics in soil by hyperspectral imaging technology and chemometrics, Environmental Pollution, Volume 238, ۲۰۱۸, Pages 121-129, ISSN 0269-7491
4. Wold, S., K. Esbensen and P. Geladi, "Principal component analysis", Chemometr. Intell. Lab. Syst. ۱۹۸۷(۰۲) ۵۲–۳۷, ۲). [https://doi.org/10.1016/0924-6460\(87\)90057-5](https://doi.org/10.1016/0924-6460(87)90057-5)

Application of hyperspectral stereomicroscope in environmental science

Shirin Mohammadkhan^{*1}, Mohammad Adibi^۲, Ali Golestani^۲ (Times New Roman ۱۱pt in Bold)

¹ Department of physical Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

²Sharif university, Tehran, Iran

Presenter's E-mail: mohamadkh@ut.ac.ir

Abstract

Hyperspectral stereo microscope is an advanced tool that can be used to investigate and identify small-scale environmental elements such as dust. This tool is able to create a microscopic image of environmental samples by combining two techniques of stereo radiography and hyperspectral spectroscopy and provides a lot of information about them.

This information enables us to react in the best possible way in identifying, preventing and treating environmental hazards and reducing vulnerability.

Size of particles, type of particles, type of minerals present, type of cells observed, quantitative and qualitative analysis of sediments, study of sedimentary environments, diagenesis processes, characteristics of hydrocarbon reservoirs, measuring the presence of microplastics, identifying types of polluting substances in soil and water, identification of destroyed parts or under destruction in ancient and historical monuments, identification of tracers in all types of sediments and many other cases can be a small part of the growing uses of hyperspectral images that with the growth of this science and construction Cameras and microscopes equipped with this technology will be used to improve image processing algorithms.

Keywords: Environmental hazards, hyperspectral, 3D microscope, hyperspectral camera, dust, microplastic

بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و ارتقاء سلامت، ایمنی و محیط‌زیست با روش تحلیل مضمون، مورد مطالعه آزمایشگاه‌های دانشکده شیمی پردیس علوم دانشگاه تهران

امیررضا نریمانی*

اعضو هیئت علمی دانشکده حکمرانی دانشگاه تهران

* narimani@ut.ac.ir

در دهه‌های اخیر، به دلیل توسعه سریع علم و فناوری، اهمیت حفظ سلامت، ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های شیمی بیش‌ازپیش مشهود شده است. به دلیل خصوصیات خطرناک بسیاری از مواد شیمیایی و تأثیرات نامطلوب محتمل بر سلامت انسانی و محیط‌زیست، تضمین ایمنی و اجرای نظام HSE در این آزمایشگاه‌ها بیش‌ازپیش اهمیت پیدا کرده است.

هدف: در این مطالعه، هدف شناسایی عوامل مؤثر بر ارتقاء مدیریت HSE در آزمایشگاه‌های دانشکده شیمی دانشگاه تهران است که دارای ۳۵ آزمایشگاه با فعالیت‌ها و اهداف مختلف می‌باشند.

روش تحقیق: برای تحقق این هدف، از روش تحقیق کیفی بهره جستیم. در پژوهش کیفی با روش تحلیل مضمون با رویکرد گلوله‌برفی برای انتخاب نمونه‌ها و از روش اشباع مضامین به‌عنوان استاندارد برای پایان نمونه‌گیری استفاده شده است که از دو منبع ادبیات نظری و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته، مضامین احصاء گردید؛ روایی مصاحبه‌ها با نظر ۱۵ مسئول آزمایشگاه، مورد تأیید قرار گرفته و برای تأیید پایایی مصاحبه‌ها، روش بازآزمایی استفاده شد. که با ۸۸٪ پایایی آن مورد تأیید قرار گرفت.

نتایج: نتایج تحقیق نشان داد عوامل مؤثر بر سیستم ارتقاء و استقرار HSE در قالب ۴ مضمون فراگیر فردی، ساختاری، فرایندی و ابزاری شناسایی شدند. عوامل فردی و فرایندی سریع‌ترین و ارزان‌ترین عوامل در الویت بندی و اجرای نظام HSE در آزمایشگاه است. از این‌رو دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها قبل از انتخاب راه‌حل‌های طولانی و پرهزینه، توصیه می‌شود به عوامل فردی و فرایندی توجه بیشتری نمایند.

کلیدواژه‌ها: سلامت، ایمنی، محیط‌زیست، آزمایشگاه، دانشکده شیمی، آزمایشگاه شیمی، HSE

۱. مقدمه

در دنیای امروز، تأمین سلامت، ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان یکی از مسائل حیاتی و چالش‌برانگیز مطرح است که تأثیرات گسترده‌ای بر جوامع و جهان دارد. در این زمینه، آزمایشگاه‌ها به‌عنوان مراکز کلیدی تحقیقاتی و تجزیه و تحلیلی ایفای نقش مهمی در تحلیل و پیش‌بینی مسائل مرتبط با سلامت انسانی، ایمنی صنایع و تأثیرات زیست‌محیطی دارند. در این راستا دانشگاه تهران با برخورداری از آزمایشگاه‌های پیشرفته خود، به‌عنوان یکی از مراکز توجه و تمرکز در حوزه‌های سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در کشور، بر آن است تا با استفاده از تحلیل‌های کمی و کیفی، به بررسی عمیق و جامع ابعاد مختلف این مسائل پرداخته و راهکارهای نوین و پایدار را در جهت بهبود و مدیریت بهتر این زمینه‌ها ارائه دهد.

شناخت عوامل مؤثر بر استقرار و ارتقاء سیستم‌های سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های شیمی دانشگاه، به‌عنوان یک مبحث مهم و حیاتی در حوزه تحقیقات و آموزش بهبود علمی و عملکرد آموزشی، به‌تازگی توجه فراوانی را به خود جلب کرده است. با توجه به ماهیت پیچیده و تأثیرگذاری فرآیندها و فعالیت‌های انجام شده در آزمایشگاه‌های شیمی بر سلامت انسانی، ایمنی و حفاظت از محیط‌زیست، ایجاد و حفظ یک محیط کار ایمن، بهداشتی و پایدار در این مراکز، از اهمیت بسیاری برخوردار است.

با درک عمیق‌تر از عوامل مؤثر در ارتقاء سیستم‌های سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های شیمی، امکان بهبود فرآیندها، افزایش کیفیت تحقیقات و تدابیر عملی جهت حفاظت از سلامت کارکنان و محیط‌زیست افزایش خواهد یافت. این متن به‌عنوان یک نقطه شروع تحقیقاتی و عملی در جهت بهبود عملکرد و کاهش ریسک‌ها در آزمایشگاه‌های شیمی دانشگاه، به خوانندگان کمک خواهد کرد تا با چالش‌ها و فرصت‌های این زمینه آشنا شوند و به نحو بهتری به استقرار و ارتقاء سیستم‌های سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در این محیط‌ها پیش بروند. از جمله آن‌ها می‌توان به تجهیزات پیشرفته، آموزش کارکنان، استفاده ایمن از مواد شیمیایی، مدیریت مناسب زباله‌ها، رعایت استانداردها و دستورالعمل‌ها، همکاری و تعامل با سایر مراکز و دستگاه‌ها، و تجزیه و تحلیل دقیق داده‌ها اشاره کرد. این عوامل در ترکیب با یکدیگر، به‌طور جامع به ایجاد محیطی ایمن، سالم و پایدار در آزمایشگاه‌های شیمی کمک می‌کنند. این آزمایشگاه‌ها با استفاده از تجهیزات پیشرفته، تخصص‌های متنوع و تیم‌های متخصص، به اجرای تحقیقات علمی و آموزشی می‌پردازند بنابراین در این مطالعه با شناخت عوامل مؤثر بر وضعیت HSE در آزمایشگاه‌های دانشکده شیمی دانشگاه تهران، قصد داریم نقاط قوت و ضعف خود را در هر یک از عوامل شناسایی نمائیم و برنامه‌ریزی مناسبی برای رفع نقاط ضعف و استقرار سیستم بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های دانشکده شیمی پردیس علوم دانشگاه تهران داشته باشیم.

مبانی نظری

کورسو^۱ ۲۰۲۲ خطرات مرتبط با تحقیقات دانشگاهی و نیاز به شیوه‌های مدیریت ریسک بهتر در آزمایشگاه‌های آموزشی دانشگاهی و تحقیقات تجربی را مورد بحث قرار می‌دهند و توصیه‌هایی را برای بهبود فرهنگ ایمنی در آزمایشگاه‌های شیمی دانشگاهی و صنعتی، از جمله توسعه اسناد کلیدی ایمنی و استفاده از ابزارهای ارزیابی خطر ارائه می‌دهند (۱). آیرس^۲ ۲۰۲۰ شیوه‌های زیست‌محیطی مختلفی را که توسط آزمایشگاه‌های شیمیایی در دانشگاه‌ها اجرا می‌شود، از جمله مدیریت زباله، مواد شیمیایی، آموزش محیط‌زیست، بهره‌وری انرژی، مدیریت حفاظت، برنامه‌ریزی، طراحی زیرساخت‌ها و انطباق قانونی را شناسایی می‌کند و نشان می‌دهد که اجرای بهترین شیوه‌ها برای مدیریت سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های دانشگاه برای کاهش خطرات و ترویج یک محیط تحقیقاتی ایمن‌تر و پایدارتر بسیار مهم است. همچنین به محققان در جامعه علمی توصیه‌هایی برای بهترین شیوه‌ها و دستورالعمل‌هایی برای ایجاد مستندات ایمنی ضروری داده می‌شود که فرهنگ ایمنی را ارتقا می‌دهد و عملکرد ایمنی را در آزمایشگاه‌های آنها افزایش می‌دهد. این ابتکارات ایمنی با هم نشان می‌دهد که چقدر کار و توجه لازم است تا فرهنگ ایمنی در آزمایشگاه‌های شیمی دانشگاهی و صنعتی افزایش یابد (۲). دهدشتی و حافظی (۱۳۹۴) به ضرورت مراقبت از مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها پرداختند و معتقد بودند برای بکارگیری و نگهداری از هر یک از مواد شیمیایی می‌بایست یک دستورالعمل کاربردی تدوین گردد (۳). در تحقیقی که راد و جباری (۱۳۹۸) انجام دادند برای رسیدن به اهداف دانشگاه سبز به ۷ بعد ضروری «آموزش و یادگیری»، «مشارکت و شبکه تعاملات اجتماعی»، «سیستم مدیریت زیست محیطی»، «پژوهش، فناوری و نوآوری»، «رهبری و برنامه‌ریزی»، «نظارت، ارزیابی و گزارش‌دهی» و «مدیریت منابع انسانی و مالی» اشاره شده است (۴). تدوین دستورالعمل کار و آموزش کارکنان (۵) بالا بودن ریسک حریق برای افراد در همه آزمایشگاه‌ها و اهمیت حفظ ایمنی افراد توصیه می‌گردد انجام اقدامات مدیریتی و مناسب به منظور کاهش ریسک تا حد قابل قبول در اولویت برنامه‌های ایمنی قرار گیرد (۶). رضاپور و همکاران ۱۳۹۵ عوامل مؤثر در ارتقاء آزمایشگاه را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده در ارتقاء عدم وجود یا نقص وسایل، تجهیزات و علائم ایمنی و فقدان یا نقص مستندات ایمنی می‌باشد (۷). مطالعه قربانی و همکاران ۱۴۰۱ نشان داد بین استقرار ایمنی و بهداشت بر اساس استاندارد ایزو با کاهش ریسک حوادث و بیماری‌های شغلی از طریق آموزش بالا بردن سطح دانش و اطلاعات در زمینه سلامت و ایمنی، کاهش ریسک‌های آزمایشگاهی، تطابق

آن با خطمشی ایمنی سازمان و بهبود سیستم مدیریت ایمنی رابطه معناداری وجود دارد (۸).

در گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری^۳ در سال ۲۰۲۳ عوامل مؤثر در ارزیابی و ارتقاء سلامت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه‌های را به شرح ذیل بیان می‌نماید:

- فرهنگ ایمنی: فرهنگ ایمنی در آزمایشگاه‌ها باید بر ایمنی و سلامت کارکنان و محیط‌زیست متمرکز باشد. همه کارکنان باید در مورد خطرات احتمالی آزمایشگاه‌ها آگاه باشند و بدانند که چگونه از خود در برابر این خطرات محافظت کنند.
- آموزش ایمنی: کارکنان آزمایشگاه‌ها باید در مورد خطرات احتمالی آزمایشگاه‌ها و نحوه جلوگیری از آنها آموزش ببینند. این آموزش باید منظم و مداوم باشد.
- تجهیزات ایمنی: آزمایشگاه‌ها باید مجهز به تجهیزات ایمنی کافی برای محافظت از کارکنان در برابر خطرات احتمالی باشند. این تجهیزات باید در دسترس و در شرایط خوبی باشند.
- ضوابط ایمنی: آزمایشگاه‌ها باید دارای ضوابط ایمنی مکتوب باشند که کارکنان باید آنها را دنبال کنند. این ضوابط باید به روز و در دسترس باشند.
- نظارت ایمنی: آزمایشگاه‌ها باید دارای یک سیستم نظارت ایمنی برای اطمینان از رعایت ضوابط ایمنی باشند. این سیستم باید توسط یک شخص یا گروه مستقل انجام شود.
- گزارش حوادث: تمام حوادث ایمنی در آزمایشگاه‌ها باید به صورت رسمی گزارش شوند. این گزارشات باید برای شناسایی و رفع خطرات احتمالی استفاده شوند.
- اصلاحات ایمنی: هرگونه خطر شناسایی شده در آزمایشگاه‌ها باید اصلاح شود. این اصلاحات باید به سرعت و مؤثر انجام شوند (۹).

۲. روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف، از نوع کاربردی است و به روش کیفی تحلیل مضمون (تحلیل تماتیک) مدل براون و کلارک انجام شده است که با روش جمع‌آوری داده‌ها به صورت اکتشافی و مبتنی بر مصاحبه نیمه‌ساختاریافته انجام می‌گیرد. جامعه آماری این تحقیق مسئولین آزمایشگاه‌های دانشکده شیمی در پردیس علوم دانشگاه تهران است که ۳۵ آزمایشگاه را شامل می‌شود. در این مرحله، نمونه مصاحبه‌شوندگان به روش گلوله‌برفی از جامعه آماری مذکور انتخاب شدند و با مصاحبه با مسئولین آزمایشگاه تا حد کفایت یا اشباع نظری تا ۱۵ نفر ادامه یافت و با نرم‌افزار MAXQDA نیز تحلیل داده‌ها انجام شد. روش تحلیل مضمون دارای پنج فاز به شرح جدول یک است (۱۰).

جدول ۱. مدل تحلیل مضمون براون و کلارک

مراحل	فاز	توصیف فرایند
اول	آشنایی با داده‌ها	نوشتن داده‌ها (در صورت ضرورت (شفاهی بودن))، خواندن و بازخوانی، ثبت ایده‌های اولیه
	ایجاد کدهای اولیه	کدگذاری ویژگی‌های مورد نظر داده به صورت منظم و مرتب کردن داده‌ها با هریک از کدها
دوم	جست‌وجوی مضامین	تطبیق دادن کدها به مضامین بالقوه و جمع‌آوری همه داده‌های مرتبط با هریک از مضامین بالقوه
	بازنگری مضامین	بازبینی مضامین بالقوه با کدهای استخراج‌شده و مجموعه داده‌ها و ایجاد شبکه تحلیلی مضامین
سوم	نام‌گذاری مضامین	تحلیل مداوم به منظور پالایش ویژگی‌های هر «تم»
	تدوین گزارش	تحلیل پایانی از استخراجات تحلیلی مرتبط با سؤالات تحقیق و ادبیات و تدوین یک گزارش

مضمون، الگویی است که در داده‌ها یافت می‌شود و حداقل به توصیف و سازماندهی مشاهدات و حداکثر به تفسیر جنبه‌هایی از پدیده می‌پردازد (۱۱).

پایایی تحقیق: برای محاسبه پایایی باز آزمون از میان مصاحبه‌ها، دو مصاحبه به عنوان نمونه انتخاب شده و هر کدام از آنها در دو فاصله زمانی کوتاه و مشخص دو بار کدگذاری شد. در هر کدام از مصاحبه‌ها، کدهایی که در دو فاصله زمانی مشابه با عنوان «توافق» و کدهای غیرمشابه با عنوان «عدم توافق» مشخص شدند. روش محاسبه پایایی بین کدگذاری‌های انجام گرفته محقق در دو فاصله زمانی بدین ترتیب است:

$$\text{درصد پایایی باز آزمون} =$$

بنابراین با انتخاب دو مصاحبه، هر کدام از آنها دو بار در فاصله زمانی دو هفته‌ای کدگذاری شد. نتایج این آزمایش در جدول دو نشان‌دهنده پایایی روش تحقیق است.

جدول ۲. پایایی تحقیق کیفی

	کد مصاحبه	تعداد کل کدها	تعداد توافقات	تعداد عدم توافقات	پایایی باز آزمون
۱	م ۷	۲۲	۱۰	۴	۹۱٪
۲	م ۱۵	۱۹	۸	۴	۸۴٪
کل		۴۱	۱۸	۸	۸۸٪

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود تعداد کل کدها برابر ۴۱ و در بازه زمانی دوهفته‌ای، تعداد کل توافقات بین کدها در این دو زمان برابر ۱۸ و تعداد کل عدم توافقات در این دو زمان برابر ۸ است. پایایی باز آزمون مصاحبه‌های انجام گرفته در این تحقیق با استفاده از فرمول ذکر شده ۸۸ درصد است. با توجه به اینکه این میزان پایایی بیشتر از ۶۰ درصد است (۱۲)، قابلیت اعتماد کدگذاری‌ها تأیید می‌شود.

۳. نتایج و بحث

مرحله اول - جمع‌آوری اطلاعات

ابتدا با ۱۳ نفر از مدیران آزمایشگاه مصاحبه شد. در زمان مصاحبه‌ها، با تحلیل هم‌زمان داده‌ها و کدگذاری‌ها، تقریباً اشباع نظری مطلب حاصل شد؛ اما برای رسیدن به اشباع کامل، فرایند مصاحبه با دو نفر دیگر ادامه یافت، به‌طوری که ضمن تفسیر و تحلیل داده‌ها کفایت نظری حاصل شد.

پژوهشگر با رعایت همه اصول اخلاقی پژوهش‌های کیفی و رضایت کامل مصاحبه‌شوندگان، مصاحبه‌ها را ضبط کرد. سپس، همه مصاحبه‌ها به‌طور دقیق به متن برگردانده شد و کدگذاری باز به‌صورت پاراگراف به پاراگراف انجام گرفت. در این تحقیق تعداد محدود مفاهیم به‌دست‌آمده از روش دستی محاسبه شد.

در کدگذاری باز که اولین مرحله در اجرای استراتژی تحلیل تم است، نکته‌های کلیدی مصاحبه‌ها در زمینه عوامل مؤثر در HSE آزمایشگاه‌ها شناسایی و کدگذاری شد. کدهای زیر کلمات یا عباراتی هستند که مصاحبه‌شوندگان بیان کرده‌اند، در جدول دو از متن مصاحبه‌ها، کدهای باز استخراج شده است؛ ۴۰ مفهوم اولیه که قدرت مفهومی بیشتری داشتند، انتخاب شد.

مرحله دوم - مضامین پایه

این مفاهیم اولیه در مرحله دوم به‌منظور انسجام بیشتر و تحلیل و تفسیر منسجم‌تر در قالب مفاهیم انتزاعی‌تر کدگذاری شدند؛ بنابراین فرایند مضامین پایه به‌عنوان دومین مرحله کدگذاری آغاز شد. در مرحله تعیین مضامین پایه، مفاهیم اولیه دسته‌بندی و مضامین پایه از آنها احصا شد. بنابراین کدهای تکراری و مشابه بسیاری بین آنها مشاهده می‌شود و پژوهشگر برای اینکه با کدهای کمتری کار کند، پس از مرور مکرر و تعیین شباهت‌ها و تفاوت‌ها، کدهای دارای محتوای مشترک را در هم ادغام کرده و آنها را تحت کد مشترکی که از مفاهیم اولیه انتزاعی‌تر بودند، نام‌گذاری کرد؛ این کار با در نظر گرفتن یافته‌های نظری با رفت‌وآمدهای متوالی بین مفاهیم اولیه و مضامین پایه انجام گرفت. در نهایت، مضامینی که قدرت مفهومی بیشتر داشتند و بهتر می‌توانستند مفاهیم اولیه را پیوند دهند، انتخاب شد. در این مرحله در زمینه عوامل HSE، ۴۰ مفهوم اولیه به‌دست آمد که در ۱۳ مضمون پایه دوره HSE، رعایت ایمنی، منابع انسانی، فضا و مساحت، تاسیسات، برق و الکتریک، سیستم اعلام و اطفاء، مدیریت شبکه، دستورالعمل ایمنی، دستورالعمل نگهداری، دستورالعمل کار، لوازم حفاظتی و تجهیزات ایمنی جای گرفت. نتایج این کدگذاری و نحوه تحلیل و ترکیب مفاهیم اولیه در قالب مضامین پایه در جدول سه به نمایش درآمده‌اند.

جدول ۳. مفاهیم اولیه و مضامین پایه عوامل HSE

مضامین پایه	فراوانی	مفاهیم اولیه
دوره HSE	۱۵	گذراندن دوره های آموزشی
	۶	حضور در کارگاه ها و کنفرانس های مرتبط
		فرصت مطالعاتی
	۸	
رعایت ایمنی	۱۴	سیستم مشوق ها و نظام ارتقا
	۱۱	آموزش و تربیت افرادی با مهارت های آزمایشگاهی
	۵	رعایت کردن ایمنی فردی
	۶	رعایت کردن ایمنی اجتماعی
منابع انسانی	۸	پایش بهداشت و سلامت فردی
	۱۰	برنامه ریزی نیروی انسانی
	۸	وجود پرسنل متخصص و آموزش دیده
	۱۴	کافی بودن پرسنل آزمایشگاه

فضا و مساحت	۹	مناسب بودن فضای کار
	۸	کافی بودن فضای کار
تاسیسات	۵	تاسیسات مناسب آب
	۴	تاسیسات مناسب فاضلاب
	۹	لوله کشی گرمایش و سرمایش
	۸	سیستم گاز کشی
برق و الکتریک	۹	سیستم الکتریکی
	۱۰	سیستم نورپردازی آزمایشگاه
	۱۳	داک و محافظ برق
سیستم اعلام و اطفاء	۱۴	سیستم اعلام خطر و حریق
	۱۱	سیستم خودکار اطفاء حریق
	۱۳	سایر امکانات اطفاء حریق
مدیریت شبکه	۵	همسویی فرایندهای سازمانی با یکدیگر
	۱۰	چابک‌سازی فرایندهای کار
	۹	حمایت مدیریت
	۶	شبکه اطلاع‌رسانی درون سازمانی
دستور العمل ایمنی	۱۳	سیاست‌ها، قوانین و مقررات حمایتی
	۱۰	دستورالعمل جایگذاری استاندارد مواد و تجهیزات
دستورالعمل نگهداری	۱۵	دستورالعمل نگهداری از مواد شیمیایی
	۱۱	دستورالعمل امحاء مواد بیولوژیکی
	۱۲	دستورالعمل امحاء زباله های آزمایشگاهی
دستورالعمل کار	۱۳	مقررات کار با دستگاه
	۵	همسویی سیاست‌ها، قوانین و مقررات و بخش‌های پشتیبانی
	۸	فرایندهای انجام کار
	۱۴	کالیبراسیون دستگاه ها
لوازم حفاظتی	۱۵	لوازم حفاظت فردی روپوش، ماسک، دستکش و عینک ایمنی
	۱۵	کمک های اولیه
تجهیزات ایمنی	۱۵	تأمین منابع مالی
	۱۴	برخورداری از امکانات سخت افزاری
مرحله سوم- مضامین سازمان‌دهنده		

در این مرحله پژوهشگر با به‌کارگیری اصطلاحات فنی که از پیشینه نظری تحلیل به‌دست آورد و زبانی که مصاحبه‌شوندگان به‌کار گرفتند، یافته‌های مراحل قبل را در نظر گرفت، مضامین سازمان‌دهنده را انتخاب کرد و به‌طور نظام‌مند آنها را به مقوله‌های مربوط ارتباط داد. در این تحلیل بعد از چند بار رفت‌وبرگشت میان مفاهیم اولیه، مضامین پایه و مضامین سازمان‌دهنده، یک مضمون بیش از همه نمایان شد و همه مضامین سطح بالاتر را به یکدیگر پیوند داد. هنگامی که کفایت نظری حاصل شد، مضمون فراگیر نشان‌دهنده

شاخص ارتقاء نظام HSE قرار گرفت که دربرگیرنده چهار مقوله فردی، ساختاری، فرایندی و ابزاری است.

جدول ۴. مضامین استقرار HSE

مضمون فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه
نظام HSE	فردی	دوره HSE
		رعایت ایمنی
		منابع انسانی
	ساختاری	فضا و مساحت
		گرمایش و سرمایش
		تاسیسات برق و الکتریک
		سیستم اعلام و اطفاء
		مدیریت شبکه
	فرایندی	دستور العمل ایمنی
		دستورالعمل نگهداری
		دستورالعمل کار
		لوازم حفاظتی
	ابزاری	تجهیزات ایمنی

تحلیل شاخص های نظام HSE، چهار طبقه اصلی مضامین سازمان دهنده را شامل می شود که این طبقات شامل بعد فردی، ساختاری، فرایندی و ابزاری است. بعد فردی به مسائل مرتبط با نیروی انسانی و توانایی و گذراندن دوره های آموزشی می پردازد که در این مطالعه با مضامین پایه، دوره HSE، رعایت ایمنی و منابع انسانی شناخته شده است. نتایج این بخش از تحقیق با تحقیقات دهدشتی و همکاران (۱۳۹۴)، راد و همکاران (۱۴۰۰)، ملکوتی خواه و همکاران (۱۳۹۷)، قربانی و همکاران (۱۴۰۱) و گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری (۲۰۲۳) همسویی دارد. آنها معتقدند که یکی از مهم ترین عوامل دخیل در استقرار نظام HSE موفق، توانمندی ها و مهارت های افراد درگیر در این فرایند است. بعد ساختاری به مسائل مرتبط با عوامل زیربنایی و ایمنی می پردازد. که در این مطالعه، فضا و مساحت، گرمایش و سرمایش، تاسیسات برق و الکتریک و سیستم اعلام و اطفاء مطرح است. نتایج این بخش از تحقیق با تحقیقات رضا پور و همکاران (۱۳۹۵) و گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری (۲۰۲۳) همسویی و مطابقت دارد. بعد فرایندی به مسائل مرتبط با مدیریت و دستورالعمل های اجرایی پرداخته می شود. که در این مطالعه با مضامین پایه، مدیریت شبکه،

دستور العمل ایمنی، دستورالعمل نگهداری، دستورالعمل کار مرتبط است. نتایج این بخش از مطالعه با تحقیقات کورسو (۲۰۲۲)، آیرس (۲۰۲۰)، دهدشتی (۱۳۹۴)، راد (۱۴۰۰)، ملکوتی خواه (۱۳۹۷)، میرزایی (۱۳۹۸)، رضاپور (۱۳۹۳)، قربانی (۱۴۰۱) و گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری (۲۰۲۳) همسویی و مطابقت دارد. آنها معتقدند که یکی از مهم ترین عوامل سیستم HSE در آزمایشگاه که با هزینه کم و مدیریت مناسب امکان استقرار و ارتقاء را فراهم می کند؛ عوامل فرایندی هستند. بعد ابزاری به امور مرتبط با لوازم و تجهیزات ایمنی می پردازد. نتایج این بخش از تحقیق نشان می دهد که تحقیقات دهدشتی (۱۳۹۴)، رضاپور (۱۳۹۳) و گزارش مرکز کنترل و پیشگیری بیماری (۲۰۲۳) با این مطالعه همسویی و مطابقت دارد.

۴. نتیجه گیری

در این مطالعه با هدف شناسایی عوامل مؤثر در استقرار و ارتقاء مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست در آزمایشگاه های دانشکده شیمی دانشگاه تهران انجام شد و نتایج حاصله نشان داد عوامل فردی، فرایندی، ساختاری و ابزاری مهم ترین عواملی هستند که در بهبود وضعیت HSE مؤثر است. همچنین عوامل فردی و فرایندی مهم ترین، سریع ترین و ارزان ترین عوامل در فرایند اجرای نظام HSE در آزمایشگاه است. از این رو به دانشگاه ها و آزمایشگاه ها قبل از انتخاب راه حل های طولانی و پرهزینه، توصیه می شود که با انتخاب خط مشی و راه حل های سریع و کم هزینه که در این مطالعه به عوامل فردی و فرایندی اشاره شده است. جهت بهبود سیستم

سلامت، ایمنی و محیط‌زیست آزمایشگاه اقدام کنند و سپس با برنامه‌ریزی مناسب جهت اصلاح نظام ساختاری و ابزاری که منابع مالی بیشتری را می‌طلبد اقدام نمایند.

منابع

Corso, M., Cardoso, F. A. R., Andrade, P. R. d., Rezende, L. C. S. H., Sastre, R. M. Management Of Occupational Safety and Health (Osh) In University Chemical Laboratories: A Case Study At A University Federal Public Service In The Interior Of Paraná - Brazil. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 2022. 6(9), 145-151. <https://doi.org/10.22161/ijaers.96.14>

Aires, C. F., & Pimenta, H. C. D.. Environmental practices in university chemical laboratories: a systematic literature review. Research, Society and Development, 2020 9(8), <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5490>

دهدشتی علیرضا، حافظی رودابه. ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در آزمایشگاه دانشگاهی: یک مطالعه موردی. سلامت کار ایران. ۱۳۹۴. ۱۲(۱): ۶۶-۷۶

راد سید ابراهیم؛ جباری، علیرضا بررسی شیوه‌های ممکن برای نیل به اهداف دانشگاه سبز در دانشگاه فرهنگیان، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۴۰۰. ۲۳(۱۲)، ۱۸۶-۱۶۹

ملکوتی خواه، مهدی. کرونای، حدیثه. جهانگیری، مهدی. ارزیابی وضعیت ایمنی و بهداشت آزمایشگاه‌های آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه علوم پزشکی شیراز بر اساس رویکرد ELMERI، نشریه بهداشت کار و ارتقای سلامت، ۱۳۹۷. ۲(۴)، ۲۷۰-۲۷۹

میرزایی علی آبادی، مصطفی. رستمی، فاطمه. مهدی نیا، محسن. کرمی مسافر، اعظم. درخشان، جلیل. فیض عارفی، مریم. ارزیابی ریسک حریق در آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی با استفاده از روش FRAME، مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، ۱۳۹۸. ۲۶(۶)، ۷۳۹-۷۴۶

رضاپور، حبیب؛ سهرابی، محمدصادق؛ حلوانی، غلامحسین؛ حسامی آرانی، محسن. بررسی وضعیت ایمنی و انجام مداخله جهت ارتقاء آن در کارگاه‌ها و آزمایشگاه دانشگاه هنر اصفهان در سال ۱۳۹۳، فصلنامه طب کار، ۱۳۹۵. ۸(۴)، ۱۸-۱۲

قربانی سلجوق، رحیم. افضلی، ندا. شیخ الاسلامی، نادر. صالحی صدقیانی، جمشید. روحی دهنه، سودابه. فرهاد، سعید. بررسی تاثیر استقرار مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی در کاهش مخاطرات آزمایشگاهی بر اساس استاندارد ۱۰۵۵۱ در انستیتو پاستور ایران، نشریه مطالعات کمی در مدیریت، ۱۴۰۱. ۱۲(۳)، ۱۸۷

Health and Safety in the Laboratory. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Updated: February 10, 2023. Available at: <https://www.cdc.gov/labsafety/index.html>

Braun, V. & Clarke, V. Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 2006. Vol 3(No. 2), 77-101.

Boyatzis, R. E. Transforming qualitative information: thematic analysis and code development. 1998. CA: Thousand Oaks.

Kvale, S. Interviews: An Introduction to Qualitative Research Interviewing. 1996 London: Sage publication ltd.

Investigating the effective factors in promoting health, safety, and the environment with the thematic analysis method, studied by the laboratories of the Faculty of Chemistry and Faculty of Science, University of Tehran

Amir Reza Narimani^{✉1}

¹Faculty member of University of Tehran, Faculty of Governance, Tehran, Iran

Corresponding Author's E-mail: narimani@ut.ac.ir*

Abstract

In recent decades, due to the rapid development of science and technology, the importance of maintaining health, safety, and environmental protection in chemical laboratories has become more evident. Due to the dangerous properties of many chemicals and possible adverse effects on human health and the environment, ensuring safety and implementing the HSE system in these laboratories have become more important than ever.

Purpose: The purpose of this study is to identify factors affecting the improvement of HSE management in the laboratories of the Tehran University Chemistry Faculty, which has 35 laboratories with different activities and goals.

Research method: To achieve this goal, we used a qualitative research method. In the qualitative research, the theme analysis method was used with the snowball approach to select the samples, and the theme saturation method was used as a standard at the end of the sampling. The validity of the interviews was confirmed by the opinions of 15 laboratory officials, and the retest method was used to confirm the reliability of the interviews, which was confirmed with 88% reliability.

Results: The results of the research showed that the effective factors in the HSE promotion and establishment system were identified in the form of four overarching themes: individual, structural, process, and tool. Individual and process factors are the fastest and cheapest factors in prioritizing and implementing the HSE system in the laboratory. Therefore, before choosing long and expensive solutions, universities and laboratories are recommended to pay more attention to individual and process factors.

Keywords: Health, Safety, Environment, Faculty of Chemistry, Chemistry Laboratory, HSE

کاربرد ماشین لرنینگ به منظور انتخاب بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما در حوزه کشاورزی با استفاده از

تحلیل طیف سنجی پلاسما

عارفه منتظری شاتوری^۱، مریم بحرینی^{۲*}، سلاله منصوری^۳، سعید حسن پور^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

^۲ استادیار دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فیزیک دانشگاه علم و صنعت ایران

^۴ دانشجوی دکتری پژوهشکده لیزر و پلاسما دانشگاه شهیدبهشتی

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.iust@bahreini_m

ایمیل ارائه دهنده: montazeriarefeh70s@gmail.com

چکیده

تولید آب فعال شده با پلاسما در حوزه کشاورزی، به عنوان یک روش نوین و پایدار برای بهبود کیفیت و عملکرد محصولات مورد توجه قرار گرفته است. نوع پلاسما و همچنین فرآیند تولید آب فعال شده، تاثیرات متفاوتی بر خروجی محصول خواهد داشت. لذا دسته بندی انواع آب فعال شده با توجه به نوع محصول خروجی گیاه و گونه های شیمیایی القا شده با انواع روش های فعال سازی پلاسما، امکان مسیریابی روش پرورش گیاه متناسب با هدف مورد انتظار (سرعت رشد، حجم محصول، کیفیت محصول و ...) را فراهم میسازد. این مقاله با محوریت کاربرد ماشین لرنینگ در انتخاب بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما در حوزه کشاورزی با استفاده از تحلیل طیفسنجی پلاسما، به بررسی و ارائه نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه می پردازد که بمنظور بهبود فرآیند تولید آب فعال شده با پلاسما به انتخاب بهترین شرایط پرداخته شده است. نتایج تحلیل طیفسنجی پلاسما در این فرآیند و نتایج حاصل از این تحقیقات و کاربردهای آن در حوزه کشاورزی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. نتایج ما نشان میدهد که استفاده از ماشین لرنینگ در حوزه کشاورزی، بهبود فرآیندهای تولید و بهره‌وری را به همراه دارد و می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تحقیقات و پژوهش‌های علمی در این حوزه مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها : طیف سنجی پلاسما، آب فعال شده با پلاسما، پایتون

1. مقدمه

در حوزه کشاورزی، تولید آب فعال شده با پلاسما یا 'plasma activated water' به عنوان یک روش نوین و پایدار برای بهبود کیفیت و عملکرد محصولات مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، انتخاب بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما برای هر نوع محصول و شرایط کشت متفاوت، به دلیل پیچیدگی فرآیند و تعداد زیادی از پارامترهای مؤثر، چالش بزرگی را برای کشاورزان و محققان در این حوزه به وجود آورده است. در هر یک از مراحل رشد (جوانه زنی، ریشه زنی، پنجه زنی، رشد و بلوغ، باردهی) برای رسیدن به محصول مطلوب (ریشه، غده، ساقه، گل، برگ، دانه، میوه) نیازمند مواد مغذی متفاوتی است. ترکیب فعال کننده آب، با توجه به محصول انتخاب شده و مرحله ای که آب فعال شده در فرآیند پرورش گیاه استفاده می‌شود، می‌تواند متفاوت باشد. نوع پلاسما و همچنین فرآیند تولید آب فعال شده، تأثیرات متفاوتی بر خروجی محصول خواهد داشت، لذا دسته بندی انواع آب فعال شده با توجه به نوع محصول خروجی گیاه و گونه های شیمیایی القا شده با انواع روش های فعال سازی پلاسما، امکان مسیریابی روش پرورش گیاه متناسب با هدف مورد انتظار (سرعت رشد، حجم محصول، کیفیت محصول و ...) یک عامل مهم و چالش بر انگیز در فناوری آب فعال شده پلاسمایی است. طیف سنجی پلاسما نیز می‌تواند یکی از روش‌های مهم در آنالیز و تحلیل مسیر انتخاب روند فعال سازی آب باشد. آب مقطر فعال شده نسبت به آب کشاورزی معمول دارای گونه های فعال اکسیژن دار است که به عنوان یک سیگنال در کاهش خواب بذر عمل می‌کنند و جوانه سریع تر به بلوغ می‌رسد [۱]. وجود یون های کربن، هیدروژن و اکسیژن درون آب و در مجاورت دانه، امکان واکنش انواع کربوهیدرات ها بیشتر می‌کند [۲]. افزایش کربوهیدرات های محلول نه تنها به حفظ آب کمک می‌کند بلکه از مواد ضروری نیز محافظت می‌کند. این منجر به به حداکثر رساندن رشد گیاه و ارتقای سلامت جوانه می‌شود [۳].

در این مقاله، از برنامه‌نویسی پایتون به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تحلیل داده‌های طیف‌سنجی پلاسما به منظور انتخاب مؤثرترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما استفاده می‌شود. داده‌های طیف‌سنجی پلاسما از نمایش گرافیکی خود به صورت عددی تبدیل شده و با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تحلیل داده، بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما برای هر نوع محصول و شرایط کشت متفاوت شناسایی می‌شوند. استفاده از پایتون در این حوزه، علاوه بر افزایش دقت و سرعت تحلیل داده‌های طیف‌سنجی پلاسما، امکان تعامل بین داده‌های طیف‌سنجی و سایر داده‌های مرتبط با محصولات کشاورزی را نیز فراهم می‌کند [۴].

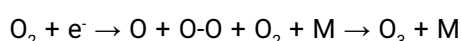
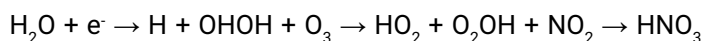
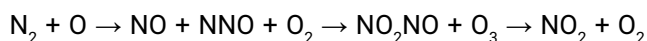
2. مواد و روشها

از پلاسمای فشار اتمسفری با منبع تغذیه متغیر با حداکثر ولتاژ ۱۵ کیلوولت و فرکانس ۵۰ کیلوهرتز استفاده شده است. با تغییر نوع چیدمان راکتور و توان منبع تغذیه، سه منبع تولید پلاسما با نام‌های آرک^۱، آرک روی آب^۲ و دی بی دی^۳ بکار گرفته شدند. طیف‌هایی از پلاسما با طیف‌سنج گرفته شده است، تا با بررسی تغییر رفتار طیف پلاسما، رفتار گونه های شیمیایی تولید شده درون راکتور پلاسما پرداخته شود.

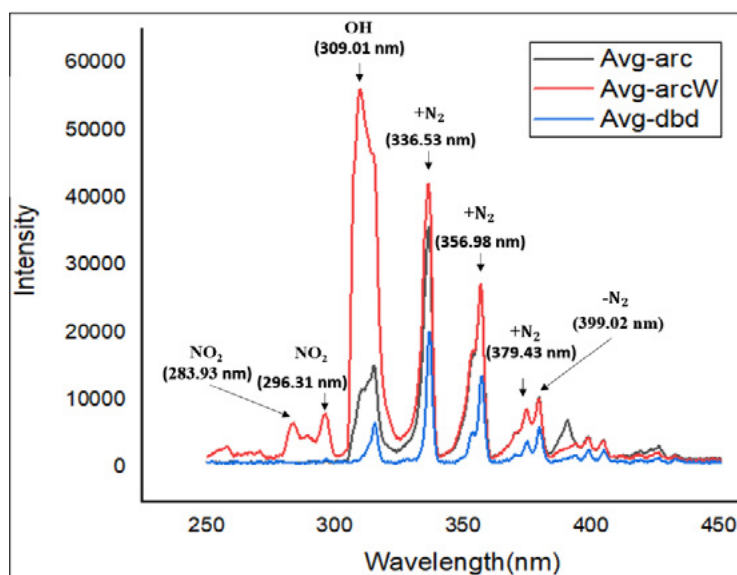
برای بررسی پارامترهای جوانه‌زنی ۷۵۰ عدس، ۲۵ دانه در ۶ گروه (آب مقطر، آب هیدروژنه، پلاسما آرک (برخورد مستقیم پلاسما به سطح آب)، پلاسما آرک غیرمستقیم (که بعد از تشکیل آن داخل تیوب از طریق لوله خروجی هوا پلاسما به آب تزریق میشود)، برخورد پلاسما آرک مستقیم و غیرمستقیم به آب مقطر، برخورد پلاسما آرک مستقیم و غیرمستقیم به آب هیدروژنه) در ۵ تکرار، در مدت ۳ روز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پارامترهایی چون: pH آب، بیشترین سرعت و درصد جوانی زنی و طول جوانه نیز ثبت شدند.

3. نتایج و بحث

طیف پلاسما میانگین برای سه راکتور dbd, arc, arcw در شکل ۱ رسم شده است که مشخص میکند طیف آرک و آرک آب شباهت بیشتری باهم دارند در حالی که طیف دی بی دی در برخی پیکها تمایز دارد. با توجه به طول موج پیک موجود در طیف و تطبیق طول موج ها با طیف گسیلی گونه های موجود در جدول ۱، متوجه شدیم که در هر طیف چه گونه‌هایی بیشتر موجود هستند. برخی از واکنش‌های شیمیایی مهم که در حین پلاسمای جریان هوا اتفاق می‌افتد عبارتند از [۵]، [۶]، [۹]:



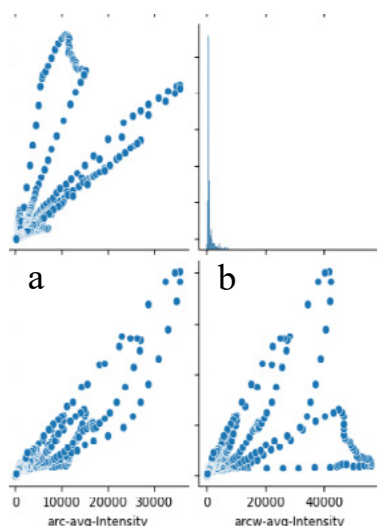
(Plasma Activated Water (PAW	۱
arc	۲
arcW	۳
dbd	۴



شکل ۱- مقایسه طیف های نشری پلازما با راکتور آرک در هوا (مشکی)، آرک در آب (قرمز)، راکتور دی‌بی‌دی (آبی)

جدول ۱- طیف غالب در طول موج مختلف از طیف پلازما

طیف غالب گونه	طول موج (nm)
اکسید نیتریک برانگیخته شده با شدت کم NO_2	۲۰۰-۳۰۰
رادیکال هیدروکسیل OH	۳۰۹
دومین سیستم مثبت N_2	۳۱۹-۳۸۰
اولین سیستم منفی N_2	۳۹۰-۴۳۰
اکسیژن O_2	۷۷۷-۸۴۴
هیدروژن H_2	۴۸۶-۶۴۶

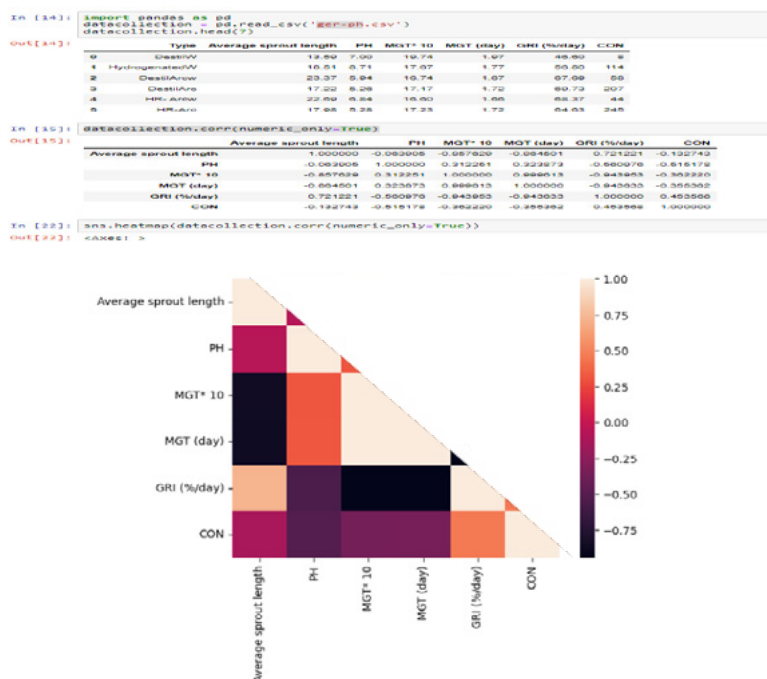


شکل ۲- نمودار همبستگی راکتورها (a) نمودار راکتور arc-avg بر حسب dbd-avg، (b) نمودار arcw-avg بر حسب dbd-avg، (c) نمودار راکتور arc-avg بر حسب avg، (d) نمودار arcw-avg بر حسب avg

با استفاده از الگوریتم‌های مختلف تحلیل داده، بررسی وابستگی میان پارامترها بر اساس داده‌های طیف‌سنجی پلازما در سه روش تولید آب فعال شده با پلازما صورت گرفته است (شکل ۲). با توجه به شکل ۲، دو مدل arc و arcw از جهاتی شبیه یکدیگر

هستند، درحالی‌که arc و dbd نسبت به یکدیگر پراکندگی دارند. در جدول ۲ با استفاده از نتایج ثبت شده بعنوان ورودی یعنی پارامتر پی‌اچ^۵، درصد جوانه‌زنی^۶، شاخص سرعت جوانه‌زنی^۷، میانگین طول جوانه^۸، رسانایی^۹ در پایتون همبستگی میان پارامترها بدست آورده شد و میزان وابستگی میان پارامترها بررسی شد و بصورت بصری در شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد که رنگهای روشن‌تر نشان‌دهنده بیشترین همبستگی میباشند. باتوجه به شکل، پارامتر MGT و GRI با توجه به عدد همبستگی (۰,۷۲ و ۰,۸۵) به طول جوانه وابستگی زیادی داشتند. MGT یا میانگین زمان جوانه زنی به میانگین زمان لازم برای جوانه زدن بذرها با در نظر گرفتن زمان اکثر رویدادهای جوانه زنی اشاره دارد. محاسبات GRI صرفاً درصد جوانه زنی در روز را نشان می‌دهد، بنابراین هر چه درصد بیشتر و مدت زمان کوتاهتر باشد، GRI بالاتر است. این پارامتر هیچ ارتباطی با روزهای جوانه زنی "بالا" و "کم" ندارد زیرا درصد را به طور مساوی در طول زمان پخش می‌کند. با توجه به آن که طول آزمایش به مدت ۳ روز بوده است پس پارامترهای فوق رابطه تنگاتنگی با یکدیگر خواهند داشت با این حال ممکن است در تمام شرایط صادق نباشد.

جدول ۲- همبستگی میان پارامترهای ثبت شده، بالاترین وابستگی مربوط به MGT و طول با عدد ۰/۸۵ میباشد



شکل ۳- نمودار بصری همبستگی بین پارامترهای ثبت شده. بیشترین همبستگی (تیره‌ترین رنگ) میان طول و MGT و نیز میان GRI و MGT است

سپس از داده‌های جوانه‌زنی استفاده شد (جدول ۳) و با تحلیل آماری مشخص شد بلندترین طول جوانه عدس مربوط به راکتور آرک آب هیدروژنه بوده است. با توجه به مقالات گذشته، [۱۲]، [۱۰]، [۱۱]، [۶]، [۷]، کاهش pH مشاهده شده است و انواع گونه‌های فعال شده اکسیژن، هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و غیره مشخص شدند. با استفاده از علم تحلیل داده‌ها میتوان فهمید وابستگی پارامترهای (درصد جوانه زنی^{۱۰}، بیشترین طول، بیشترین سرعت) هر راکتور به چه صورت است. با استفاده از علم تحلیل داده و دسته‌بندی طیفهای پلاسما براساس گونه‌های فعال آن، مشخص شد که پلاسما باعث تولید انواع گونه‌های فعال شده از اکسیژن، هیدروژن، رادیکال‌های هیدروکسیل و غیره می‌شود. همچنین تحلیل کد پایتون به ما شرایط بهترین رشد جوانه عدس و بهترین راکتور برای داشتن بلندترین رشد را آب مقطر فعال شده با پلاسما آرک روی آب معرفی کرد. پس میتوان نتیجه گرفت که برای بهترین بازده و رشد گیاه عدس میتوان از راکتور arcW استفاده کرد و همچنین در نظر داریم که این راکتور بالاترین سرعت بلندترین طول و بهترین درصد جوانه‌زنی را به ما میدهد.

PH	۵
MGT	۶
GRI	۷
AVG Sprout Length	۸
CON	۹
MGT	۱۰

جدول ۳- داده‌های تحلیل آماری طول جوانه زنی

44	day45	0.0	0.0	25.0	4.0	25.0	29.0
45	day46	0.0	0.0	25.0	6.0	24.0	41.0
46	day47	0.0	0.0	20.0	0.0	17.0	22.0
47	day48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	day49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

In [13]:		length.describe()					
Out[13]:		Destil	HydrogenatedW	DestilArc	DestilArcw	HR-arc	HR-arcw
count	51.000000	51.000000	50.000000	51.000000	51.000000	51.000000	51.000000
mean	26.354118	35.931569	34.104400	45.360196	34.901569	44.052745	
std	92.028744	124.975651	117.304507	157.566826	121.406687	153.183548	
min	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	
25%	3.500000	6.500000	7.000000	13.500000	6.500000	7.000000	
50%	13.000000	20.000000	21.000000	25.000000	19.000000	26.000000	
75%	26.000000	28.000000	26.500000	34.000000	25.000000	35.000000	
max	666.000000	907.000000	844.000000	1145.000000	881.000000	1112.000000	

۴. نتیجه‌گیری

استفاده از پایتون علاوه بر افزایش دقت و سرعت تحلیل داده‌های طیف‌سنجی پلاسما، امکان تعامل بین داده‌های طیف‌سنجی و سایر داده‌های مرتبط با محصولات کشاورزی را نیز فراهم می‌کند. این قابلیت، به کشاورزان و محققان در انتخاب بهترین روش تولید آب فعال شده با پلاسما برای هر نوع محصول و شرایط کشت متفاوت، کمک بسیاری می‌کند و باعث بهبود کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود. بنابراین، استفاده از برنامه‌نویسی پایتون در حوزه تولید آب فعال شده با پلاسما، به عنوان یک ابزار قدرتمند برای انتخاب بهترین روش تولید و بهبود کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی، پیشنهاد می‌شود. این نوع تجزیه و تحلیل می‌تواند در زمینه‌هایی مانند علوم محیطی، کشاورزی، علم مواد و تحقیقات زیست پزشکی مفید باشد.

منابع:

- [1] K. Kutasi et al, The composition of plasma-activated water by Cu ions, Plasma sources science and technology, 2021
- [2] Quantification Of Soluble Sugars and Sugar Alcohols By LC-MS/MS | SpringerLink n.d. https://link.springer.com/protocol/10.1007/978-1-4939-7819-9_7 (accessed August ۲۰۲۳, ۱۸).
- [3] Kaur S, Gupta AK, Kaur N. Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. Plant Growth Regul 1998;25:29–33. <https://doi.org/10.1023/A:1005997819857>.
- [4] Foundations of machine learning for low-temperature plasmas: methods and case studies, Angelo D Bonzanini 2023
- [5] Fridman, A. Plasma Chemistry. Cambridge University Press, 2008.
- [6] Bogaerts, A., Neyts, E. C., & Gijbels, R. (2002). Electrical discharge plasmas: fundamentals and applications. Plasma Sources Science and Technology, 11(4), 383-391.
- [7] arinont et al, Plant growth enhancement of seeds immersed in plasma activated water, Mrs Advances, 2017
- [8] H. Xiao et al, Diagnostic analysis of reactive species in plasma-activated water (PAW): current advances and outlooks, Journal of Physics D: Applied Physics, 2021
- [9] Kushner, M. J. (2005). Nonequilibrium plasmas: an introduction. Plasma Chemistry and Plasma Processing
- [10] Thirumdas R, Kothakota A, Annapure U, Siliveru K, Blundell R, Gatt R, et al. Plasma activated water (PAW): Chemistry, physico-chemical properties, applications in food and agriculture. Trends Food Sci Technol 2018
- [11] R. Zhou et al, Plasma-activated water: generation, origin of reactive species and biological applications, Journal of Physics D: applied physics, 2020
- [12] R. Anirudh et al, Data-driven plasma science, IEEE Transactions on plasma science, 2022.

Application of machine learning to choose the best method of plasma-activated water in agriculture field using plasma spectroscopic analysis

Arefeh Montazeri Shatori¹, Maryam Bahreini^{2*}, Solaleh Mansoori³, Saeed Hasanpoor⁴

¹ Bachelor student at the faculty of physics at Iran university of science and technology

² Assistant professor at the faculty of physics at Iran university of science and technology

³ Master student at the faculty of physics at Iran university of science and technology

⁴ Doctoral student at Laser and plasma research institute, Shahid Beheshti University

Corresponding author email: m_bahreini@iust.ac.ir

The production of plasma-activated water in the field of agriculture has been considered as a new and sustainable method to improve the quality and performance of products. The type of plasma as well as the activated water production process will have different effects on the product output. Therefore, classification of types of activated water according to the type of plant output product and chemical species induced by various plasma activation methods provides the possibility of routing the plant cultivation method according to the expected goal (growth speed, product volume, product quality, etc.). This article focuses on the application of machine learning in choosing the best method of producing plasma-activated water in the agricultural field using plasma spectroscopic analysis. The choice of the best conditions is discussed. The results of plasma spectroscopy analysis in this process and the results of this research and its applications in the field of agriculture have also been analyzed. Our results show that the use of machine learning in the field of agriculture leads to the improvement of production processes and productivity and can be used as a powerful tool for scientific research in this field.

Keywords: plasma spectroscopy, plasma activated water, python

طراحی صنعتی محفظه آکوستیکی برای هموژنایزر التراسونیک آزمایشگاهی

وحید فرتاش‌وند^{۱*}، زهرا حیدری^۱، رضوان عابدینی^۲

^۱گروه طراحی صنعتی، دانشکده هنر، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

^۲دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.alzahra@fartashvand.v

ایمیل ارائه‌دهنده: ir.ac.alzahra@fartashvand.v

چکیده

امواج التراسونیک به امواجی با فرکانس بالاتر از محدوده شنوایی انسان یعنی ۲۰ کیلوهرتز گفته می‌شود. این امواج کاربرد گسترده در صنایع مختلف نظیر صنایع شیمیایی، دارویی و بهداشتی دارند. در صورت اعمال ارتعاشات التراسونیک توان بالا به محیط مایع، پدیده کاویتاسیون ایجاد می‌شود که جهت همگن‌سازی محلول، ریزدانه کردن ذرات، عصاره‌گیری، امولسیون‌سازی استفاده می‌شود. با توجه به ساطع شدن امواج در محیط اطراف، ممکن است اثرات روانی و سلامتی بر روی افراد حاضر در اطراف تجهیزات التراسونیک داشته باشد. از اینرو بهتر است که با استفاده از یک محفظه مناسب، فرکانس‌ها و ساب‌هارمونیک‌های مربوطه مهار شوند. هدف از این مقاله، طراحی یک باکس با در نظر گرفتن الزامات کاربردی برای دستگاه هموژنایزر مدل FTI-UH-S20 ساخت شرکت فراصوت تجهیز ایرانیان است. برای این منظور، ابتدا الزامات استاندارد فرآیند تعیین و سپس بر مبنای استانداردهای ارگونومیکی طراحی صنعتی محصول انجام گردید و در نهایت بر اساس شرایط عملکردی و استاندارد، محفظه مناسب انتخاب شد.

کلیدواژه‌ها: هموژنایزر التراسونیک، امواج التراسونیک، طراحی صنعتی، بدنه استاندارد.

۱. مقدمه

امواج التراسونیک به صورت گسترده در صنایع مختلف کاربرد دارد. این امواج بر حسب شدت توان به دو دسته التراسونیک توان پایین (یا سیگنال) یا التراسونیک توان بالا (یا فرآیندی) تقسیم می‌شوند. محدوده توان پایین برای تشخیص وجود یا عدم وجود مواد نظیر سونوگرافی، فلومتری و تست غیرمخرب کاربرد دارد. امواج توان بالا بر اثر ورود به محیط‌های مختلف جامد، مایع یا گاز اثرات متفاوتی می‌گذارند و بر مبنای همین، کاربردهای مختلفی دارند. ورود امواج التراسونیک در محیط جامد منجر به نرم‌شوندگی آکوستیکی و آزادسازی تنش‌های پسماند و کاهش نیروی اصطکاک [۱] می‌گردد و بر همین اساس در فرآیندهای فرم‌دهی [۲]، ماشینکاری [۳] و جوشکاری کاربرد دارد. ورود امواج با شدت بالا به محیط مایع منجر به پدیده کاویتاسیون می‌گردد که کاربردهای مختلفی نظیر همگن‌سازی، ریزدانه‌سازی، عصاره‌گیری دارد. در جدول ۱ برخی از کاربردهای رایج صنعتی امواج التراسونیک ارائه شده است.

جدول ۱: برخی از کاربردهای صنعتی امواج التراسونیک توان بالا

کاربرد	توضیح	فرکانس (kHz)	شدت توان (W/cm ²)
شستشو	شستشو ناشی از انفجار حباب‌های کاویتاسیون در محیط مایع	۲۰-۵۰	۱-۶
لحیم‌کاری و بریزنیگ	زدودن فیلم اکسید برای اجرای فرآیند بدون فلاکس		۱-۵۰
جوشکاری پلاستیک	جوشکاری مواد ترموپلاستیک	۲۰-۴۰	۱۰۰
جوشکاری فلزات نرم	جوشکاری فلزات همجنس و غیرهمجنس با قابلیت شکل‌پذیری بالا	۲۰-۶۰	۲۰۰۰
اکستراکت	استخراج عطر، آب‌میوه، عصاره گیاهان	۲۰	۱۰۰-۵۰۰
اتمیزاسیون	اتمیزاسیون سوخت و دارو و مواد لایه نشانی روی سطح	۱۰۰-۲۰	-
هموژناسیون	همگن‌سازی محلول‌ها، ریزدانه‌سازی، امولوسیون‌سازی	۲۰-۴۰	-
خشک‌کن	خشک کردن پودرهای حساس به حرارت	۴۰	۷۸۰
دوخت منسوجات	امتزاج منسوجات ترموپلاستیکی	۱۰-۳۵	-

۲. هموژنایزر التراسونیک

اعمال ارتعاشات التراسونیک با فرکانس و شدت بالا به محیط مایع منجر به پدیده کاویتاسیون می‌گردد که در اثر آن نیروهای برشی بسیار شدید ایجاد شده و سبب تولید یک میکسر با شدت فوق العاده می‌گردد. هموژنایزر التراسونیک شامل یک منبع تغذیه است که وظیفه تبدیل جریان الکتریکی با فرکانس برق شهری به فرکانس بالا را بر عهده دارد. این جریان در ترانسدیوسر التراسونیک، توسط المان‌های پیزوالکتریک تبدیل به ارتعاشات مکانیکی می‌گردد. این نوسان‌ها از طریق هورن به محیط پردازش وارد می‌شوند. هموژنایزرهای التراسونیک می‌توانند برای کاربردهای مختلف نظیر موارد ذیل مورد استفاده قرار گیرند:

- همگن‌سازی: ایجاد ترکیب‌های یکنواخت
- پراکندگی: پراکنده کردن ذرات جامد در مایع برای ایجاد سوسپانسیون پایدار بخصوص در نانو-دیسپرسرها
- امولوسیون‌سازی: ایجاد امولوسیون پایدار و نانوامولوسیون از طریق شکستن و پراکنده کردن مایع‌های مخلوط نشدنی نظیر آب و روغن
- شکستن سلولی: امواج التراسونیک می‌توانند سلول‌های باز را بشکنند تا ترکیبات درون یاخته‌ای نظیر پروتئین، اسید نوکلئیک، آنزیم و متابولیت‌ها را استخراج کند.
- گاز زدایی: خارج کردن گاز حل شده در مایع
- کاتالیزور فرآیندی: تسریع واکنش‌های شیمیایی تحت امواج التراسونیک نظیر سنتز سونوشیمیایی، کاتالیز یا تجزیه

۳. الزامات آکوستیکی

به منظور جلوگیری از اثرات ناخوشایند قرارگیری در معرض امواج التراسونیک نیاز است تا در فرآیندها در محیطی آکوستیک صورت پذیرد. اثرات فیزیکی و بیولوژیکی امواج توان بالای التراسونیک شامل پدیده کاویتاسیون و میکروجریان در مایعات، ناپایداری سطحی در سطح تماسی مایع-مایع و مایع - گاز، ایجاد حرارت و نرم‌شوندگی آکوستیکی در مواد جامد، ایجاد حرارت در محیط‌های مایع. در صنایع با کاربرد التراسونیک توان بالا، محصول مدنظر باید در معرض امواج التراسونیک با شدت مطلوب و کافی قرار گیرد تا تغییرات فیزیکی دائمی در آن پدیدار گردد. مهمترین ایراد برای کاربر، قرارگیری تصادفی در معرض امواج التراسونیک است. از ظرفی، اکثر کاربردهای آزمایشگاهی، صنعتی و تجاری امواج التراسونیک منجر به ایجاد سطح بالایی از فشار صوت در هوا در محدوده صوتی و فراصوتی می‌گردد که ممکن است منجر به آسیب به سیستم شنوایی گردد. در مطالعه‌ای که توسط کارنز و دان انجام شده [۱]، تعداد چهار عدد از یکصد و پنجاه موش در معرض هموژنایزر التراسونیک با فرکانس ۲۵ کیلوهرتز و شدت ۱۵ دچار آسیب بافتی شدند. سطح فشار صوت کمتر از ۱۲۰ دسی بل در محدوده التراسونیک نمی‌تواند منجر به افت شنوایی گردد. در صورت قرار گرفتن در معرض التراسونیک با شدت بالا، علائم بالینی شامل سردرد، حالت تهوع، زنگ گوش، گیجی، خستگی و درد است که این علائم کاملاً وابسته به شدت و طیف فرکانسی التراسونیک است. به منظور حفظ ایمنی و سلامتی پرسنل نیاز است تا در ابتدا با تمهیدات مهندسی سطح شدت توان التراسونیک کاهش یابد تا از حد مجاز 120 dB فراتر نرود که این امر با کاهش صدا در منشا یا در مسیر با نصب مواد عایق صوت انجام می‌شود. اگر این تمهیدات اندیشیده نشود، باید از گوشی استفاده کرد. در محدوده فرکانسی التراسونیک، اقدامات محافظتی ارزانت‌تر و ساده‌تر است، زیرا فرکانس‌های التراسونیک به راحتی درون محفظه جذب و منعکس می‌گردند. برای ساخت محفظه می‌بایست از موادی با مقاومت به خوردگی بالا نظیر فولاد زنگ‌نزن، مواد پلیمری نظیر پلکسی‌گلاس، پی‌وی‌سی و پلی‌کربنات استفاده کرد.

۴. رویه طراحی

غیراستاندارد بودن فرم و بدنه یک دستگاه یکی از عوامل بروز آسیب‌های فیزیکی و روانی است. کار با دستگاه‌های صنعتی که از نظر فرم غیراستاندارد هستند باعث بروز آسیب‌های فیزیکی و روانی برای فردی که به‌صورت مداوم با دستگاه کار می‌کند می‌شود و سلامت جسمی و روانی او در معرض خطر قرار می‌دهد و راندمان کاری فرد را کاهش می‌دهد. همین‌طور زیبایی بدنه دستگاهی صنعتی هم باعث تاثیر روانی مثبت بر روی اپراتور می‌شود و هم باعث فروش بهتر محصول می‌شود. از این‌رو طراحی بدنه یک دستگاه صنعتی برای کارفرما اهمیت دارد.

در طراحی محفظه برای دستگاه هموژنایزر التراسونیک، می‌بایست علاوه بر کاهش سطح شدت صوت، احتمال اجرای سنترهای شیمیایی درون محفظه در نظر گرفته شود و تمهیداتی جهت جلوگیری از آسیب رسیدن به اپراتور توسط این مواد اندیشیده شود. همچنین ارگونومی کاربر لحاظ گردد. با توجه به اینکه محصول به صورت تجاری در نظر گرفته می‌شود، باید الزامات زیبایی شناسی نیز در نظر گرفته شود. در گام بعد، برآورد هزینه تولید محصول نیز ملاک طراحی است.

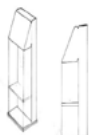
برای ارزیابی پوسچر از روش سریع مواجهه QEC^1 استفاده شد. در این روش، امکان ارزیابی مواجهه اپراتور با طیفی از ریسک فاکتورهای اختلالات اسکلتی عضلانی وجود دارد یعنی مشخص می‌کند چه بخش‌هایی از بدن تحت فشار غیراستاندارد است که بر اساس برگه چک لیست/امتیاز اطلاعات جمع‌آوری می‌گردد. طبق نتایج بیشترین سطح درگیری مربوط به ناحیه گردن می‌باشد. خمش یا پیچش بیشتر از ۲۰ درجه برای گردن وضعیت نامطلوب است. یکی دیگر از ریسک‌هایی که هنگام کار با دستگاه در این ارزیابی مشخص شد ارتعاش (صدای زیاد دستگاه) است که باید برای حل آن اقدام اصلاحی انجام شود. استرس و سرعت انجام کار هم در این ارزیابی مورد بررسی قرار گرفت که نتیجه مطلوب بود.

۵. نتایج و بحث

با بررسی هموژنایزرهای موجود در بازار و تطبیق با موارد استاندارد، چک لیستی تهیه شد و بر اساس آن اتودهایی زده شد و از نظر ساخت مورد ارزیابی قرار گرفت.

چک لیست اتودها: جایگذاری مناسب منبع تغذیه، انتخاب محل درست برای مانیتور، دسترسی مناسب به کلید استارت بررسی روش‌های مختلف برای تنظیم ارتفاع نمونه، توجه به عایق بودن باکس برای صوت و آلاینده‌های شیمیایی در جدول ۲ اتودها بر اساس مزایا و معایب ارزیابی شده‌اند.

جدول ۲: ارائه طرحها و انتخاب طرح برتر

اتود	توضیحات
	صفحه‌نمایش در این طرح در ارتفاع مناسب قرار دارد و زاویه درستی نسبت به چشم دارد که از بروز خطا جلوگیری می‌کند.
	فضای جلوی باکس شیشه‌ای می‌باشد. مانیتور با شیب در نظر گرفته‌شده تا زاویه بهتری نسبت به چشم داشته باشد. فضای در نظر گرفته‌شده برای منبع تغذیه زیاد می‌باشد و همین‌طور شیشه عایق صوت ضعیفی است که در این طرح فضای زیادی به شیشه اختصاص داده شده است. ارتفاع محصول زیادی بلند و فرم نهایی محصول نامتناسب می‌شود.
	در این ایده پردازی منبع تغذیه در پایین و زیر کار قرار دارد، مانیتور در پایین قرار دارد. جلو و عقب باکس شیشه‌ای در نظر گرفته شده است، تنظیم ارتفاع با صفحه بالابرنده هست. مانیتور با شیب در نظر گرفته شده تا زاویه بهتری نسبت به چشم داشته باشد.
	جلو و عقب کار در این طرح شیشه‌ای می‌باشد. در اینجا برای تنظیم ارتفاع التراسونیک جابه‌جا می‌شود منبع تغذیه در این طرح جدا در نظر گرفته شده است و این طرح صرفاً طراحی باکس است. ارتفاع این طرح بلند است و و مانند اتود متناسب نمی‌شود.
	مانیتور با شیب مناسب در بالای محفظه قرار دارد. جلو کار درب شیشه‌ای قرار می‌گیرد خط کاری روی محفظه نشان‌دهنده تفاوت عمق اندک است که برای گیرایی بیشتر محصول در نظر گرفته شده است. برای تنظیم ارتفاع در این طرح از جک آزمایشگاهی استفاده می‌شود. این طرح به عنوان طرح نهایی تأیید شد هم از لحاظ فرمی هم ساخت تأیید شد
	جلو و پشت این کار شیشه قرار داده شده است برای تنظیم ارتفاع از صفحه بالابرنده استفاده شده است. منبع تغذیه در بالای محفظه قرار گرفته است. مانیتور در بالای منبع تغذیه قرار دارد اما در این طرح مانیتور بدون شیب هست. نظر کارفرما: این طرح هم از طرح‌های انتخاب شده بود که قابلیت ساخت دارد.

۶. نتیجه گیری

استفاده از هموژنایزهای آزمایشگاهی/صنعتی التراسونیک نیازمند در نظر گرفتن تمهیداتی برای جلوگیری از آسیب روانی و سلامتی به کاربر می‌باشد. از اینرو در این مقاله، یک محفظه مناسب برای هموژنایزر مدل FTI-UH-S20 طراحی و ساخته شد. اتود تایید شده با رعایت اصول ساخت و جزییات کامل مدل سازی سه بعدی شد.



منابع:

۱. Fartashvand V, Abdullah A, Vanini SAS. Investigation of Ti-6Al-4V alloy acoustic softening. Ultrasonics Sonochemistry ۲۰۱۷; ۳۸:۷۴۴-۷۴۹.
۲. Fartashvand V, Abedini R, Abdullah A. Influence of ultrasonic vibrations on the properties of press-and-sintered titanium. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture ۲۰۲۲; ۲۳۶ (۱۱): ۱۵۱۸-۱۵۲۵.
۳. Abdullah A, Sotoodezadeh M, Abedini R, Fartashvand V. Experimental study on ultrasonic use in dry creep-feed up-grinding of aluminum ۷۰۷۵ and Steel X۲۱۰Cr۱۲. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing ۲۰۱۳; ۱۴: ۱۹۱-۱۹۸
۴. محمدی ع، عابدینی ر، عبدالله ا، فرتاش‌وند و. بررسی سمت و سوی کاربرد ارتعاشات توان بالای فراصوت در فرآیندهای جوشکاری، نشریه علمی صوت و ارتعاش
۵. Carnes KI, Dunn F. Low-kilohertz-water-borne ultrasound biological effects. Radiat Environ Biophys. ۱۹۸۶; ۲۵ (۳): ۲۳۵-۲۴۰.

مقاله‌های پوسترها

کنترل میانی تجهیزات آزمایشگاهی در فاصله زمانی بین دو کالیبراسیون متوالی

مهری ندیری نیری^{۱*}، صفا سراج مهدیزاده^۱

۱- شرکت طنین پیک سبلان (تولیدکننده توبه‌های بتا)، آزمایشگاه تحقیقاتی، شهرک صنعتی شماره ۲، اردبیل، ایران

۳۳۸۷۳۱۶۸-۰۴۵

* ایمیل نویسنده مسئول: mnadiriniri@yahoo.com

ایمیل ارائه‌دهنده: mnadiriniri@yahoo.com

چکیده

کنترل میانی تجهیزات اندازه‌گیری مورد استفاده در آزمایشگاه‌های حوزه آزمون، کالیبراسیون، پزشکی و حتی بازرسی فنی، جهت حصول اطمینان از اعتبار نتایج آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش کنترل میانی کولیس ارتفاعسنج دیجیتالی و ترازو مورد بررسی قرار گرفته است. جهت انجام کنترل میانی ترازو و کولیس به ترتیب وزنه مرجع ۱۰۰ گرمی و گیج بلوک با ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر به کار گرفته شد. در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ۲۱ minitab وجود یا عدم وجود خطای معنادار برای نتایج حاصل از اندازه‌گیری با تجهیزات اشاره شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. سپس آریبی یا مقدار خطای موجود محاسبه شده است و در نهایت با مقایسه مقدار خطای موجود با حداکثر خطای مجاز تعریف شده برای تجهیزات، به نتیجه‌گیری در رابطه با قبول یا عدم قبول خطا پرداخته شده است. حداکثر خطای موجود نیز از استاندارد انجام آزمون به شماره ۶۳۳۶ INSO اخذ گردید. نتایج حاصل حاکی از آن می‌باشند که به دلیل پایین بودن خطای نتایج حاصل از اندازه‌گیری با کولیس و ترازو در مقایسه با حداکثر خطای مجاز، صحت عملکرد تجهیزات مورد تأیید بوده و استفاده از آنها در آزمایشگاه بلامانع می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: کنترل میانی، کولیس، ترازو، وزنه مرجع، گیج بلوک

1- مقدمه

کنترل میانی تجهیزات در نسخه ۲۰۱۷ استاندارد ملی و بین‌المللی ۱۷۰۲۵ به عنوان یکی از روشهای کنترل کیفیت داخلی به حساب می‌آید. این فعالیت بایستی مانند سایر فعالیتهای کنترل کیفیت داخلی در خود آزمایشگاه و با استفاده از نمونههای کنترلی مناسب از جمله استانداردهای اندازه‌گیری و یا مواد مرجع انجام شود. در واقع کنترل میانی به این منظور انجام میشود که به کالیبره بودن تجهیزات اندازه‌گیری در فاصله بین دو کالیبراسیون متوالی آنها اطمینان حاصل شود.

در کنترل میانی تجهیزات آزمایشگاه صرف‌نظر از روش مورد استفاده در اجرای آن، توصیه میشود بلافاصله پس از کالیبراسیون استانداردهای مرجع و کاری (در آزمایشگاههای کالیبراسیون) و دستگاههای اندازه‌گیری آزمایشگاهی (در آزمایشگاههای آزمون و پزشکی) که توسط تأمینکنندگان بیرونی با صلاحیت و دارای پروانه معتبر از نهادهای تأیید صلاحیت انجام میشود یا اگر در دامنه تأیید صلاحیت خود آزمایشگاه باشد، توسط خودش با استفاده از استانداردهای اندازه‌گیری مرجع یا مواد مرجع به خصوص مواد مرجع گواهی‌شده (CRM) انجام میشود، نسبت به تعیین معیارها و حدود پذیرش نتایج مانند مقدار هدف، محدوده‌های هشدار ($\pm 2SD$) و محدوده‌های کنترلی ($\pm 3SD$) اقدام گردد. اگر طی کنترل میانی مشخص شود از این معیارها تجاوز صورت گرفته است، آزمایشگاه بایستی اقدام اصلاحی مناسب و در صورت لزوم اقدام فوری به عمل بیاورد.

فرکانس توصیه شده برای انجام کنترل میانی تجهیزات، به ریسک مرتبط با اطمینان از اعتبار نتایج و پیامدهای مختلف آن بستگی دارد. بدیهی است پیامدهای ریسک نتایج نادرست برای مشتری، تجارت، سلامتی جامعه یا مشتری یا ترکیب آنها هر چه بیشتر و بزرگتر باشد، فرکانس کنترل میانی را باید افزایش داد و به عبارت دیگر در فواصل زمانی کوتاهتری این بررسیها را انجام داد. بنابراین برای تعیین فرکانس کنترل میانی بهتر است ارزیابی ریسک انجام شود. تواتر فعالیتهای کنترل کیفی داخلی و از جمله کنترل میانی تجهیزات به صورت زیر تعیین میشود: ۱) برای آزمونهای با سطح ریسک کم تواتر فعالیتهای کنترل کیفی هر ۳ ماه یکبار یا هر ۶۰ نمونه یکبار میباشد. ۲) برای آزمونهای با سطح ریسک متوسط تواتر فعالیتهای کنترل کیفی هر ۲ ماه یکبار یا هر ۴۰ نمونه یکبار میباشد. ۳) برای آزمونهای با سطح ریسک بالا تواتر فعالیتهای کنترل کیفی هر ماه یکبار یا هر ۲۰ نمونه یکبار میباشد [۱-۳].

2- روش تحقیق

نرمافزار ۲۱ minitab یک بسته نرم‌افزاری آماری است که به وسیله آن میتوان تقریباً همه محاسبات آماری و نمودارهای مربوطه را انجام داد. همچنین این نرم‌افزار یکی از قویترین نرم‌افزارهای موجود در زمینه کنترل کیفیت آماری است. از این نرم‌افزار میتوان برای تجزیه و تحلیل دادههای گرفته شده از فرایند، تشخیص مشکلات موجود در فرایند تولیدی یا خدماتی، و غیره استفاده نمود. در این پژوهش نیز جهت کنترل میانی تجهیزات، از روش One sample T-Test به کمک نرم‌افزار minitab، استفاده شده است. تجهیزات به کارگرفته شده در این پژوهش، ترازو و کولیس ارتفاعسنج میباشد. برای کنترل میانی این تجهیزات نیز، وزنه مرجع ۱۰۰ گرمی و گیج بلوک با ابعاد ۲۰۰ میلی متر، مورد استفاده قرار گرفت.

3- بحث و نتایج

در کنترل میانی تجهیزات، در ابتدا با استفاده از نرم‌افزار ۲۱ minitab وجود یا عدم وجود خطای معنادار در دادههای حاصل از اندازه‌گیری با تجهیز بررسی میشود. برای این منظور، از روش One sample T-Test و پارامتر P-Value استفاده میشود.

فرضهای حاکم در این روش به صورت زیر است:

$$H_0: \text{Bias}=0, \quad P\text{-Value} \geq 0.05 \quad (1)$$

$$H_1: \text{Bias} \neq 0, \quad P\text{-Value} < 0.05 \quad (2)$$

به عبارت دیگر، در صورتی که در نتایج حاصل از نرم‌افزار ۲۱ minitab، مقدار P-Value بزرگتر یا مساوی ۰/۰۵ باشد، فرض H_0 مبنی بر عدم وجود خطای معنادار در نتایج حاصل از اندازه‌گیری با استفاده از تجهیز را نمیتوان رد کرد و خطای معنادار وجود ندارد، اما اگر مقدار P-Value کوچکتر از ۰/۰۵ باشد دلیل بر وجود خطای معنادار در بین نتایج اندازه‌گیری میباشد.

حال به منظور به دست آوردن پارامتر P-Value، مسیر زیر در نرم‌افزار استفاده شده و در پنجره باز شده، مقدار مرجع تعیین میشود و پس از انتخاب گزینه OK، به تحلیل نتایج حاصل از نرم‌افزار برای تشخیص وجود یا عدم وجود خطا پرداخته میشود

Stat<Basic statistic<One sample T-Test

پس از بررسی وجود یا عدم وجود خطا، مقدار خطا با استفاده از رابطه ۱ تعیین میشود. مقدار خطای به دست آمده با حداکثر خطای مجاز (MPE) برای تجهیز مقایسه میشود تا در رابطه با امکان استفاده از تجهیز تصمیمگیری شود. در صورتی که خطای به دست

آمده برای تجهیز کمتر از حداکثر خطای مجاز باشد، استفاده از آن بلامانع اعلام میشود. در غیر این صورت باید تا زمانیکه مشکل برطرف نشده است، استفاده از تجهیز متوقف شود. حداکثر خطای مجاز نیز از استاندارد انجام آزمون و یا گواهینامه کالیبراسیون تجهیز به دست می‌آید [۴-۷].

$$Bias = \bar{y} - y_{ref} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در واقع اریبی یا بایاس، اختلاف بین مقدار مرجع و میانگین نتایج اندازه‌گیری میباشد.

۳-۱- تحلیل نتایج کنترل میانی کولیس و ترازو

داده‌های حاصل از ۱۰ بار اندازه‌گیری جرم وزنه مرجع ۱۰۰ گرمی با استفاده از ترازو به صورت زیر میباشد:

۱۰۰.۰۰۱-۹۹.۹۹۹-۱۰۰.۰۰۰-۱۰۰.۰۰۰-۱۰۰.۰۰۱-۱۰۰.۰۰۰-۱۰۰.۰۰۱-۱۰۰.۰۰۰-۱۰۰.۰۰۱-۱۰۰.۰۰۱

$$y_{ref} = 100.000 \pm 0.0019 \text{ g}$$

در بررسی وجود یا عدم وجود خطا با استفاده از نرم‌افزار minitab، در سطح اطمینان ۹۵٪ برای آزمون مقایسه نتایج با یک مقدار مرجع (One sample T-Test)، با توجه به اینکه $P\text{-Value} \geq 0.05$ میباشد، لذا فرض H_0 مبنی بر عدم وجود اختلاف معنادار میان میانگین نتایج و مقدار مرجع رد نمیشود در نتیجه خطای معنادار نداریم. مقدار خطای جزئی موجود نیز که برابر با ۰.۰۰۰۴ میباشد، به دلیل اینکه از حداکثر خطای مجاز برای ترازو کمتر می‌باشد، قابل قبول است ($MPE=0.01 \text{ g}$). در نتیجه استفاده از این تجهیز در آزمایشگاه مجاز میباشد. نتایج حاصل از نرم‌افزار به صورت زیر میباشد:

Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI for μ
10	100.000	0.001	0.000	(100.000, 100.001)

μ : population mean of C1

Test

Null hypothesis $H_0: \mu = 100$
Alternative hypothesis $H_1: \mu \neq 100$

T-Value	P-Value
1.81	0.104

در کنترل میانی کولیس، نتایج ۱۰ بار اندازه‌گیری ابعادی گیج بلوک ۲۰۰ میلی متری با کولیس، به صورت زیر می‌باشد:

200.00-200.00-199.99-199.96-199.97-199.96-200.00-200.00-200.00-200.01(mm)

$$y_{ref} = 200 \pm 0.0058 \text{ (mm)}$$

حال در مقایسه میانگین نتایج با یک مقدار مرجع، با توجه به اینکه $P\text{-Value} \geq 0.05$ میباشد، لذا فرض H_0 مبنی بر عدم وجود اختلاف معنادار میان میانگین نتایج و مقدار مرجع رد نمیشود و در نتیجه خطای معنادار نداریم. مقدار خطای جزئی موجود نیز که برابر با ۰.۰۰۱۰۹ cm میباشد، به دلیل اینکه از حداکثر خطای مجاز برای کولیس کمتر میباشد، قابل قبول است ($MPE=0.1 \text{ cm}$). در نتیجه استفاده از این تجهیز در آزمایشگاه مجاز میباشد. نتایج حاصل از نرم‌افزار به صورت زیر میباشد:

Descriptive Statistics

N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI for μ
10	199.989	0.019	0.006	(199.976, 200.002)

 μ : population mean of C1

Test

Null hypothesis $H_0: \mu = 200$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu \neq 200$

T-Value	P-Value
-1.85	0.097

4- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کنترل میانی ترازو و کولیس ارتفاعسنج دیجیتالی با استفاده از وزنه مرجع ۱۰۰ گرمی و یک تکه از گیج بلوک با ابعاد ۲۰۰ میلی‌متر به کمک نرمافزار minitab ۲۱ انجام شد. در ابتدا با استفاده از داده‌های حاصل از نرمافزار به تحلیل وجود یا عدم وجود خطای معنادار برای نتایج اندازه‌گیری با تجهیز پرداخته شد. سپس مقدار خطای موجود برای تجهیز محاسبه شد. در نهایت مقدار خطای به دست آمده با حداکثر خطای مجاز برای تجهیز مقایسه شد تا تصمیم‌گیری در رابطه با امکان استفاده از تجهیزات در آزمایشگاه صورت پذیرد. نتایج حاصل از کنترل میانی هر دو تجهیز نشان دادند که خطای معنادار برای داده‌های حاصل از اندازه‌گیری با تجهیزات وجود ندارد و استفاده از آنها در آزمایشگاه بلامانع می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای صفا سراج مهدیزاده، مدیر عامل شرکت طنین پیک سبلان اردبیل، جهت همکاری صمیمانه‌شان در به ثمر رسیدن این مقاله پژوهشی کمال تقدیر و تشکر را دارم.

منابع

- [1]. A. AIAG, "Measurement systems analysis (MSA), " Reference Manual, Third Edition, The Automotive Industries Action Group, Troy, 2010.
- [2]. I. D. S. C. (IDS), "IDS-GDL-1484:2016 Guidelines for Quality Assurance of Measurement Results, 2016 ".
- [3]. Iso, "ISO Guide 80: 2014 Guidance for the In-house Preparation of Quality Control Materials (QCMs), "International Organization for Standardization, Geneva, 2014.
- [4]. ISO, "ISO 3534-1:2006 Statistics -Vocabulary and symbols-Part 1: General statistical terms and terms used in probability, " International Organization for Standardization, Geneva, 2006.
- [5]. ISO, "ISO 2854:1976 Statistical interpretation of data- Techniques of estimation and tests relating to means and variances, " International Organization for Standardization, Geneva, 1976.
- [6]. Iso, "ISO/IEC Guide 99:2007 International vocabulary of metrology-basic and general concepts and associated terms (VIM), "International Organization for Standardization, Geneva, 2008.
- [7]. ASTM, "ASTM E2782-2017 Standard Guide for Measurement Systems Analysis (MSA), 2017 ".

Intermediate check of laboratory equipment in the time interval between two successive calibrations

Niri^{1,*}, Safa Saraj Mehdizadeh¹, Nadiri Mehri

Research laboratory, Tanin Peak Sabalan Company (Beta), No. 2 Industrial Zone, Ardabil, Iran ¹

Corresponding Author's E-mail: mnadiriniri@yahoo.com*

Presenter's E-mail: mnadiriniri@yahoo.com

Abstract

Intermediate check of measuring equipment used in laboratories in the fields of testing, calibration, medicine and even technical inspection is of particular importance in order to ensure the validity of their results. In this research, the intermediate control of the digimatic height gauge and scale has been investigated. In order to perform the intermediate control of the scale and height gauge, a reference weight of 100 grams and a block gauge with dimensions of 200 mm were used, respectively. At first, using minitab 21 software, the presence or absence of significant error for the results of measurement with the mentioned equipment has been analyzed. Then the bias or the amount of error has been calculated. Finally, by comparing the amount of the existing error with the maximum allowed error defined for the equipment, a conclusion has been drawn regarding the acceptance or rejection of the error. The maximum permitted error was also taken from the test standard with number INSO 6336. The results indicate that due to the low error of the measurement results with height gauge and scale compared to the maximum permitted error, the correctness of the equipment's performance is confirmed and their use in the laboratory is unimpeded.

Keywords: Intermediate check, Equipment, Digimatic height gauge, Scale, Minitab 21 software.

بررسی وضعیت ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در آزمایشگاه‌های دانشگاهی (مطالعه موردی: دانشگاه محقق اردبیلی، پایش دوم)

محمد انوار^{۱*}، میرداریوش شکوری^۲، مهران شیرخانقاه^۳

۱- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، ایران

۲- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشیار گروه علوم دام، رئیس آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، ایران

۳- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری معماری کامپیوتر، کارشناس مسئول معاونت پژوهش و فناوری، اردبیل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: anvar@uma.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: anvar@uma.ac.ir

چکیده فارسی

حوادث ناشی از عدم رعایت اصول ایمنی در محیط کاری بصورت کلی و همچنین بصورت اختصاصی در آزمایشگاه و کارگاه فضاهای آموزشی در دنیا، افراد و کاربران را با مخاطرات جدی و گوناگون روبه رو مینماید. بطور عمده عملکرد نا ایمن ۹۰٪ و شرایط نا ایمن ۱۰٪ موجب بروز خطر است. استقرار و پایش نظام ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) در هر مجموعه بویژه فضای آموزشی و دانشگاهی که خود تولید کننده دانش و همچنین کاربران آن نیز از سطح تحصیلات بالایی برخوردار هستند، از امور مهم در دانشگاهها و مراکز تحقیقاتی میباشد که میتواند درصد بروز خطر را به میزان زیادی کاهش دهد. در این پژوهش که پایش دوم طرح میباشد، ارزیابی مرحله دوم از کلیه آزمایشگاهها و کارگاههای دانشگاه محقق اردبیلی به تعداد ۱۲۰ واحد انجام شد. برای ارزیابی استاندارد ایمنی OHSAS 18001 و آییننامههای حفاظت ملی و دانشگاهی و چک لیستهای ابلاغی وزارت عتف، چک لیست قبلی با ۱۵۰ مورد آماده و جهت انجام تحقیق یک گروه آموزشی با تعداد ۵ آزمایشگاه انتخاب و بر اساس آن بررسی شد. پس از دوره بررسی شش ماهه جهت بهبود شرایط و موارد دوباره همین چک لیست مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به راهنمایی کارشناسان و مسئولین امر، استقرار و یا ارتقاء برخی استانداردها، اضافه نمودن برخی تجهیزات؛ سطح ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد مورد انتخاب نسبت به سطح ابتدای پژوهش پایش دوم ۵٪ افزایش یافت و از سطح ۷۷٪ قبلی به سطح ۸۲٪ رسید و نتایج به شورای HSE دانشگاه گزارش شد و مقرر شد مجدداً در بازههای شش ماهه تا حصول ایمنی ۱۰۰ درصدی ادامه یابد و پس از آن نیز بطور مداوم جهت حفظ وضعیت استاندارد پایش و رصد صورت گیرد و مقرر شد پایش سوم برای سال آتی و با حضور تمام آزمایشگاهها و کارگاههای دانشگاه انجام شود.

کلید واژه‌ها: ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، ارزیابی، دانشگاه، آزمایشگاه.

۱. مقدمه

ایمنی در هر سازمان عبارت است از فعالیتهایی به منظور پیشگیری و کاهش وقوع حادثه و کنترل خطرات میباشد. محیط کاری باید بصورتی باشد که صدماتی به شاغلین و یا کاربران وارد نشود. محیط آموزشی و دانشگاه که خود وظیفه تولید دانش و تربیت دانشجو را دارد باید محیطی فراهم شود که عاری از خطر و یا حداقل در معرض خطر قرار گرفتن در آن لحاظ شود. محیط کاری و بوط مشخص آزمایشگاه باید دارای شرایط استاندارد باشد تا کاربران با آسودگی خاطر در آن به فعالیت علمی و پژوهشی خود پرداخته و پس از اتمام کار روزانه به سلامت از آن خارج شوند. زندگی شغلی کارشناسان و دانشجویان که بخش عمده‌ای از ساعات روزانه خود را در آن طی میکنند باید همراه با تأمین امنیت و سلامت باشد. در کشور ما معمولاً در اکثر مکانهای شغلی و حتی زندگی استانداردهای لازم رعایت و یا حتی ایجاد نمیشود و باعث بروز خطر در کوتاه مدت و یا آسیبهایی بلند مدت و مزمن میشود. تأمین شرایط استاندارد محیط کاری از عوامل مختلف نظیر شدت و میزان نور، دما، رطوبت، آلودگی صوتی، ذرات معلق، ابزار ایمن، وسایل حفاظت فردی و ... بوده و عدم جود و یا پوشش مناسب هر یک از عوامل باعث بروز اختلال در کار و افزایش احتمال بروز حادثه و یا صدمات جسمی و روحی مزمن و طولانی مدت میشود. بررسی استانداردهای لازم برای استقرار و یا ارتقاء در آزمایشگاههای دانشگاهها هزینه زیادی را نمیطلبد و هر گونه هزینه انجام شده نیز در مقابل پیشگیری از حوادث و تحمیل هزینههای گزاف و گاه جبران ناشدنی قابل قیاس نمیباشد. برای تحقق این اهداف استانداردهای گوناگونی تعریف و اجرا میشود که استقرار هر کدام الزاماتی را در پی دارد که عمومی بوده و با هزینههای اندکی در تمام سیستمها و مکانها قابلیت اجرایی دارد.

پژوهشهای مختلفی در این زمینه تاکنون در داخل و خارج از کشور انجام شده و برخی نتایج قابل توجهی داشته و در برخی نیز منجر به افزایش ضریب ایمنی در سیستم شده است. دایر و همکاران (۱۹۹۹) [۱] با بررسی ایمنی در آزمایشگاههای محیطهای آموزشی، وو و همکاران (۲۰۰۷) [۲] در بررسی تأثیر عوامل سازمانی و فردی بر ایمنی آزمایشگاه دانشگاهها، کو و همکاران (۲۰۱۲) [۳] با برنامههای ایمنی در کارگاهها و آزمایشگاههای مهندسی، بشیری نسب و همکاران (۱۳۸۹) [۴] در مدیریت HSE برای دانشگاهها و مراکز آموزش عالی، به بررسی عوامل ذکر شده پرداخته و راهکارهایی را ارائه داده‌اند.

۲. روش تحقیق

هر یک از آزمایشگاههای آموزشی و یا تحقیقاتی دانشگاهی اهمیت زیادی برای سیستم دانشگاهی دارند. در بسیاری از دانشگاهها نیز بدلیل کمبود فضا و یا امکانات و تجهیزات برخی آزمایشگاهها دو منظوره بوده و همزمان استفاده آموزشی و تحقیقاتی از آنها میشود. برخی از عواملی که لازم است توجه جدی به آنها شود به شرح زیر است:

- جمعیت جوان کاربر؛
- تراکم بالای دانشجو و کارشناسان؛
- وجود شرایط فرهنگی متفاوت با توجه به ترکیب جمعیتی بومی و غیر بومی هر دانشگاه و نوع برخورد آنها با شرایط؛
- دانشجویانی که برای اولین بار پا به محیط آزمایشگاهی میگذارند و نیاز به آموزش و کنترل دارند؛
- در بخش آموزشی تعداد ورودی به محیط نسبت به بخش خصوصی و یا تحقیقاتی زیاد است؛
- انجام برخی آزمایشات برای بار اول در آزمایشگاههای تحقیقاتی و ناشناخته بودن پیامدهای آن که نیاز به دقت و کنترل و پیشگیری عوامل خطر ساز دارد؛
- عدم آشنایی کامل دانشجویان به کارکرد تجهیزات و یا مواد مورد استفاده و نحوه استفاده از آنها و رعایت نکات ایمنی و برخورد احتمالی با خطرات آنها؛
- سطح بالای تحصیلات و وجود شرایط خاص برخورد با این قشر و توقعات متقابل آنها از سیستم و کارشناسان امر؛
- وجود مواد شیمیایی، بیولوژیکی و در کل خطر آفرین؛
- پتانسیل بالای بروز حوادث نظیر انفجار، آتش سوزی، برق گرفتگی و ...؛
- وجود فضای بسته؛

- و ...

در این تحقیق تعداد ۱۲۰ آزمایشگاه و کارگاه دانشگاه محقق اردبیلی مورد ارزیابی پایش دوم قرار گرفته است. بر اساس بررسی وضع موجود به روش توصیفی - تحلیلی و احصای مسائل قابل توجه در همه آنها، آزمایشگاههای یک گروه آموزشی انتخاب و بر اساس سیستم استاندارد HSE در عرض شش ماه شروع به رفع موارد و نقایص شده و پایش مستمر صورت گرفته است.

کلیه سوابق امر در این ۵ آزمایشگاه، وضعیت کلی بر اساس بررسی متخصصین ایمنی آزمایشگاه مرکزی دانشگاه، پتانسیل خطرات موجود، محدودیتهای اجرای برخی ضوابط نظیر تغییرات ساختمانی و ... و با مطالعه استانداردهای زیر:

- اصول کلی سیستمهای HSE و استاندارد نظیر OHSAS 18001:2007 و ISO 14001:2004 و استاندارد الزامی 17025
- اصول و الزامات فضاهای آموزشی دانشگاههای ساسکاچوان، میشیگان، دانشگاه ادینبورگ، دانشگاه واترلو، دانشگاه دورهام، مدرسه پزشکی استنفورد، دانشگاه بریتیش کلمبیا UBC، دانشگاه تربیت مدرس
- اصول و الزامات HSE در صنایع نفت و گاز، پتروشیمی و صنایع شیمیایی
- نظامنامه ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) وزارت عتف

و اخذ نظرات مسئولان و کارشناسان آزمایشگاه، اساتید متبحر در زمینههای آزمایشگاهی و همچنین نظرخواهی از دانشجویان تحصیلات تکمیلی در کارگاههای ایمنی دانشگاه، چک لیستی حاوی ۱۵۰ مورد و سوال طراحی و در ابتدای طرح و همچنین بعد از شش ماه در این آزمایشگاههای مورد بررسی تکمیل شد. در طول شش ماه نیز موارد مختلفی نظیر تأمین برخی تجهیزات، بهینه سازی برخی موارد نظیر ثابت سازی و مهرا کردن کپسولها و سیلندرها، رسیدگی به وضعیت برق، ساماندهی وضعیت MSDS مواد شیمیایی و بهینه سازی وضعیت انبار مواد شیمیایی، تدوین برخی دستورالعملها، تهیه و نصب برخی علائم هشدار، آموزش کارشناسان و دانشجویان، جلسات مکرر با مسئولان و کارشناسان دانشکده، گروه و آزمایشگاه جهت ارتقاء اطلاعات، بازآموزی، هماهنگی و ملزم سازی اجرا و رعایت استانداردها، بهره گیری از عوامل تشویقی، ارائه اطلاعات علمی و فنی کاربردی و ... انجام شد.

این ۱۵۰ سوال و مورد چک لیست در بررسی ممیزی ایمنی آزمایشگاهها شامل موارد زیر میشود:

- خط مشی ایمنی و HSE
- اهداف و برنامهها و استراتژیهای ایمنی و HSE
- مسئولیت و پاسخگویی
- مدیریت منابع
- ارتباطات
- آموزش
- شناسایی و اجرای الزامات قانونی و سایر الزامات و استانداردها
- ارزیابی و مدیریت ریسکهای ایمنی، بهداشتی و محیط زیستی
- مستندسازی و کنترل و پایش مستندات
- دستورالعملها، شیوهنامهها و روشهای اجرایی
- کنترل
- مدیریت شرایط اضطراری و بحران و حادثه
- پایش و اندازهگیری
- گزارش دهی، بررسی و تجزیه و تحلیل مسائل
- ممیزی
- بازنگری فرآیندها و مدیریت

- مدیریت ایمنی و بهداشت
 - سطح دانش عمومی و تخصصی مسئولان، کارشناسان و دانشجویان
 - دستورالعمل‌های حفاظتی و ایمنی
 - نظافت عمومی
 - کمک‌های اولیه و امداد
 - عوامل فیزیکی (خطرات، صدا، ارتعاشات و ...)
 - ایمنی برق
 - آتش و انفجار (عوامل ایجاد کننده، سیستم هشدار و اعلان، کپسول‌های آتش نشانی، سطل شن، سنسورهای قطع گاز و ...)
 - عوامل شیمیایی (نگهداری، انبار، جابجایی، مصرف و کنترل و ...)
 - لوازم حفاظت فردی (مورد نیاز دانشجویان و کارشناسان نظیر روپوش، دستکش‌های معمولی و ویژه؛ ماسک و ...)
 - علائم ایمنی (پوسترها و علائم ایمنی مورد نیاز محیط و وسایل و ابزار و مواد)
 - ارگونومی (پیشگیری از صدمات اسکلتی و عضلانی به کاربران)
- که هر کدام از موارد ذکر شده به سوالات جزئی‌تر و تخصصی‌تر تقسیم شده‌اند. که در تمامی موضوعات مواردی برای سنجش وجود دستورالعمل‌ها و مستندات ایمنی، آموزش ایمنی و رفتارهای ناایمن و وسایل و تجهیزات و علائم ایمنی موجود تدوین شده است.

۳. نتیجه‌گیری

پس از پژوهش، با توجه به راهنمایی کارشناسان و مسئولین امر، استقرار و یا ارتقاء برخی استانداردها، اضافه نمودن برخی تجهیزات؛ سطح ایمنی، بهداشت و محیط زیست واحد مورد انتخاب نسبت به سطح مرحله اول پایش پژوهش ۵٪ افزایش یافت و از سطح ۷۷٪ قبلی به سطح ۸۲٪ رسید و نتایج به شورای ایمنی، بهداشت و محیط زیست HSE دانشگاه گزارش شد و مقرر شد در هر بازه شش ماهه تا حصول ایمنی ۱۰۰ درصدی ادامه یابد و پس از آن نیز بطور مداوم جهت حفظ وضعیت استاندارد پایش و رصد صورت گیرد و همچنین برنامه ریزی شود تا کلیه آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه تحت پوشش این طرح قرار بگیرد.

سپاسگزاری

لازم است از تشریک مساعی رئیس محترم آزمایشگاه مرکزی دانشگاه، همکاری روسای محترم دانشکده‌ها و مدیران محترم گروه و نمایندگان HSE دانشکده‌ها و مشارکت فعال و همکاری صمیمانه مسئولان و کارشناسان محترم کلیه آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های دانشگاه محقق اردبیلی سپاسگزاری نماییم. همچنین قدردان حمایت‌های ویژه معاون محترم پژوهش و فناوری دانشگاه جهت انجام این پژوهش و کابردی نمودن نتایج آن و افزایش سطح ایمنی دانشگاه نسبت به پایش قبل هستیم.

منابع

[۱] Dyer JE, Andreasen RJ. SAFETY ISSUES IN AGRICULTURAL EDUCATION LABRATORIES: A SYNTHESIS OF RE-SEARCH. Journal of agricultural education. 1999, 40(2)

[۲] Wu T-C, Lio C-W, Lu M-C. Safety climate in university and college laboratories: impact of organizational and individu-

al factors. Journal of Safety Research. 2007, 38(1): 91-102.

[۳] Koo KE, Zain ANM, Zainal SRM. Integration of Behaviour-Based Safety Programme into Engineering Laboratories and Workshop Conceptually. International Education Studies. 2012, 5(1): 88-104

[۴] بشیری نسب، م و جواهری، م. ۱۳۸۹. الگوی سیستم مدیریت HSE برای دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، دومین همایش ملی ساماندهی مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای با محوریت دانشگاه‌ها، پژوهشگاه‌ها و مراکز تحقیقات صنعتی. تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

Assessment of Safety, Health and Environment (HSE) status in University laboratories (Case Study: University of Mohaghegh Ardabili, The second leg)

Mohammad Anvar^{1*}, Mir Daryoush Shakouri^۲, Mehran Shirkhaneghah^۳

University of Mohaghegh Ardabili, Ph.D candidate of soil chemistry and fertility, responsible expert of Central Laboratory, Ardabil, Iran¹

University of Mohaghegh Ardabili, Associate Professor of the Department of Animal Science, Chairman of the Central Laboratory, Ardabil, Iran²

University of Mohaghegh Ardabili, Ph.D candidate in computer architecture, expert in charge of Research and Technology Vice-Chancellor, Ardabil, Iran³

Corresponding Author's E-mail: anvar@uma.ac.ir*

Presenter's E-mail: anvar@uma.ac.ir

Abstract

Accidents caused by non-observance of safety principles in the work environment in general, as well as specifically in the laboratory and workshop of educational spaces in the world, make people and users face serious and various risks. Mainly, 90% unsafe operation and 10% unsafe conditions cause danger. The establishment and monitoring of the safety, health and environment (HSE) system in any complex, especially the educational and university environment where the producers of knowledge as well as its users have a high level of education, is one of the important issues in universities and research centers that It can greatly reduce the risk. In this research, which is the second monitoring of the project, the second stage evaluation of all the laboratories and workshops of Mohaghegh Ardabili University, totaling 120 units, was carried out. To evaluate the OHSAS 18001 safety standard and the national and university safety regulations and the checklists notified by the Ministry of Defense, the previous checklist with 150 items was prepared and a training group with 5 laboratories was selected and reviewed based on that. After the six-month review period, the same checklist was reviewed again to improve the conditions and items. according to the guidance of experts and officials, establishing or upgrading some standards, adding some equipment; The level of safety, health and environment of the selected unit increased by 5% compared to the level at the beginning of the second monitoring research and reached 82% from the previous level of 77%, and the results were reported to the HSE Council of the University and it was decided to re-evaluate in six months to Achieving 100% safety should continue, and after that, monitoring and observation should be done continuously to maintain the standard situation, and was decided to conduct the third monitoring for the coming year with the presence of all laboratories and workshops of the university.

Keywords: Safety, Health and Environment (HSE), Assessment, University, Laboratory.

اندازه‌گیری نیتروژن خاک، گیاه، کود و مواد آلی به روش کلدال

محمد انوار^{۱*}، دکتر ناصر نظری^۲

- 1- دانشگاه محقق اردبیلی، دانشجوی دکتری شیمی و حاصلخیزی خاک، کارشناس مسئول آزمایشگاه مرکزی، اردبیل، ایران
- 2- دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، استادیار، مدیریت منابع خاک- پیدایش، رده بندی و ارزیابی اراضی، گروه علوم خاک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه، میانه، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: anvar@uma.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: anvar@uma.ac.ir

چکیده فارسی

با توجه به لزوم استفاده از روشهای استاندارد جهانی، دقت و قابلیت تکرار، روش کلدال به یک روش شناخته شده بین المللی به منظور تخمین محتوای ازت و پروتئینی در مواد مختلف و یک روش استاندارد جهانی تبدیل شده است. که تمامی روشهای دیگر نیز با آن سنجیده میشود. قبل از ظهور دستگاههای نیمه و تمام اتوماتیک برای این روش بوسیله دستگاه کلدال، از روش دستی استفاده میشد. از دستگاه کلدال همچنین به منظور ارزیابی خاکها، فاضلابها، کودها، مواد غذایی، گیاهان و سایر مواد استفاده میشود. اساس روش، اندازه گیری ازت کل موجود در نمونه مورد آزمایش بوده و در صورت نیاز به مقدار پروتئین موجود در ماده از روابط بین میزان ازت کل و پروتئین استفاده و محاسبه میشود. روش کلدال علی رغم ابداع توسط جوهان کلدال در سال ۱۸۸۳ و گذشتن قریب به ۱۴۰ سال از آن، همان اصول اولیه خود را حفظ کرده و تبدیل به یک روش بین المللی در آنالیز شیمیایی شده است. ولی به مدد فناوری و تجهیزات آزمایشگاهی سیر تکاملی بسیار جالبی را طی کرده و پیوسته دانشمندان، متخصصین دستگاهی و شرکتهای مختلف بین المللی بر روی کیفیت روش، سرعت و دقت آن و همچنین افزایش تعداد نمونه قابل اندازه گیری در طی یک روز و یک بازه زمانی قابل انجام آزمایش کار کرده و دستگاههای بهروزتری را به دنیا و دانشگاهها و آزمایشگاههای آنالیز شیمیایی ارائه کردهاند. تجهیزات بسیار ساده و ابتدایی آزمایشگاه جوهان کلدال و طی زمان طولانی و دقت پایین آزمایشات آن زمان، رفته رفته تبدیل به دستگاههای چندگانه و سپس نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک گشته و خطاهای انسانی آزمایش را نیز به حداقل ممکن کاهش داده و زمان انجام را بهبود بخشیده و تعداد نمونهها را به حداکثر ممکن افزایش داده است.

کلید واژه‌ها : آنالیز، خاک، روش، کلدال، نیتروژن.

۱. مقدمه

پروتئینها ترکیبات آلی پیچیده‌ای هستند که وزن مولکولی زیادی بین پانصد تا چند میلیون دارند. ساختمان آنها عموماً از ۵۳٪ کربن، ۲۳٪ اکسیژن، ۱۶٪ نیتروژن یا ازت، ۷٪ هیدروژن و کمتر از ۱٪ گوگرد و فسفر تشکیل شده است. در ارزیابی کیفیت پروتئین موجود در مواد غذایی، معمولاً از اندازه‌گیری پروتئین خام استفاده می‌شود.

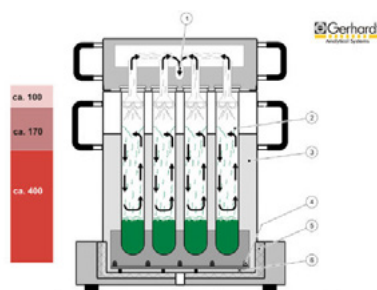
روش کلدال یا کجلدال روشی در شیمی تجزیه می‌باشد که از آن به منظور تعیین و مشخص سازی و آنالیز و تشخیص نیتروژن در مواد مختلف استفاده می‌شود. رایجترین روش برای اندازه‌گیری کل ازت موجود در مواد مختلف و به تبع آن محاسبه پروتئین خام، روش کجلدال است، که برای اولین بار در سال ۱۸۸۳ توسط دانشمند دانمارکی بهنام جوهان کلدال (JOHAN KJELDAHL) ارائه گردید و تاکنون از این روش برای تعیین میزان ازت استفاده می‌شود. در روش کلدال، اندازه‌گیری ازت کل به سه مرحله کلی هضم، تقطیر و تیتراسیون تقسیم بندی می‌شود. ساختار اصلی کلدال از حرارت دادن ماده اصلی مورد نظر با اسید سولفوریک می‌باشد. که ماده آلی را بر اساس اکسیداسیون تجزیه می‌کند تا به دنبال آن نیتروژن کاهش یابد و به صورت سولفات آمونیوم آزاد شود.

۲. روش تحقیق

به منظور برآورد درصد ازت، ابتدا نمونه مورد نظر را توسط اسید سولفوریک هضم نموده، و ازت موجود به صورت سولفات آمونیوم تبدیل می‌گردد. سپس ازت موجود در سولفات آمونیوم را به صورت آمونیاک آزاد و توسط اسیدبوریک به بورات آمونیوم تبدیل نموده و با استفاده از اسیدسولفوریک/۱. نرمال آن را تیتراً مینماییم و آنگاه با محاسبه اسید مصرفی مقدار ازت بدست می‌آید.

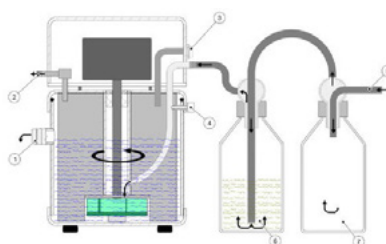
هضم:

مقداری از نمونه مورد نظر را داخل تیوپهای مخصوص ریخته و اسید و کاتالیزور را بر روی آن اضافه کرده و در اجاقهای مخصوص که اکنون الکتریکی هستند بصورت صعودی تا دمای ۴۰۰ درجه سانتیگراد حرارت داده و به اصطلاح هضم مینماییم. قابل ذکر است، میزان نمونه به درصد پروتئین رابطه مستقیم دارد. جهت تسریع در عملیات هضم، مخلوط کاتالیز سولفات مس و سولفات پتاسیم و دی اکسید سلنیوم اضافه می‌کنیم. جهت انجام آزمایش، مدت ۲/۵ الی ۲۴ ساعت مورد نیاز است. و رنگ سبز مایل به آبی یا سفید محلول، نشان دهنده اتمام واکنش هضم است (شکل ۱).



شکل ۱. سیستم هضم کلدال

برای تصفیه گازهای متصاعد شده از سیستم هضم و درون تیوپها نیز سیستمی طراحی شده است که با مکش گازها از بالای تیوپها بدون اینکه ذره ای از گازها به محیط آزمایشگاه منتشر شود و خنثی سازی آن درون ظرف محتوی آب شهری و تخلیه به مرور درون فاضلاب آزمایشگاه عمل میکند (شکل ۲).



شکل ۲. سیستم تصفیه گازهای تصعید شده از مرحله هضم

تقطیر:

محلول بدست آمده از مرحله هضم را بعد از سرد شدن با مقداری آب مقطر رقیق کرده و در یک سمت دستگاه تقطیر قرار میدهم، در سمت دیگر دستگاه ظرفی حاوی اسید بوریک ۲٪ و معرفهای قرمز و سبز را نیز قرار داده و به آرامی مقداری محلول NaOH را به لوله هضم اضافه میکنیم. محلول مورد استفاده برای هیدروکسید سدیم بصورت غلیظ ۴۰٪ و یا ۳۲٪ بسته به نوع ماده مورد آزمایش متغیر است. افزودن NaOH به محلول، باعث متصاعد شدن گاز آمونیاک شده و بعد از انجام عملیات تبرید، آمونیاک مایع وارد ظرف اسید بوریک میشود. برای تهیه معرف زمانی که تغییر رنگ از قرمز به سبز مشاهده شد، بورات آمونیوم حاصل گردیده است. معرف تیتراسیون ترکیبی از اسید بوریک، متیل رد و برومو کرزول گرین میباشد. در آخر جهت اطمینان، لوله‌های دستگاه را با آب مقطر شستشو میدهم.

تیتراسیون:

در این مرحله اسید سولفوریک ۱/۰ نرمال را به صورت قطره ای از طریق لوله مدرج بورت به محلول بورات آمونیوم اضافه میکنیم. زمانی که محلول از رنگ سبز به قرمز تغییر رنگ داد، حجم اسید مصرفی را در نظر میگیریم. درصد ازت موجود در نمونه از طریق روابط روش محاسبه میکنیم.

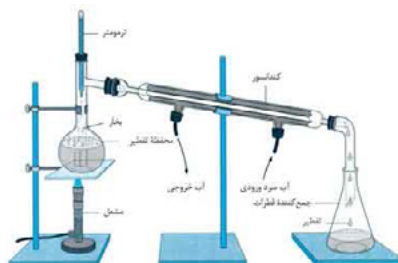
۳. نتایج و بحث

در بررسی روش کلدال و اجرای آن در آزمایشگاهها در طول سالیان سال تغییر خاصی رخ نداده است و اساس روش همان است که توسط جوهان کلدال ارائه شده است. اما در اجرای روش و مقدار مواد مصرفی و زمانهای انجام و یا ترکیبات برخی مواد ترکیبی یا محلولها و یا غلظت آنها بر اساس نوع ماده در حال اندازه گیری و یا نوع دستگاه و یا خصوصیات مناطق مختلف ماده استخراج شده از آنها بروز رسانیهایی صورت گرفته است. برای مثال در مورد خاک بسته به نوع خاک و بافت آن و تجربه مقدار ازت موجود در خاک مناطق مختلف در میزان مواد مصرفی و زمان برخی مراحل مثل هضم و تقطیر تغییراتی صورت میگیرد. این مساله در مورد گیاه و کود و انواع فاضلاب و مواد آلی نیز صادق است. برخی غلظتهای محلولهای تیتراسیون نیز بر اثر مقدار ازت موجود در ماده ممکن است تغییر کند. برای مثال ممکن است بر اساس بیشبود یا کمبود میزان ازت در خاک غلظت اسید سولفوریک مصرفی برای تیتراسیون ۱/۰ یا ۰/۱ یا ۰/۰۵ نرمال و میزان مصرف اسید سولفوریک غلیظ در ابتدای هضم که ممکن است ۹۵٪ یا ۹۸٪ باشد بین ۱۰ میلیلیتر تا ۲۰ میلیلیتر بر اساس درصد خلوص متغیر شود. یا بر اساس نوع پودر شده ماده اولیه برای خاک یا گیاه یا مواد غذایی و یا غیره میزان کاتالیزور یا نسبت ترکیب کاتالیزور تغییر کند. بهترین تصمیم گیری در این مورد علاوه بر اجرای روشهای علمی، تجربه آزمایش و همچنین انجام آزمونهای متعدد با ترکیبات، نسبتها و زمانبندی ها است تا یک متد ثابت برای نوع ماده به دست آید و بایستی همیشه اصل سیال بودن روش را در نظر گرفت که بر اساس تجربیات نویسنده مقاله در مورد خاک، گیاه، کود، فاضلاب، مواد غذایی و در مناطق مختلف اقلیمی، آب و هوایی و ژئومورفولوژی تجربه و استفاده شده است.

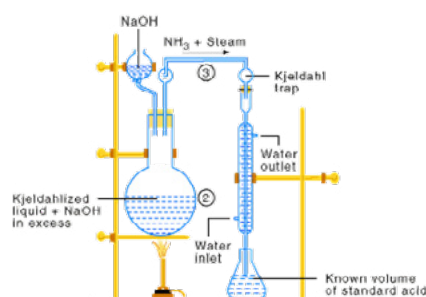
مساله دیگر در روش کلدال که البته به اجرای روش و دقت و سرعت و تعداد نمونه قابل اندازه گیری مربوط میشود، نوع دستگاه مورد استفاده است. تجهیزات مصرفی جوهان کلدال در عصر خود عبارت از بالن و چراغ الکلی و شیشه آلات ابتدایی بود که بر اساس اینکه ترکیب و تجزیه مواد مختلف خصوصاً کاربرد اسید سولفوریک غلیظ و همچنین سود غلیظ انجام میشد از ایمنی چندانی نیز برخوردار نبود و کمترین بی دقتی موجب بروز انفجار، آتش سوزی و پخش قطعات شیشه‌های شکسته و پاشش اسید و باز قوی به اطراف علی‌الخصوص چشم و صورت و لباس آزمایشگر میشد. به مرور زمان همزمان با کار بر روی صحت و دقت روش، بر روی تجهیزات قابل استفاده نیز کار شد و به مرور دستگاههای ابتدایی و نیمه اتوماتیک و هم اکنون تمام اتوماتیک ابداع و عرضه شد. یک مشکل و چالش نیز زمان آنالیز و تعداد نمونه بود. با توجه به اینکه عملیات هضم و تقطیر و تیتراسیون باید پیوسته بوده و مخصوصاً زمان هضم بسیار طولانی است و همچنین زمانی نیز در روش دستی و نیمه اتوماتیک باید برای سرد شدن صرف شود، برپا نمودن سریهای متعدد برای آنالیز با توجه به اینکه برای هر نمونه یکسری کامل تجهیزات لازم بود هم زمانبر بوده و هم مستلزم صرف هزینه زیاد و همچنین اشغال فضای زیادی از آزمایشگاه میشد. این چالش به مرور با تعبیه اجاقهای پر تعداد برای مرحله هضم چاره جویی شد و همزمان ۶ و بعداً ۱۲ و ۳۶ و ۴۸ و هم اکنون اجاقهایی با تعداد ۱۰۰ ظرفیت همزمان هضم نمونه ساخته شده است. چالش بعدی تقطیر تک تک این نمونهها بود و بعد از آن تیتراسیون نمونهها که روش دستی آن با خطای انسانی تشخیص تغییر رنگ و تعیین پایان تیتراسیون نیز همراه بود. مشکل این بخش خطای انسانی با تبدیل روش انسانی به روش تمام اتوماتیک دستگاهی چاره جویی شد ولی همچنان مشکل انجام تک تک نمونهها توسط اپراتور و جاگذاری در داخل دستگاه باقی بود که خود با خطراتی همراه بود. تکان داده شدن ناگزیر تیوپهای مخصوص هنگام جابجایی از اجاق هضم به درون دستگاه تقطیر مشکل و خطر بزرگی بود که هم اکنون نیز با توجه به اینکه دستگاه مورد استفاده اکثر مراکز دنیا بخصوص کشورهای توسعه نیافته و در حال توسعه از آن نوع است همچنان پابرجاست و لازم است کلیه اصول ایمنی و همچنین استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر روپوش، دستکش و عینک محافظ رعایت شود.

اما با توجه به توسعه و تحول بسیار سریع دستگاههای آنالیز مختلف با هر روش دیگر که چالش بزرگ آنها نیز اندازه گیری

تعداد بالای نمونه بود با دستگاه‌های جانبی کمک کننده جاگذاری نمونه داخل دستگاه، نظیر دستگاه‌های اسپکتروفتومتر، جذب اتمی، ICP، GC/MS و GC و یا TOC و CHNSO، هم اکنون پیشرفته ترین نوع دستگاه کلدال ارائه شده، قابلیت هضم همزمان ۱۰۰ نمونه و همچنین جاگذاری به ترتیب این نمونه‌ها داخل دستگاه تقطیر و تیتراسیون تمام اتوماتیک و همچنین محاسبه تمام آنالیزها و انتقال داده به کامپیوتر و چاپ آن را دارا می‌باشد که تحول بزرگی محسوب می‌شود. از بابت زمانبندی هم بسیار سریع بوده و حجم و فضای اشغالی توسط دستگاه نیز بسیار کمتر از برپایی ۱۰۰ سیستم تکی کلدال جوهان کلدال می‌باشد. اما مستلزم صرف هزینه بسیار گزاف و خرید از کمپانی‌های بین المللی که این دستگاه را تولید کرده‌اند می‌باشد. و مساله دیگر هزینه نگهداری این دستگاه‌ها نیز می‌باشد که شامل هزینه بالای قطعات یدکی و سرویس‌های دوره‌ای است.



شکل ۳. شمایی از سیستم کلدال دستی مورد استفاده جوهان کلدال



شکل ۴. شمایی از سیستم کلدال دستی مورد استفاده جوهان کلدال

مرحله هضم	
(۱)	$H_2SO_4 \uparrow + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
(۲)	سولفات آمونیوم $H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ ازت‌آلی
مرحله تقطیر	
(۱)	$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3 \uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$
(۲)	$NH_3 \uparrow + H_3BO_3 \rightarrow NH_4H_2BO_3$
مرحله تیتراسیون	
(۱)	$NH_4H_2BO_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + H_3BO_3$

شکل ۵. مراحل شیمیایی روش کلدال در اندازه گیری ازت کل



شکل ۶. دستگاه تمام اتوماتیک کلدال



شکل ۷. دستگاه تمام اتوماتیک کلدال با قابلیت آنالیز همزمان ۱۰۰ نمونه و جاگذاری اتوماتیک

۴. نتیجه‌گیری

دانش بشری پیوسته در حال توسعه و تحول و پیشرفت بوده است. این مساله در تمام مسائل و بخشها صادق است. در مبحث آزمایشگاه و فناوری و روش و تجهیزات آزمایشگاهی هم همینطور میباشد. دانشمندان علوم کاربردی و متخصصین دستگاهی و تجهیزاتی بعنوان مکمل همدیگر در خدمت علم و بشریت بوده‌اند. البته در برخی زمانها و یا مکانها دانشمندان خودشان همزمان در نقش متخصصین و سازندگان دستگاهی نیز به ایفای نقش پرداخته‌اند ولی کثرت علوم و همچنین گستردگی علوم مهندسی در ساخت ابزار و همچنین گسترش تجهیزات پیشرفته و هوشمند نظیر سنسورها، هشداردهنده‌ها، تجهیزات رباتیک و هیدرولیک و پنوماتیک و همچنین تحولات علوم مهندسی، الکترونیک، کامپیوتر و دیجیتال، هیدرولیک، هوش مصنوعی و علوم رمز و کدنویسی فرمانهای انجام دهنده برای دستگاهها به کمک تسهیل کارهای آزمایشگاهی، افزایش صحت و دقت آنالیزها و همچنین کاهش زمان و کاهش مصرف مواد و انرژی و راحتی کار دانشمندان و متخصصین علوم آزمایشگاهی شده است. این امر مخصوصا در برخی شاخههایی که سرعت در ارائه نتایج و تحلیل آنها مانند علوم پزشکی و آزمایشگاههای تشخیص طبی بسیار حیاتی و ضروری میباشد، نقش و اثر خود را بخوبی نشان میدهد. سیر تحول روش کلدال و همچنین روند توسعه دستگاههای انجام دهنده این روش در دنیا نیز مثال بارزی از این مساله است.

منابع

[1] J. Kjeldahl (1883), Zeitschrift für Analytische Chemie, C.W. Kreidels Verlag Page 366-382 "Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Körpern."

[2] C. Gerhardt., (1914) Illustration from catalogue from 1914.

[3] Dr. H. Hadorn, Ch. Obrist, Systematische (1973) Ver-suche mit verschiedenen Katalysatoren für den Kjeldahl-Aufschluß, Deutsche Lebensmittel Rundschau, Volume 3, page 109/114.

[4] www.gerhardt.de

[۵] محمدجعفر ملکوتی، روشهای تجزیه خاک و آب و گیاه (۱۳۷۵)، تهران، انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.

[۶] منوچهر زرین کفش، روشهای آنالیز خاک (۱۳۷۸) تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

[۷] منوچهر مفتون، آزمایشگاه حاصلخیزی خاک (۱۳۷۸) شیراز، انتشارات دانشگاه شیراز.

[۸] محمدرضا حق پرست تنها، حاصلخیزی خاک و کود (۱۳۷۸) رشت، انتشارات دانشگاه گیلان.

[۹] محمد انوار، روشهای تجزیه خاک (۱۴۰۱) اردبیل، انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی.

Measurement of soil, plant, fertilizer and organic matter nitrogen by Kjeldahl method

Mohammad Anvar^{۱*}, Dr. Naser Nazari^۲

University of Mohaghegh Ardabili, Ph.D candidate of soil chemistry and fertility, responsible expert of Central Laboratory, Ardabil, Iran¹

Islamic Azad University, Mianeh Branch, Assistant Professor, Soil Resource Management - Origin,²
Land Classification and Evaluation, Department of Soil Science, Islamic Azad University, Mianeh Branch,
Mianeh, Iran

Corresponding Author's E-mail: anvar@uma.ac.ir*

Presenter's E-mail: anvar@uma.ac.ir

Abstract

Due to the need to use global standard methods, accuracy and repeatability, the Kjeldahl method has become an internationally recognized method for estimating nitrogen and protein content in different materials and a global standard method. with which all other methods are also measured. Before the emergence of semi and fully automatic devices for this method, a manual method was used by the Kjeldahl device. The Kjeldahl device is also used to evaluate soils, sewage, fertilizers, food, plants and other materials. The basis of the method is the measurement of the total nitrogen present in the tested sample, and if the amount of protein in the substance is needed, the relationship between the amount of total nitrogen and protein is used and calculated. Despite being invented by Johan Kjeldahl in 1883 and almost 140 years have passed since then, the Kjeldahl method has retained its basic principles and has become an international method in chemical analysis. But with the help of technology and laboratory equipment, it has gone through a very interesting evolution, and scientists, device experts and various international companies have continuously focused on the quality of the method, its speed and accuracy, as well as the increase in the number of samples that can be measured within a day and a period of time. They have worked for a long time and have provided more up-to-date devices to the world and universities and chemical analysis laboratories. The very simple and basic equipment of Johan Kjeldahl's laboratory and during the long time and the low accuracy of the experiments at that time, gradually turned into multiple devices and then semi-automatic and fully automatic, reducing the human errors of the experiment to a minimum and improving the time. and increased the number of samples to the maximum possible.

.Keywords: Analysis, soil, method, Kjeldahl, nitrogen

روشهای آزمون استاندارد تعیین مقدار N- نیتروز آمین در فراوردههای آرایشی و بهداشتی - انتخاب مناسبترین روش جهت حصول نتایج تکرارپذیر

فضه آریاناسب^۱*

گروه پژوهشی شیمی، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

* ir.ac.standard@aryanasab_f

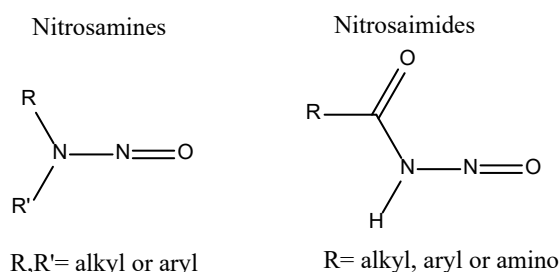
چکیده

N- نیتروز آمینها (NAS) مواد بسیار سمّی هستند که باعث سرطانزایی و جهشزایی در انسان میشوند. این ترکیبات ممکن است به‌عنوان آلاینده در تعدادی از محصولات از جمله مواد غذایی، نوشیدنی، محصولات لاستیکی، تنباکو و لوازم آرایشی و بهداشتی وجود داشته باشند. بنابراین، برای نظارت دقیق بر ایمنی و حفظ سلامت انسان، توسعه روش‌های تعیین سریع، دقیق و با حساسیت بالا، که نتایج تکرارپذیری ارائه دهند، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. روشهای مختلفی برای استخراج NAS از ماتریکس فراوردههای آرایشی و بهداشتی وجود دارد که اغلب شامل استخراج فاز جامد، استخراج مایع-مایع و روشهای میکرواستخراج متنوع مانند میکرواستخراج فاز جامد، میکرواستخراج فاز مایع و غیره هستند. روشهای تعیین مقدار معمولاً شامل کروماتوگرافی مایع، کروماتوگرافی گازی، کروماتوگرافی سیال فوق بحرانی، روشهای الکتروشیمیایی و غیره است. هدف این مقاله، معرفی روشهای آزمون استاندارد مختلف جهت تعیین مقدار NAS و ارائه یک رویکرد تحلیلی جهت انتخاب بهترین روش آزمون برای تعیین مقدار N- نیتروز آمین در فراوردههای آرایشی و بهداشتی است.

کلید واژه‌ها : N- نیتروز آمینها، فراوردههای آرایشی و بهداشتی، روش آزمون استاندارد، نتایج تکرارپذیر، رویکرد تحلیلی.

۱. مقدمه

ترکیبات N- نیتروزو شامل یک گروه نیتروزیل متصل به اتم نیتروژن ($N-N=O$) هستند که همچنین ممکن است حاوی سایر گروه‌های عاملی (مشتقات حلقوی، دی‌آلکیل و آلکیل‌آریل) باشند. این ترکیبات، که بیش از ۱۰۰ سال از شناسایی آنها می‌گذرد، شامل نیتروزآمینها و نیتروزآمیدها هستند که فرمول کلی آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- ساختار کلی نیتروزآمینها و نیتروزآمیدها

N- نیتروزآمینها از واکنش آمینهای نوع دوم یا سوم با عوامل نیتروزدارکردن، مانند نیتريت یا اکسیدهای نیتروژن، تشکیل میشوند. این ترکیبات جهشزا، سرطانزا و تراژوژن هستند. سرطانزایی NAS به‌خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است و از ترکیبات آزمایش شده، مشخص شده که تقریباً ۹۰٪ آنها در تعدادی از گونه‌های حیوانی سرطانزا هستند [۱]. بر اساس این یافته‌ها، NAS برای انسان سرطانزا در نظر گرفته میشوند و به‌حداقل رساندن قرار گرفتن در معرض آنها برای حفظ سلامت انسان مهم است و به‌همین دلیل وجود آنها در محصولات آرایشی و بهداشتی از سال ۱۹۹۲ در اتحادیه اروپا ممنوع شده است [۲]. با این حال، همانطور که مطالعات مختلف از سال ۱۹۷۷ تا به امروز نشان داده است، وجود آنها در محصولات آرایشی و بهداشتی در مقادیر جزئی، بدون اینکه عمداً در طول فرآیند تولید اضافه شده باشند، چالش دائمی است [۳].

پتانسیل نیتروزدارشدن چندین ماده از مواد اولیه مورد مصرف در فراورده‌های آرایشی ثابت شده است. در برخی موارد، نیتروزآمینها از نیتروزدارشدن جزء اصلی ماده اولیه تشکیل میشوند، در حالی‌که در موارد دیگر، از نیتروزدارشدن سایر آمینهای موجود در مواد اولیه که به‌عنوان آلاینده وجود دارند، تشکیل میشوند. با هدف کاهش تشکیل این ترکیبات در لوازم آرایشی و در نتیجه کاهش خطر سلامت مصرف کنندگان، قوانین اروپا نه تنها NAS در محصولات آرایشی، بلکه آلکیل و آلکانول آمینهای نوع دوم را نیز ممنوع کرده است. علاوه بر این، استفاده از اسیدهای چرب دی‌آلکیل آمیدها و دی‌آلکانول آمیدها، مونوآلکیل آمینها، مونوآلکانول آمینها، تری‌آلکیل آمینها، تری‌آلکانول آمینها و نمکهای آنها محدودیتهایی را در این محصولات ایجاد میکند.

علاوه بر این، در سال ۲۰۱۲، کمیته علمی اروپا در مورد ایمنی مصرف‌کننده (SCCS) حداکثر مقدار محتوای $50 \mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb) را برای N- نیتروزآمینها، هم در مواد خام مورد استفاده به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده در لوازم آرایشی و هم در محصولات آرایشی بهداشتی تعیین کرد. در استانداردهای ملی ایران شماره ۳۵۷۲ (شامپو- ویزگیها و روشهای آزمون) و ۲۲۸۸ (مایع ظرفشویی- ویزگیها و روشهای آزمون)، که اجرای آنها اجباری میباشد، نیز حد مجاز نیتروزآمینها به میزان $50 \mu\text{g kg}^{-1}$ تعیین شده است [۴ و ۵].

در این راستا، صنایع آرایشی و بهداشتی تلاش میکنند تا با به حداقل رساندن امکان تشکیل نیتروزآمینها، مقادیر این ترکیبات را در فراورده‌های آرایشی و بهداشتی و مواد اولیه مورد مصرف در تولید آنها، به حداقل برسانند. از جمله این اقدامات شامل کاهش یا حذف منابع نیتريت ناخواسته، اجتناب از سایر منابع آمینهای نوع دوم و سوم، استفاده از مهارکننده‌های تشکیل نیتروزآمین (مانند استفاده از α -توکوفرول، اسکوربیک اسید و سایر مواد) و تیمار مواد اولیه برای تجزیه N- نیتروزآمینهای موجود در آنها میباشد.

با در نظر گرفتن اینکه هر فرد روزانه از محصولات آرایشی مختلف استفاده میکند و برخی از این محصولات چندین بار در روز استفاده میشوند، کنترل N- نیتروزآمینها در لوازم آرایشی و مواد اولیه برای اطمینان از ایمنی مصرف‌کنندگان این محصولات ضروری است [۶].

به‌منظور نشان دادن انطباق با الزامات نظارتی و امکان انجام ارزیابی ریسک قابل اعتماد، به‌کارگیری روشهای آزمون استاندارد مناسب مورد نیاز است. در حال حاضر طیف وسیعی از روش‌ها برای تعیین NAS در دسترس است، که تعدادی از آنها به استانداردهای ISO تبدیل شده‌اند و پیرو آن استانداردهای ملی ایران با استفاده از این منابع ISO تدوین شده‌اند. با اینحال، درک مزایا و محدودیتهای روشهای آنالیز برای ارائه داده‌های مناسب و تکرارپذیر بسیار مهم است.

در این مقاله، روش‌های آزمون موجود برای تعیین قابل اعتماد NAS در محصولات آرایشی و بهداشتی ارائه شده است. همچنین ارتباط و محدودیتهای هر یک از روشهای توصیف شده و در نهایت یک رویکرد تحلیلی برای آنالیز N- نیتروزآمینها در محصولات آرایشی و مواد خام ارائه شده است. استفاده از این رویکرد تحلیلی میتواند منجر به انتخاب بهترین روش آزمون شود که نهایتاً منجر به حصول نتایج تکرارپذیر شود. لازم به ذکر است که در حال حاضر یکی از مهمترین چالشهای آزمایشگاههای فعال در این زمینه این است که نتایج آزمون تعیین N- نیتروزآمین در فراوردههای آرایشی و بهداشتی تکرارپذیر نمیشوند.

۲. روشهای آزمون استاندارد برای تعیین N- نیتروزآمینها در فراوردههای آرایشی و بهداشتی

۱.۲. بررسی محصولات آرایشی و بهداشتی از نظر وجود/عدم وجود ترکیبات N- نیترو

در وهله اول، محصولات آرایشی و بهداشتی را میتوان از نظر وجود ترکیبات N- نیترو بررسی کرد. تشخیص نیتریک اکسید آزاد شده از طریق شکست^۱ گروه N- نیترو، با استفاده از نورتابی شیمیایی^۲ برای این منظور استفاده میشود. این روش، روشی کمی نمیشود، با این وجود، در مقالات مختلف مطالعات بازبایی برای تعیین سطوح قابل اندازه‌گیری در کرم و لوسیون با استفاده از این روش انجام شده است. نتایج این مقالات نشان داده که در آنالیز برخی از مواد آرایشی ممکن است پاسخهای مثبت کاذب مشاهده شود [۷]. بنابراین این روش تنها برای بررسی اولیه این محصولات در نظر گرفته میشود و در صورت دریافت پاسخ مثبت باید از سایر روشها برای تایید NAS خاص استفاده شود. چو^۳ و همکارانش با استفاده از این روش، یک N- نیتروزآمین خاص مربوط به ضدآفتاب و لوازم آرایشی را شناسایی کرده‌اند [۸].

۲.۲. تعیین محتوای نیتروزآمین کل ظاهری^۴ (ATNC)

روش ATNC نیز یک روش بررسی برای آنالیز ماتریسهای آرایشی است. این روش توسط انجمن آرایشی بهداشتی و عطری بریتانیا^۵ (CTPA) ارزیابی شده و نتایج یک مطالعه مشترک منتشر شده است [۷]. این روش یک ابزار بررسی خوب است زیرا تمام منابع نیتریک اکسید را شناسایی میکند. با اینحال، نوع یا مقدار N- نیتروزآمینهای مجزای موجود را نشان نمیدهد، بنابراین نتایج معمولاً بر حسب N-NO بیان میشوند. این روش دارای پتانسیل نتایج مثبت کاذب است که به‌عنوان مثال میتواند ناشی از ترکیبات C- نیترو، S- نیترو و برخی ترکیبات آلی نیترو چندعاملی (موجود در برخی از رنگهای مو) باشد. به‌دلیل عدم قطعیت اطمینان از فقدان کامل چنین تداخلات بالقوه، نتایج معمولاً به‌عنوان "محتوای نیتروزآمین کل ظاهری" (ATNC) نامیده میشود. علاوه بر این، مشخص شده است که روش ATNC به‌طور کلی نتایجی بالاتر از مجموع N- نیتروزآمینهای موجود را ارائه میدهد.

۳.۲. روشهای ویژه برای تعیین NDELA

متداول‌ترین آمین‌های مورد استفاده در محصولات آرایشی، دی و تریاتانول آمین هستند که هر دوی آنها میتوانند منجر به تولید N- نیتروزودیاتانول آمین (NDELA) شوند که اغلب در این فراوردهها شناسایی شده است. NDELA آلاینده اصلی در بسیاری از محصولات آرایشی و بهداشتی تجاری مانند کرمهای دست، شامپوها، لوسیونهای مرطوبکننده و سایر محصولات دست و بدن است. این ترکیب به‌راحتی از طریق پوست جذب میشود و در اندامهایی مانند کبد، مثانه، کلیهها و غیره تجمع مییابد و اثرات سمی مزمن را ایجاد میکند [۹]. محصولات آرایشی حاوی 52 g kg^{-1} تا 57 g kg^{-1} از NDELA به‌عنوان محصولات با خطر جدی اعلام شده‌اند [۱۰]. از اینرو شناسایی و تعیین مقدار این ترکیب در فراوردههای آرایشی و بهداشتی از اهمیت بالایی برخوردار است. روشهای تشخیص و تعیین مقدار مختلفی برای NDELA وجود دارد که برخی از متداولترین آنها در زیر معرفی شده‌اند.

۱.۳.۲. تعیین NDELA با کروماتوگرافی گازی- آنالیز انرژی گرمایی^۶ (TEA)

این روش در استانداردهای EN 12868 (استاندارد ملی ۱۰۰۳۳) و ISO 29941 (استاندارد ملی ۱۹۸۵۹) استفاده شده است [۱۱]. NDELA موجود در فراوردههای آرایشی از ماتریس با یک فرآیند چند مرحله‌ای استخراج میشود، با استفاده از N- متیل-N- تریمتیل سیلیل هپتافلوئوروبوتیرآلدئید^۷ (MSHFBA) به یک مشتق فرار تبدیل میشود و توسط کروماتوگرافی گازی (GC) مجهز به

Cleavage -	۱
Chemiluminescent Detection -	۲
Chou -	۳
Apparent Total Nitrosamine Content -	۴
(United Kingdom Cosmetic Toiletry and Perfumery Association (CTPA -	۵
Thermal Energy Analyzer -	۶
N-methyl-N-trimethylsilylheptafluorobutyramide -	۷

آشکارساز TEA آنالیز می‌شود [۱۲]. این روش در شرایط بهینه از حساسیت خوبی برخوردار است و با موفقیت برای انواع وسیعی از N- نیتروز آمینها استفاده شده است. اشکال این روش این است که ممکن است نتایج مثبت کاذب ارائه دهد. در مورد نمونه‌هایی که حاوی آمین نوع دوم آزاد هستند، مقادیر جزئی از نیتروژن اکسید موجود در طول پاکسازی نمونه ممکن است منجر به تشکیل نیتروز آمین شود. این فرایند را میتوان با استفاده از مهارکننده‌هایی مانند اسکوربیک اسید به حداقل رساند.

۲.۳.۲. تعیین NDELA توسط HPLC - مشتق‌سازی پس از ستون

این روش در استاندارد ISO 10130 (استاندارد ملی ۱۳۰۶۶) استفاده شده است [۱۳]. NDELA موجود در نمونه استخراجی با استفاده از ستون فاز معکوس تحت کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) قرار می‌گیرد. مشتق‌سازی پس از ستون NDELA از طریق فوتولیز در ۲۵۴ nm (برای آزادسازی نیتريت) و به دنبال آن یک واکنش دومرحله‌ای با سولفانیلامید و N- نفتیلاتیلندی آمین (معرف گریس^۸) انجام می‌شود. شناسایی و کمی‌سازی ترکیب رنگی حاصل با استفاده از تشخیص (آشکارسازی) در ۵۴۰ nm انجام می‌شود.

روشهای ساده آماده‌سازی نمونه مورد استفاده در این آنالیز، آن را سریع و آسان میکند. این روش دقت و حساسیت خوبی دارد. این روش مختص NDELA است، با این حال، در برخی موارد، جایی که رنگ‌های قابل اکسید شدن خاصی در فرمولاسیون وجود دارد، باید در استفاده از این روش دقت شود. در استانداردهای ملی ۳۵۷۲ و ۲۲۸۸ نیز برای تعیین NDELA به این روش ارجاع داده شده است [۴ و ۵].

۳.۳.۲. تعیین NDELA توسط HPLC-MS/MS

این روش در استاندارد ISO 15819 (استاندارد ملی ۱۱۱۰۷) که در آن از روش آماده‌سازی نمونه مشابه و جداسازی کروماتوگرافی همانطور که در ۲-۳ توضیح داده شده است، استفاده می‌شود [۱۴]. در این روش تشخیص و کمی‌سازی NDELA با استفاده از یک طیف‌سنج جرمی چهارقطبی/طیف‌سنج جرمی^۹ (MS/MS) انجام می‌شود. استفاده از HPLC همراه با MS برای جداسازی و تشخیص یونهای تک‌هسته‌ای شده، درجه بالایی از خاص بودن را برای NDELA فراهم میکند. بسته به تجهیزات و ماتریس، حد تشخیص^{۱۰} (LoD) و حد کمی‌سازی^{۱۱} (LoQ) برای این روش به ترتیب $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ و $50 \mu\text{g kg}^{-1}$ است. مزیت اصلی این روش این است که تنها روشی است که یک شناسایی بدون ابهام را ارائه میدهد.

۴.۳.۲. تعیین NDELA با استفاده از HPLC-TEA

جزء NDELA از یک محصول آرایشی توسط یک سری استخراجهای حلال که برای تغلیظ NDELA و حذف مواد مضر برای سیستم تجزیه‌ای طراحی شده است، جدا می‌شود. سپس بخش جدا شده برای NDELA با استفاده از HPLC که به TEA متصل شده، آنالیز می‌شود. ترکیب با مقایسه پاسخ آشکارساز با استانداردهای شناخته‌شده اندازه‌گیری می‌شود. وجود NDELA توسط GC-MS مشتق سیلیل تایید می‌شود [۱۵].

۴.۲. تایید آزمایشی وجود N- نیتروز آمینها به روش فوتولیتیک

وجود N- نیتروز آمین تعیین‌شده توسط روشهای کمتر خاص مانند GC و HPLC را میتوان پیشتر با استفاده از فتولیز UV تایید کرد. بخشی از نمونه استخراج‌شده، که قبلاً توسط GC یا HPLC آنالیز شده است، در معرض نور UV قرار می‌گیرد و سپس مجدداً با این روشها آنالیز می‌شود. اگر پیک مربوط به N- نیتروز آمین تقریباً یا به‌طور کامل ناپدید شود، حضور N- نیتروز آمین به‌طور آزمایشی تأیید می‌شود [۹].

۵.۲. تعیین سایر N- نیتروز آمینهای خاص

در مواردی که مشکوک به وجود N- نیتروز آمینهای خاص غیر از NDELA است، مانند N- نیتروزو دیمتیل آمین (NDMA) یا N- نیتروزو دی‌ایزوپروپانول آمین (NDIPA) ممکن است لازم باشد که روشهای فوق را برای چنین آنالیت‌هایی تطبیق دهیم. در چنین مواردی، ارائه شواهد کافی برای تأیید عملکرد روش ضروری خواهد بود. این امر شامل پارامترهای اعتبارسنجی مانند صحت، دقت، بازیابی، LoQ و LoQ میشود. برای نشان دادن ویژه‌بودن روش، باید دقت خاصی صورت گیرد و داده‌هایی برای پشتیبانی از شناسایی ترکیب هدف نیز باید ارائه شود.

^۸ Griess Reagent -

^۹ Triple Quadrupole Mass Spectrometer / Mass Spectrometer -

^{۱۰} limit of Detection -

^{۱۱} Limit of Quantification -

۳. رویکرد تحلیلی

رویکرد تحلیلی ممکن است بررسی نمونه‌ها قبل از تعیین نیتروزآمین خاص یا اندازه‌گیری N- نیتروزآمینهای خاص باشد، به شرط اینکه اطلاعاتی در مورد مواد تشکیل‌دهنده آرایشی در دسترس باشد.

۱.۳. بررسی نمونه‌ها

روش ATNC به عنوان یک ابزار غربالگری مفید برای ارزیابی N- نیتروزآمینها در محصولات آرایشی و بهداشتی و مواد خام عمل میکند. با توجه به پتانسیل تداخل از ترکیبات غیر N- نیتروزو، این روش برای همه انواع ماتریسها به عنوان مثال ترکیبات آمینوفنل با استخلاف نیترو که ممکن است در فرمولاسیون رنگ مو مورد استفاده قرار گیرند و میتوانند در طول فاز نیتروزدایی اولیه برهمکنش داشته باشند، قابل استفاده نیست. یک نتیجه بالاتر از LOQ باید با آنالیز با استفاده از یک تکنیک خاص تا آنجا که ممکن است تأیید شود. علاوه بر این، ارزیابی بیشتر برای درک احتمال تشکیل هر نیتروزآمین مورد نیاز است. در مواردی که NDELA یا سایر NAS خاص ممکن است علت یک نتیجه مثبت در ATNC باشد، استفاده از هر یک از روشهای شرح داده شده در بندهای ۱-۳ تا ۴-۳ مناسب است.

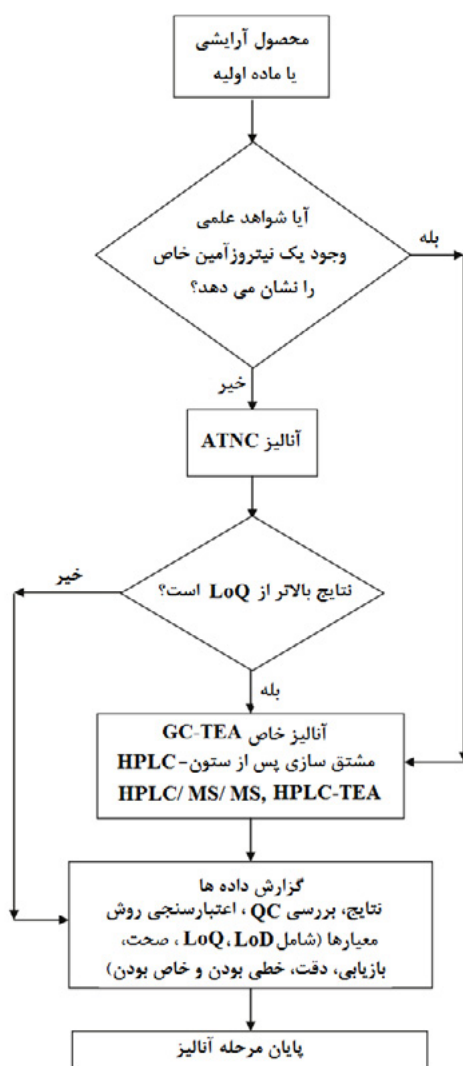
۲.۳. اندازه‌گیری N- نیتروزآمینهای خاص

روش GC-TEA برای ترکیبات N- نیتروزو بسیار خاص است. با این حال ممکن است منجر به تشکیل N- نیتروزآمین در محل^{۱۳} شود. با اضافه کردن یک بازدارنده در آماده‌سازی نمونه، تشکیل N- نیتروزآمین در محل را میتوان تا سطوح غیرقابل تشخیص به حداقل رساند. روش‌های مشتق‌سازی پس از ستون HPLC و روش‌های HPLC-MS/MS استانداردهای (ISO 10130 و ISO 15819) هستند و بنابراین باید روش‌های انتخابی باشند، به خصوص اگر بحث با مقامات نظارتی محتمل باشد. فلوچارت یک رویکرد تحلیل پیشنهادی در شکل ۲ ارائه شده است [۱۶].

استفاده از این رویکرد تحلیلی میتواند راهنمای خوبی در تعیین بهترین روش برای تعیین NAS در نمونه مورد آزمون باشد. با انتخاب بهترین روش آزمون، نتایج آزمون تکرارپذیرتر به دست خواهد آمد. لازم به ذکر است که روشهای استخراج NAS از ماتریس فراورده آرایشی و بهداشتی و آماده‌سازی نمونه نیز از اهمیت بالایی برخوردار هستند که مورد بحث این مقاله نمیباشد.

۴. نتیجه‌گیری

N- نیتروزآمین‌ها ترکیبات شیمیایی هستند که سرطان را بودن آنها به خوبی ثابت شده است. این ترکیبات میتوانند به صورت ناخالصی در مواد اولیه یا محصولات آرایشی و بهداشتی وجود داشته باشند. با توجه به استفاده گسترده افراد از این فراورده‌ها، شناسایی و تعیین مقدار NAS در آنها ضروری است. در این مقاله روشهای آزمون استاندارد موجود برای تعیین مقدار NAS در فراورده‌های آرایشی و بهداشتی معرفی شده است و رویکردی تحلیلی جهت انتخاب بهترین روش آزمون ارائه شده است. لازم به ذکر است که قبل از انتخاب روش آنالیز مناسب، روش آماده‌سازی نمونه جهت آزمون نیز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار میباشد و میتواند تأثیر بسزایی در حصول نتایج دقیق و تکرارپذیر داشته باشد. در سال‌های اخیر مقالات بسیار زیادی در خصوص روشهای مختلف استخراج نیتروزآمین‌های مختلف از فراورده‌های آرایشی و بهداشتی، از جمله لوازم آرایشی مراقبت از پوست، شامپوها، کرم‌ها، لوسیون‌ها و غیره گزارش شده است.



شکل ۲- فلوجارت آنالیز محصولات و مواد اولیه آرایشی و بهداشتی

منابع

1. Wu YN, Jiang GB. Trace and Ultra-trace Inspection Technology of Important Organic Pollutants. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
2. International Agency for Research on Cancer, Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Human Beings. IARC, Lyon, Vol. 17, 1978.
3. (a) Schothorst R.C. Stephany R.W. Occurrence of N-nitrosodiethanolamine (NDELA) in Cosmetics from the Dutch Market. Int. J. Cosmet. Sci. 2001, 23, 109-114. (b) Rath S. Canaes L.S. Contamination of Cosmetics and Personal Care Products by N-nitrosoamines. Quimica Nova 2009, 32, 2159-2168.
4. INSO 3572, Hair Shampoo- Specifications and Test Methods.
5. INSO 2288, Liquid Dishwashing- Specifications and Test Methods.
6. (a) Biesterbos J.W.H. Dudzina T., Delmaar C.J.E., Bakker M.I., Russel F.G.M., von Goetz N., Scheepers P.T.J., Ro-eleveld N., Usage Patterns of Personal Care Products: Important Factors for Exposure Assessment. Food Chem. Toxicol. 2013, 55, 8-17. (b) González-Abellán E.F. Martínez-Pérez D. Salvador A. Chisvert A. Quality Control of Cosmetic

Products: Specific Legislation on Ingredients. Analysis of Cosmetic Products. 2018, 39-53.

7. (a) Challis B.C. Colling J. Cromie D.D.O. Guthrie W.G. Pollock J.R.A. Taylor P. et al. A Screening

Procedure for Total N-Nitroso Contaminants in Personal Care Products" Results of Collaborative

Studies Undertaken by a CTPA Working Group. Int. J. Cosmet. Sci. 1995, 17, 219–231, (b) Chou H.J., Yates R.L., Wenninger J.A. Screening cosmetics products for N-nitroso compounds by

chemiluminescence determination of nitric oxide. JOAC. 1987, 70 pp. 960–9639.

8. Chou H.J., Yates R.L., Havery D.C., Wenninger J.A. Determination of 2-Ethylhexyl 4-(N-Methyl-

N-Nitrosamino) Benzoate in Commercial Sunscreens and Cosmetic Products. JOAC. 1995, 78, 1378–1383.

9. (a) P. Pour, L. Wallcave, Cancer Lett. 1981, 14, 23-27, (b) B. Spiegelhalder, R. Preussmann, J. Cancer Res. Clin. Oncol. 1984, 108, 160–163.

10. Scientific Committee for Consumer Safety (SCCS) Request for an Opinion on NDELA in Cosmetic Products and Nitrosamines in Balloons,

http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/nitrosamines_mandate_en.pdfS.

11. (a) EN 12868, Child Use and Care Articles - Method for Determining the Release of N-nitrosamines and N-nitrosatable Substances from Elastomer or Rubber Teats and Soothers, (b) ISO 29941, Condoms- Determination of Nitrosamines Migrating from Natural Rubber Latex Condoms.

12. Sommer H. Löffler H.P. Eisenbrand G. A method to Determine N-nitrosoalkanolamines in

Alkanolamines. J. Soc. Cosmet. Chem. 1988, 39, 133-137.

13. ISO 10130, Cosmetics- Analytical Methods- Nitrosamines: Detection and Determination of N-nitrosodiethanolamine (NDELA) in Cosmetics by HPLC, Post-column Photolysis and Derivatization.

14. ISO 15819, Cosmetics- Analytical methods- Nitrosamines: Detection and Determination of N-nitrosodiethanolamine (NDELA) in Cosmetics by HPLC-MS-MS.

15. Ho J.L. Wisneski H.H. Yates R.L. JOAC. 1981, 64. 800–804.

16. ISO/TR 14735, Cosmetics- Analytical methods- Nitrosamines: Technical Guidance Document for Minimizing and Determining N-nitrosamines in Cosmetics.

Standard Test Methods for Determination of N-nitrosamine in Cosmetics – Choose the Most Appropriate Method to Obtain Reproducible Results

Fezzeh Aryanasab^{*}

Chemistry Research Group, Chemistry and Petrochemistry Research Center, Standard Research Institute, Karaj, Iran.

*f_aryanasab@standard.ac.ir

Abstract

N-nitrosamines (NAs) are highly toxic substances that have been proved to cause carcinogenesis and mutagenesis in humans. NAs may be present as contaminants in a number of products including food, drink, rubber products, tobacco and cosmetics. Therefore, to carefully monitor safety and preserve human health, the development of rapid, accurate, and high-sensitivity determination methods of NAs, with repeatable results, is of essential importance. There are various extraction methods of NAs in cosmetics matrixes include solid-phase extraction, liquid-liquid extraction and various microextraction methods, such as solid-phase microextraction and liquid phase microextraction, among others. Determination methods include liquid chromatography, gas chromatography, supercritical fluid chromatography and electrochemical methods, among others. The aim of this work is introducing different standard test methods for determination of NAs and to present an analytical approach to choose the best test method to determine the amount of N-nitrosamine in cosmetics and health products.

Keywords: N-nitrosamines, Cosmetics, Standard Test Method, Reproducible Results, Analytical Approach.

معرفی تجهیزات و روش‌های میکروسکوپی جهت مشخصه‌یابی نانومواد

زهرا خان‌زاد^{۱*}، سید محسن موسوی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

^۲ استادیار گروه شیمی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: zkhanzadm@gmail.com

ایمیل ارائه دهنده: zkhanzadm@gmail.com

چکیده

مقاله حاضر به روش مروری-کتابخانه‌ای است، که با توجه به نظرات اندیشمندان این عرصه به رشته تحریر در آمده است. با توجه به دانش فعلی درمورد روش‌های شناسایی و بررسی نانومواد و تجهیزات و روش‌های موجود، هدف این مطالعه بررسی این روش‌ها، تجهیزات میکروسکوپی و تاحدودی نحوه‌ی عملکرد و نتایج حاصل از آنهاست. بخشی از فناوری نانو، دنیای حاضر را مطالعه میکند، فقط کمی عمیقتر و کمی پایینتر از بخش‌هایی که با چشم نمیتوان دید. نتایج پژوهش‌های انجام شده گویای آن است که اولین قدم برای مطالعه این بخش‌ها، قابلیت نمایان ساختن آنهاست؛ که برای این منظور به لوازم و ابزار و وسایلی نیاز داریم تا دنیای پایین را برای ما آشکار سازند. از این رو بایستی با استفاده از روش مخصوص به ویژه روش‌های میکروسکوپی، به مطالعه نانومواد پردازیم. برای این مطالعات ابزارهای گوناگونی توسط بشر ساخته شده است که در حال حاضر انواع مختلفی از میکروسکوپ‌های الکترونی امکان مطالعه دقیق نمونه‌ها را فراهم می‌سازند و راه را برای پیشرفت هرچه بهتر علوم هموار میکنند.

کلیدواژه‌ها : مطالعه نانومواد، مشخصه‌یابی نانومواد، روش‌های میکروسکوپی، میکروسکوپ الکترونی.

۱. مقدمه

نانو فناوری در حقیقت علم به کارگیری و بررسی نانومواد است. برای کار با نانومواد و اطمینان از نتایج حاصل و مطلع شدن از روند پیشرفت کار به ابزاری نیاز داریم که بتوانیم با استفاده از این ابزار نانومواد را بررسی و تا حد نیاز مورد دستکاری قرار دهیم.

میکروسکوپ‌هایی که در مدارس یا آزمایشگاه‌های معمول از آن‌ها استفاده می‌کنیم تا سلول‌های زنده را مشاهده کنیم، بسیار ساده هستند و برای مشاهده دنیای نانو ناکارآمدند. به دلیل محدودیت در طول‌موج نور مرئی (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر) نمی‌توان از نور مرئی برای مشاهده ابعاد نانومتری استفاده کرد. اولین میکروسکوپ‌های توسعه یافته برای مشاهده ابعاد نانومتری میکروسکوپ‌های الکترونی بودند که از الکترون به عنوان منبع تشکیل‌دهنده تصویر استفاده می‌کردند [۱].

استفاده از پرتوهای الکترونی در میکروسکوپ‌ها به جای پرتوهای نور، به روشی رایج برای افزایش رزولوشن (قدرت تفکیک) و بزرگ‌نمایی میکروسکوپ‌ها تبدیل شده است. پرتوهای نور به علت طول‌موج زیاد، مطالعه دقیق نمونه‌ها را ممکن نمی‌سازد؛ پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند، این مشکل با استفاده از پرتوهای نوترونی و الکترونی در میکروسکوپ‌های الکترونی عبوری و ... تا حدود زیادی برطرف شده است و راه را برای پیشرفت هر چه بیشتر علوم فراهم ساخته است [۱].

امروزه انواع گوناگونی از میکروسکوپ‌ها وجود دارند که قادرند اطلاعات مفیدی از ابعاد نانو به ما بدهند. هرکدام از این دستگاه‌ها پیچیدگی خود را دارند و از ترفندهای مختلفی بهره می‌گیرند تا از ابعاد ریز و در حد و اندازه مولکول‌ها اطلاعات بدهند [۱]. در این مقاله تعدادی از روش‌های شناسایی و بررسی نانومواد معرفی میشوند و تا حدودی در مورد نحوه عملکرد و نتایج حاصل از آنها بحث می‌گردد.

۲. نتایج و بحث

سالیان دراز طول کشید تا دانشمندان و پژوهشگران بتوانند راهی برای بزرگ‌نمایی اجسام پیدا کنند و به چنان قدرتی در این عرصه دست یابند که حتی مقیاس نانو نیز به جولانگه‌ای برای مطالعه دانشمندان علم مواد تبدیل شود. انواع مختلفی از روش‌ها برای مطالعه این مقیاس وجود دارد که استفاده از میکروسکوپ‌های پیمایشگر و الکترونی جزئی از این روش‌ها میباشند. علاوه بر پیچیدگی و پر رمز و راز بودن این میکروسکوپ‌ها، تفاوت اصلی آنها با میکروسکوپ‌های ساده نوری این است که به صورت غیر مستقیم از دنیای نانو به کسب اطلاعات می‌پردازند [۲].

۱-۲ چرا نمی‌توان با نور مرئی مقیاس نانومتر را دید؟

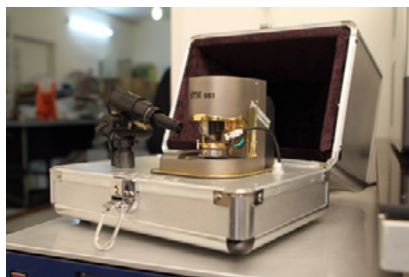
میکروسکوپ‌های الکترونی به دلیل محدودیت‌های میکروسکوپ‌های نوری توسعه یافتند. در این میکروسکوپ‌ها از پرتوهای الکترونی پرانرژی برای بررسی مواد در مقیاس بسیار کوچک استفاده می‌گردد [۲]. اساس کار در میکروسکوپ‌های نوری بر مبنای عملکرد عدسیها است. عدسیها از شیشه‌هایی با بزرگ‌نمایی بسیار بالا ساخته میشوند اما توانایی بزرگ‌نمایی این میکروسکوپ‌ها حداکثر تا ۱۰۰۰۰ برابر است. بر این اساس با استفاده از نور مرئی نمیتوان مقیاس نانومتر (اندازه‌های بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) را دید. البته در این جا محدودیت میزان بزرگ‌نمایی عدسیهای در دسترس نیست؛ بلکه مشکل ماهیت نور مرئی و اساس کار میکروسکوپ‌های نوری است. طول موج نور مرئی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر است درحالیکه فضای نانومتری مورد مشاهده ما مقیاسی بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر دارد [۳].

۲-۲ انواع روش‌های میکروسکوپی برای مشخصه یابی نانومواد

2-2-1 میکروسکوپی پیمایشگر روبشی (STM)

میکروسکوپ پیمایشگر روبشی (Scanning Tunneling Microscope) که به اختصار STM گفته میشود، برای بررسی و تصویر برداری از سطوح صلب و فلزی که الکتریسیته را عبور میدهند، به کار میرود. از اوایل دهه ۱۹۹۰ این میکروسکوپ‌ها برای دستیابی به قدرت تفکیک‌های مناسبتر در حد آنگستروم ابداع شدند. STMها در مقایسه با میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی، روشی جدید برای مشخصه‌یابی مواد نانوساختار هستند. این میکروسکوپ‌ها علاوه بر تصویردهی از سطح مواد، قابلیت بررسی خواص سطحی مواد مثل خواص الکتریکی، مغناطیسی، نوع پیوندهای شیمیایی و... را نیز دارند. خانواده میکروسکوپ‌های پروبی روبشی از زیرمجموعه‌هایی تشکیل شده‌اند که به بررسی خواص سطحی مواد از مقیاس اتمی تا میکرونی می‌پردازند. علت نامگذاری

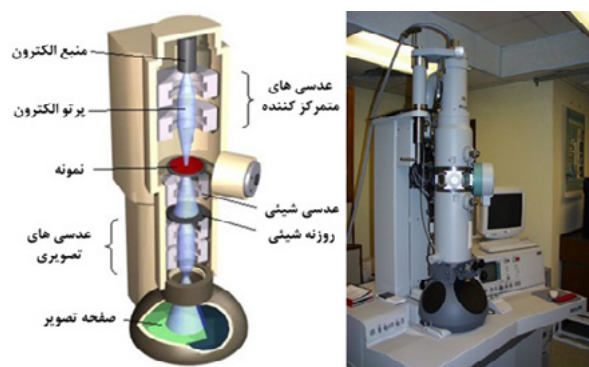
این میکروسکوپ، استفاده از نوعی جریان الکتریسیته (جریان تونلی) است، به این صورت که وقتی نوک میکروسکوپ در مجاورت سطح رسانا و در فاصله یک نانومتری آن حرکت میکند جریان برقرار میشود [۴]. تصویری از این میکروسکوپ در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- تصویری از میکروسکوپ پیمایشگر روبشی.

2-2-2 میکروسکوپی الکترونی عبوری (TEM)

اساس عملکرد میکروسکوپ الکترونی عبوری (Transmission Electron Microscope) که به اختصار TEM مینامند، مشابه میکروسکوپی نوری میباشد با این تفاوت که در این نوع از میکروسکوپیها به جای پرتوی نور از پرتوهای الکترونی استفاده میگردد. با توجه به موارد اشاره شده، استفاده از پرتوی الکترونی به جای پرتوی نور، محدودیت میکروسکوپیهای نوری را از بین میبرد. وضوح تصویر در TEM، ۱۰۰۰ برابر بیشتر از یک میکروسکوپ نوری میباشد [۵]. میکروسکوپ الکترونی عبوری در امتداد مسیر نوری خود، از منبع الکترون، عدسی متمرکزکننده، پایه نمونه، عدسی شیئی و عدسی بزرگنمایی تشکیل شده است [۶]. ساختار این میکروسکوپ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- ساختار میکروسکوپ الکترونی عبوری.

عملکرد این میکروسکوپ به این صورت است که با کمک یک منبع نور در بالای آن، الکترون‌ها گسیل و منتشر میشوند و از تیوب خلا میکروسکوپ عبور میکنند. در TEM برای متمرکز کردن الکترون‌ها از عدسیهای الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. این پرتو از نمونه عبور داده میشود و بسته به چگالی مواد، الکترون‌ها ممکن است از بخشهایی از جسم بگذرند و به صفحه فلورسانس برخورد نمایند و تصویر سایه ماندی از نمونه ایجاد کنند که میزان تیرگی بخشهای مختلف جسم به چگالی مواد در آن بخشها وابسته است. هرچه جسم کم چگالتر باشد تصویر تیره‌تر خواهد بود [۷].

2-2-3 میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)

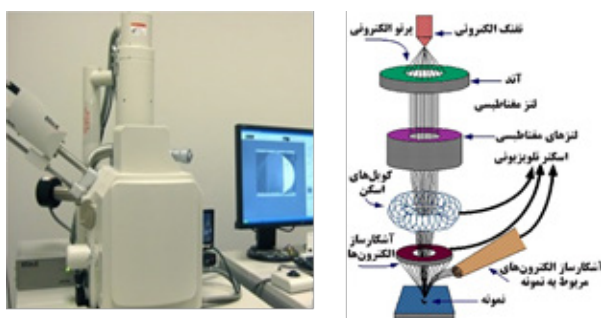
این میکروسکوپ رایجترین نوع میکروسکوپ الکترونی است که به آن Scanning Electron Microscope یا به اختصار SEM میگویند. SEM ریزساختار مواد را با روبش سطح توسط پرتو الکترونی بررسی میکند و مشابه میکروسکوپیهای نوری، ولی با قدرت تفکیک بسیار بالاتر و عمق میدان بسیار بزرگتر عمل میکند. مهمترین ویژگی این دستگاه، نمایش سه بعدی تصویرهای آن است که به دلیل عمق میدان بزرگ آن میباشد. SEM اطلاعات زیر را درخصوص نمونه در اختیار میگذارد:

* توپوگرافی نمونه: خصوصیات سطوح

* مورفولوژی: شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم

* ترکیب: اجزایی که نمونه را می‌سازند

عملکرد این میکروسکوپ به این صورت است که پرتویی از الکترون‌ها به وسیله تفنگ الکترونی میکروسکوپ تولید می‌شود. این پرتو در خلا به صورت عمودی از میکروسکوپ عبور میکند و سپس با عبور از میدانهای الکترومغناطیسی و لنزهای ویژه، به صورت متمرکز به نمونه تابانده می‌شود. به محض برخورد پرتو با نمونه، الکترون‌ها و اشعه‌های ایکس از نمونه خارج می‌گردند. در نهایت آشکارسازها پرتوهای ایکس، الکترون‌های اولیه و الکترون‌های ناشی از برخورد الکترون‌های اولیه با جسم را جمع‌آوری می‌کنند و آنها را به سیگنال تبدیل نموده و به صفحه نمایش منتقل می‌کنند؛ به این روش تصویر نهایی آماده می‌شود [۱]. ساختار این میکروسکوپ در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- ساختار میکروسکوپ الکترونی روبشی.

۳. نتیجه‌گیری

در فناوری نانو، ابزار و تجهیزات نقش مهمی را ایفا می‌کنند زیرا که فعالیت در حوزه نانو بدون ابزار مناسب، امری غیر ممکن است. در گذشته به علت ضعف فناوری و نیز نبودن وسایل اندازه‌گیری و آنالیز بسیاری از محققان حتی نمی‌دانستند که تحقیقی که انجام می‌دهند، در حوزه نانو فناوری است. همانطور که قبلاً اشاره شد، طول‌موج نور مرئی در گستره ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر است بنابراین از این طول‌موج برای مشاهده نانومواد که در مقیاس ۱-۱۰۰ نانومتر قرار دارند، نمی‌توان بهره برد. یک پرتو الکترونی می‌تواند طولی‌موجی در حد آنگستروم داشته باشد. از این رو از پرتو الکترونی می‌توان برای مشاهده نانومواد استفاده کرد. میکروسکوپ‌های الکترونی روبشی (MES) و عبوری (MET) از برهمکنش بین الکترون‌ها و نمونه برای تشکیل تصویر استفاده می‌کنند. از انواع جدیدتر میکروسکوپ‌ها که توانایی تشکیل تصاویر توپوگرافیک از سطح نمونه را در ابعاد نانومتری دارند، میکروسکوپ‌های پیمایشگر روبشی (MTS) می‌باشند. از این رو با استفاده از این ابزارها، مطالعات در زمینه نانوساختارها، در مسیر هموارتری پیش می‌رود.

منابع

[۱] مجموعه مقالات سایت باشگاه نانو، چاپ پنجم، ۴۹۳۱.

[۲] Flegler, S.L., Heckman, Jr., J.W. and Klomparens, K.L. Scanning and Transmission Electron Microscopy, an Introduction, W.H. Freeman and Co., New York, ۱۹۹۳.

[۳] حسینی نسب ف، افسری ولایتی م، قاسمی نژاد لیچایی م، علوم و فناوری نانو (مباحث عمومی)، چاپ پنجم، زمستان ۱۳۹۵

[۴] Meyer, E., Hug, H.J. and Bennewitz, R. Scanning Probe Microscopy: the Lab on a Tip, Springer-Verlag, Berlin, ۲۰۰۴.

[۵] David B. Williams, C. Barry Carter, springer, Transmission Electron Microscopy a Textbook for Materials Science, ۲۰۰۹.

[۶] حسینی نسب ف، افسری ولایتی م، علوم و فناوری نانو (روش‌های مشخصه-یابی)، چاپ دوم، زمستان ۱۳۹۵

[۷] Amelinckx, S., van Dyck, D., van Landuyt, J., van Tendeloo, G. Handbook of Microscopy: Applications in Materials Science, Solid-State Physics and Chemistry, Wiley VCH Verlag GmbH, Weinheim, ۲۰۰۹.

Introduction of microscopic equipment and methods to characterize nanomaterials

Zahra Khanzad^{۱*}, Seyed Mohsen Mousavi^۲

Chemistry student, Department of Chemistry, Tehran, Iran

Assistant Professor of Chemistry Department, Ministry Of Education, Farhangian University, Tehran, Iran

Corresponding Author's E-mail: zkhanzadm@gmail.com

Presenter's E-mail: zkhanzadm@gmail.com

Abstract

This article is a review-library method, which was written according to the opinions of scholars in this field. According to the current knowledge about the methods of identifying and investigating nanomaterials and the existing equipment and methods, the purpose of this study is to investigate these methods, microscopic equipment and to some extent how they function and the results obtained from them. A part of nanotechnology studies the present world, just a little deeper and a little lower than the parts that cannot be seen with the eye. The results of the conducted research show that the first step to study these parts is the ability to make them visible; For this purpose, we need tools and equipment to reveal the lower world to us. Therefore, we should study nanomaterials using special methods, especially microscopic methods. For these studies, various tools have been made by mankind, currently, different types of electron microscopes provide the opportunity to study the samples in detail and pave the way for the better progress of science.

Keywords: study of nanomaterials, characterization of nanomaterials, microscopic methods, electron microscope.

حذف رنگ رودامین B با استفاده از جاذب مغناطیسی ۱-HKUST-NH₂-MgFe₂O₄

الناز رضائی^۱، معصومه محمدنژاد*

گروه شیمی تجزیه، دانشکده شیمی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

*m.mohammadnejad@alzahra.ac.ir

elnazrezaee7605@gmail.com

چکیده

ورود پساب‌های حاوی رنگ‌های آلی سمی به آب‌های زیرزمینی برای سلامت محیط‌زیست و جامعه خطرناک است. روش جذب سطحی به دلیل مزایای منحصربه‌فرد آن مانند بازدهی خوب، هزینه کم، سادگی، تولید حداقل آلاینده‌های ثانویه و بازسازی آسان بسیار مورد توجه است. از میان جاذب‌های مختلف، چارچوب‌های فلز-آلی به دلیل تخلخل بالا، مساحت سطحی بالا و ساختار قابل تغییر کاربرد فراوانی در حذف آلاینده‌ها دارد. این مطالعه با هدف حذف رنگ رودامین B در محیط آبی و سنتز جاذب مغناطیسی حاوی چارچوب فلز-آلی بر پایه مس (HKUST-1) و نانوذره مغناطیسی انجام پذیرفت. بدین منظور، ابتدا نانوذره مغناطیسی (MgFe₂O₄-NH₂) با روش ساده ای سنتز شده و با پیش ماده‌های HKUST-1 ترکیب شده و جاذبی با خاصیت مغناطیسی عالی سنتز شد که جداسازی جاذب از محیط آبی را بسیار آسان و بدون نیاز به سانتریفوژ ممکن می‌سازد. فرایند جذب رنگ رودامین B توسط اسپکتروفتومتر UV-Vis مورد بررسی قرار گرفت. جاذب سنتز شده توسط تکنیک‌های XRD، SEM و FT-IR مشخصه یابی شد. پارامترهای موثر در جذب (pH، زمان تماس جاذب و جذب‌شونده، مقدار جاذب) جهت دستیابی به حداکثر ظرفیت جاذب بهینه سازی شدند. در محیط آبی، ۱۱ mg/۰۳٪ از رودامین B در pH=۳ بعد از ۲ دقیقه توسط ۵ mg از جاذب سنتز شده، ۷۸/۸ درصد حذف شد. جداسازی جاذب به راحتی بعد از حذف، توسط یک آهنربا جداسازی می‌شود. جاذب سنتز شده در این مطالعه، یک جاذب موثر برای حذف رودامین B از محیط آبی است.

کلید واژه‌ها : چارچوب فلز-آلی، جاذب مغناطیسی، رودامین B، HKUST-1.

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر، آلودگی آب یک چالش‌های جهانی به حساب می‌آید که نیازمند ارزیابی مداوم سیاست‌های جوامع بشری است. این آلاینده‌ها ممکن است در محیط آبی برای حیات خطرناک شوند و در نهایت ممکن است در آب‌های زیرزمینی قرار گیرند [۱]. حذف رنگ از آب به دلیل اثرات مضر آن مانند سمی بودن، سرطان‌زایی، جهش‌زایی و مهار رشد موجودات آبی بسیار مهم است. در بین روش‌های مختلف تصفیه، جذب کاراترین روش برای کاهش سریع غلظت رنگ‌های محلول در پساب به دلیل مزایای منحصربه‌فرد آن مانند بازدهی خوب، هزینه کم، سادگی، تولید حداقل آلاینده‌های ثانویه و بازسازی آسان است. جاذب‌های مختلفی برای تصفیه پساب‌های حاوی رنگ از جمله جاذب‌های مختلفی از جمله چارچوب‌های فلزی-آلی (MOFs) استفاده شده است [۲].

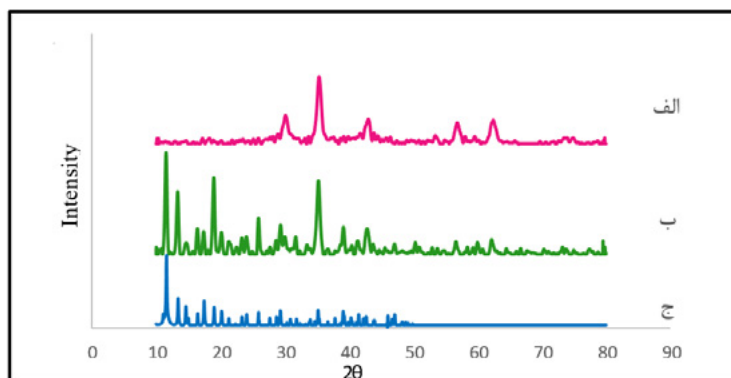
HKUST-199 (MOF-199) از خوشه‌های مس و بنزن-۳،۵-تری‌کربوکسیلیک اسید (H_3BTC) در یک واحد ثانویه تشکیل شده است. این ترکیب به دلیل ظرفیت جذب بالا قابلیت استفاده در حذف آلاینده‌ها را دارد با اینحال، جداسازی و بازیافت جاذب خالص HKUST-1 از حجم زیادی آب دشوار بوده و کاربرد آن در تصفیه فاضلاب را محدود می‌کند [۳]. بنابراین اخیراً نانوکامپوزیت‌های مغناطیسی MOF ها با نانوذرات مغناطیسی (NPs) به دلیل ظرفیت جذب بالا، عملکرد آسان و جداسازی سریع و آسان، اثرهم‌افزایی، بازدهی جداسازی بالا، شرایط عملیاتی خوب با یک میدان مغناطیسی خارجی ترکیب شده‌اند [۴]. رودامین B یک رنگ فلورسنت کاتیونی (RhB) است. سمیت این رنگ برای انسان و حیوانات به اثبات رسیده و اگر بلعیده شود باعث تحریک پوست، چشم و دستگاه تنفسی می‌شود [۵]. هدف از این مطالعه سنتز این جاذب مغناطیسی و حذف آسان و موثر رودامین B و جداسازی آسان جاذب است. اثر عوامل موثر بر درصد جذب از قبیل pH، زمان تماس جاذب و جذب‌شونده و مقدار جاذب بررسی شد.

۲. روش تحقیق

۲.۱ مواد و دستگاه‌های مورد استفاده: مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه از شرکت‌های مرک و سیگما تهیه شدند. آهن (III) نیترات ۹ آب، منیزیم نیترات ۹ آب، مس نیترات ۳ آب، ۵،۳ بنزن تری کربوکسیلیک اسید، سدیم استات، اتیلن گلیکول، اتانول آمین، رودامین B. دستگاه اسپکتروفتومتری UV-Vis ساخت شرکت PerkinElmer، دستگاه اسپکتروسکوپی FT-IR مدل TENSOR ساخت شرکت BRUKER، همزن مکانیکی مدل HS-30D ساخت شرکت wise stir، دستگاه XRD مدل D8ad-vance ساخت شرکت BRUKER، دستگاه FE-SEM مدل TESCAN MIRA3 مورد استفاده قرار گرفت.

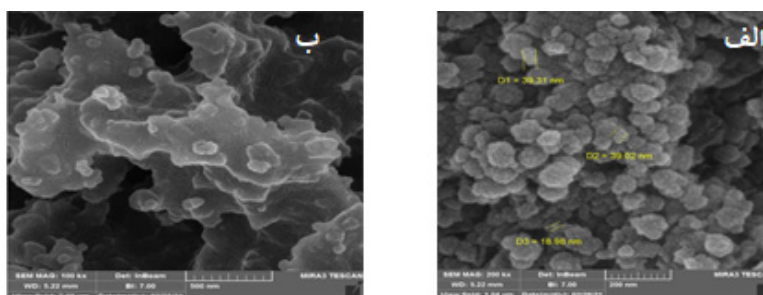
۲.۲ سنتز کامپوزیت مغناطیسی $MgFe_2O_4-NH_2-HKUST-1$: برای سنتز کامپوزیت ۵/۰ گرم از نانوذره $MgFe_2O_4-NH_2$ را به همراه ۴۴۵/۰ گرم (۲/۴ mmol) مس نیترات سه آب در ۲۵ میلی‌لیتر اتانول حل شد و به کربوکسیلیک اسید تهیه شد و با سرعت ۵/۰ میلی لیتر بر دقیقه در مدت یک ساعت به محلول قبلی تحت همزن مکانیکی اضافه شد. سپس محصول مدت ۳۰ دقیقه تحت حمام اولتراسونیک قرار گرفت. سپس ۲۵ میلی لیتر اتانول حاوی ۲۱۸۸/۰ گرم (۱ mmol) ۵،۳ بنزن تری که رسوبی سبز بود چندین مرتبه با اتانول شسته و توسط آهنربا جدا شد تحت دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آن خلا به مدت ۶ ساعت خشک شد [۸].

۲-۳ شناسایی جاذب مغناطیسی سنتز شده: در طیف زیر قرمز مربوط به $MgFe_2O_4-NH_2$ ، نوار موجود در 571 cm^{-1} به ارتعاش پیوند Fe-O مربوط می‌شود. همچنین نوارهای موجود در 1383 cm^{-1} ، 625 cm^{-1} و 3420 cm^{-1} به ارتعاش کششی C-N، ارتعاش خمشی قیچی‌وار NH_2 و ارتعاش کششی N-H مربوط می‌شود که این شواهد، نشانه‌ی وجود مولکول‌های اتانول آمین روی سطح نانو ذره است [۷]. در طیف مربوط به HKUST-1 باندهای موجود در 1375 cm^{-1} و 1565 cm^{-1} به باند کششی C=C در لیگاند BTC نسبت داده می‌شود. باند موجود در 680 cm^{-1} به پیوند Cu-O مربوط می‌باشد [۸]. در الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به $MgFe_2O_4-NH_2$ که در شکل ۱ قسمت (الف) مشخص شده است، پیک‌های پرشدت ظاهر شده در زوایای $2\theta = 30/2^\circ$ ، $35/44^\circ$ ، $43/12^\circ$ ، $56/8^\circ$ ، $62/48^\circ$ ، $72/30^\circ$ پیک‌های مشخصه‌ی این نانو ذره‌ی اکسید فلزی است با الگوی پراش پرتو ایکس موجود در مراجع مطابقت دارد [۷]. در الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به HKUST-1 که در شکل ۱ قسمت (ج) مشخص شده است، پیک‌های موجود در زوایای $2\theta = 11/5^\circ$ ، $13/2^\circ$ ، $16/3^\circ$ ، $17/3^\circ$ ، $20/0^\circ$ ، $29/3^\circ$ ، $35/0^\circ$ ، $43/12^\circ$ پیک‌های مشخصه‌ی ساختار HKUST-1 شبیه‌سازی شده است [۸]. همچنین الگوی پراش پرتو ایکس کامپوزیت سنتز شده که در شکل ۱ قسمت (ب) مشخص شده است، برآیندی از الگوی دو جزء تشکیل‌دهنده‌ی آن است. این شواهد نشان دهنده‌ی سنتز موفق کامپوزیت است.



شکل ۱. طیف XRD الف. $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2$ ب. $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$ ج. HKUST-1

در شکل ۲ (الف) تصویر SEM از نانو ذرات اکسید فلزی $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2$ آورده شده است. این تصویر نشان می‌دهد که نانو ذرات سنتز شده، کروی شکل هستند. در شکل ۲ (ب) تصویر SEM از نانو کامپوزیت $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$ آورده شده است.

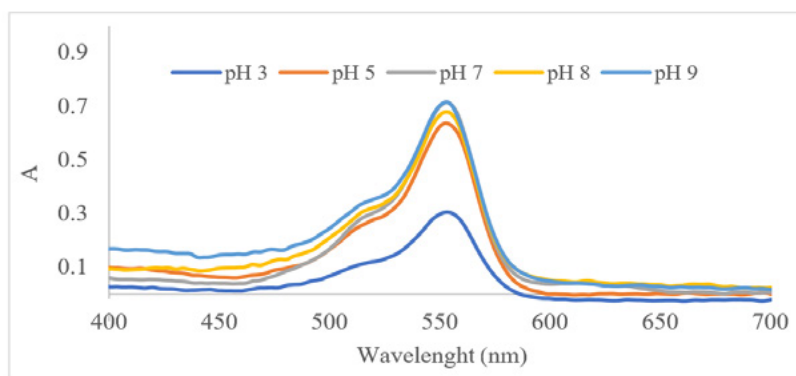


شکل ۲- تصویر FESEM الف. نانوذره مغناطیسی $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2$ ب. $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$

۲-۴ روش تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش: جهت بهینه‌سازی شرایط مؤثر بر روی فرآیند جذب، در مرحله‌ی اول، تعیین pH بهینه انجام گرفت. به این ترتیب محلول‌هایی با pH های مختلف در گستره‌ی ۳/۰ تا ۹/۰ از رودامین B با غلظت 10^{-5} مولار تهیه شد. طیف UV-Vis این محلول‌ها قبل از افزودن جاذب ثبت شد. ۵ میلی‌لیتر از محلول‌های رودامین B تهیه‌شده به بشر منتقل شد و به هر بشر ۴ میلی‌گرم جاذب اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی هم زده شد تا جاذب و رودامین B در تماس با یکدیگر قرار بگیرند. سپس محلول‌های حاوی جاذب و رودامین B روی یک آهنربای خارجی قرار گرفتند و به این ترتیب جاذب مغناطیسی از محلول جدا شد و از محلول رویی طیف جذبی ثبت شد. درصد حذف رودامین B از محلول‌های آبی در هر مرحله از آزمایش‌ها، با به کارگیری رابطه‌ی (۱) محاسبه شد. در رابطه‌ی (۱)، A_0 میزان جذب محلول رودامین B در طول موج ماکزیمم، پس از افزودن جاذب و انجام فرآیند جذب و A_0 میزان جذب اولیه‌ی محلول است.

۳. نتایج و بحث

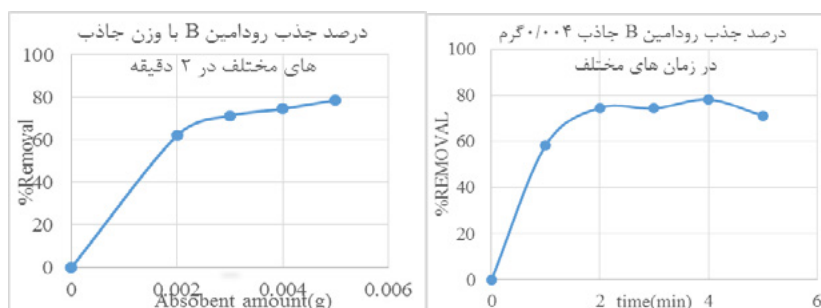
۳-۱ بهینه سازی pH: طیف جذبی محلول‌ها با pH های مختلف ۳/۰ الی ۹/۰ بعد از فرایند جذب در شکل ۳ آورده شده است. نتایج حاصل از تاثیر pH بر درصد جذب رودامین B توسط $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$ نشان داد که $\text{pH}=3$ دارای بیشترین درصد جذب است.



شکل ۳- طیف جذبی محلول‌ها با pH مختلف بعد از جذب در زمان ۵ دقیقه و مقدار ۵ میلی گرم جذب

۳-۲ بهینه سازی زمان تماس جاذب و محلول رودامین B: نتایج حاصل از اثر زمان تماس بر درصد جذب رودامین B در pH=۳ توسط $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$ انجام شد که زمان ۲ دقیقه زمان تماس بهینه انتخاب می‌شود.

۳-۳ بهینه سازی مقدار جاذب $\text{MgFe}_2\text{O}_4\text{-NH}_2\text{-HKUST-1}$: اثر مقدار جاذب بر درصد جذب رودامین B (محلول‌هایی که با مقادیر مختلف ۰/۰۰۱ گرم الی ۰/۰۰۶ گرم جذب، با pH=۳ و در ۲ دقیقه جذب شدند) که وزن ۰/۰۰۵ گرم به‌عنوان وزن بهینه انتخاب شد.



شکل ۴- الف. اثر تغییر وزن جاذب بر درصد جذب رودامین B. ب. زمان تماس بر درصد جذب رودامین B

۴. نتیجه‌گیری: هدف از این پژوهش معرفی کامپوزیت مغناطیسی بر پایه‌ی چارچوب فلز-آلی، برای حذف رنگ‌های آلی از نمونه‌های آبی بوده است که با وجود ویژگی‌های فوق‌العاده‌ی چارچوب فلز-آلی مانند تخلخل بالا و مساحت سطح زیاد با اضافه شدن خاصیت مغناطیسی به آن، قدم بزرگی در جداسازی آسان جاذب از محلول است. تأثیر pH، مقدار جاذب و زمان تماس بین جاذب و جذب‌شونده، بر روی فرآیند جذب، مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که در pH=۳، زمان تماس ۲ دقیقه و مقدار جاذب معادل ۵ میلی‌گرم، بالاترین درصد حذف رودامین B (۷۸/۷٪) از محلول آبی به دست آمد. این مقدار کم از جاذب موردنیاز و زمان تماس فوق‌العاده کوتاه برای انجام فرآیند، به‌طور چشمگیری به برتری‌های جاذب سنتز شده می‌افزاید.

1. Saemian, Tahoura, et al. "A comparative study on the pollutant removal efficiency of CoFe₂O₄@ HKUST-1 MOF and CoFe₂O₄ nanoparticles." *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 30.7 (2020): 2347-2355.
2. Alguacil, Francisco J., and Félix A. López. "Organic dyes versus adsorption processing." *Molecules* 26.18 (2021): 5440.
3. Mourdikoudis, Stefanos, Athanasia Kostopoulou, and Alec P. LaGrow. "Magnetic nanoparticle composites: synergistic effects and applications." *Advanced Science* 8.12 (2021): 2004951.
4. Jagódka, Paulina, Krzysztof Matus, and Agata Łamacz. "On the HKUST-1/GO and HKUST-1/rGO Composites: The Impact of Synthesis Method on Physicochemical Properties." *Molecules* 27.20 (2022): 7082.
5. Kumar, Gyanendra, and Dhanraj T. Masram. "Sustainable synthesis of MOF-5@ GO nanocomposites for efficient removal of rhodamine B from water." *ACS omega* 6.14 (2021): 9587-9599.
6. Li, Ling, et al. "The adsorption on magnetic hybrid Fe₃O₄/HKUST-1/GO of methylene blue from water solution." *Journal of Materials Chemistry A* 2.6 (2014): 1795-1801.
7. Dojcsák, Dalma, et al. "NH₂-Functionalized Magnetic Nanoparticles for the N-Glycomic Analysis of Patients with Multiple Sclerosis." *International Journal of Molecular Sciences* 23.16 (2022): 9095.
8. Zhao, Xiaoli, et al. "Synthesis of magnetic metal-organic framework (MOF) for efficient removal of organic dyes from water." *Scientific reports* 5.1 (2015): 11849.

Removal of Rhodamine B dye using MgFe₂O₄-NH₂-HKUST-1 magnetic adsorbent

Elnaz Rezaei¹, Masoumeh Mohammadnejad^{1*}

¹Department of Analytical Chemistry, Faculty of Chemistry, Alzahra University, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: m.mohammadnejad@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: elnazrezaee7605@gmail.com

Abstract

The entry of wastewater containing toxic organic dyes into underground water is dangerous for the health of the environment and society. The adsorption method is of great interest due to its unique advantages such as good efficiency, low cost, simplicity, production of minimal secondary pollutants, and easy regeneration. Among the various adsorbents, metal-organic frameworks are widely used in pollutant removal due to their high porosity, high surface area, and changeable structure. This study was carried out with the aim of removing Rhodamine B dye in aqueous medium and synthesis of magnetic adsorbent containing metal-organic framework based on copper (HKUST-1) and magnetic nanoparticles. For this purpose, first, magnetic nanoparticle (MgFe₂O₄-NH₂) was synthesized by a simple method and combined with HKUST-1 precursors, and an adsorbent with excellent magnetic property was synthesized. Separation of the adsorbent from the aqueous environment is very easy and without the need for a centrifuge. The absorption process of Rhodamine B dye was investigated by UV-Vis spectrophotometer. The synthesized adsorbent was characterized by FT-IR, SEM and XRD. The effective parameters in adsorption (pH, contact time of adsorbent and adsorbed, amount of adsorbent) were optimized to achieve the maximum adsorbent capacity. In aqueous solution, 0.0311 mg of Rhodamine B at pH=3 was removed by 5 mg of synthesized adsorbent, 78.8% after 2 minutes. Adsorbent separation is easily separated by a magnet after removal. The adsorbent synthesized in this study is an effective adsorbent for the removal of rhodamine B from solution.

Keywords: Metal-Organic framework; magnetic adsorbent; Rhodamine B; HKUST-1.

تشخیص حمله سایبری مبتنی بر یادگیری عمیق در راستای ایجاد اینترنت اشیا صنعتی قابل اعتماد

اعظم عباس نژاد

دانشجوی دکتری، مهندسی کامپیوتر، نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان

com.yahoo@abasnejadazam349

چکیده فارسی

در این مقاله، ما یک رویکرد جدید برای بهبود قابلیت اعتماد شبکه‌های مجهز به اینترنت صنعتی اشیا پیشنهاد می‌کنیم. ما یک کنترل دقیق و قابل اعتماد نظارتی و اکتساب داده (SCADA) مبتنی بر شبکه تشخیص حمله سایبری در این شبکه‌ها را پیشنهاد می‌کنیم. طرح پیشنهادی واحدهای مکرر هر می مبتنی بر یادگیری عمیق (PRU) و درخت تصمیم (DT) را با شبکه‌های اینترنت اشیا صنعتی مبتنی بر SCADA ترکیب می‌کند. ما همچنین از یک روش یادگیری گروهی برای شناسایی حملات سایبری در شبکه‌های اینترنت صنعتی اشیا مبتنی بر SCADA استفاده می‌کنیم. طرح پیشنهادی بر روی ۲۰ مجموعه داده تولید شده از شبکه‌های مبتنی بر SCADA ارزیابی می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که طرح پیشنهادی از روش‌های سنتی و رویکردهای تشخیص مبتنی بر یادگیری ماشین بهتر عمل می‌کند. طرح پیشنهادی امنیت و معیارهای مربوط به قابلیت اعتماد را در شبکه‌های فعال شده با اینترنت اشیا صنعتی بهبود می‌بخشد.

کلید واژه‌ها : حمله سایبری، حمله سایبری، یادگیری عمیق، اینترنت اشیا صنعتی

مجرمان سایبری به دنبال سوء استفاده از اینترنت اشیاء صنعتی^۱ به عنوان حلقه های ضعیف در زنجیره داده هستند. بسیاری از این دستگاه ها بی سیم (WLAN یا ۵G) هستند و اغلب کانال های ارتباطی با سازندگان خود برای اهداف تعمیر و نگهداری و عیب یابی دارند، که می تواند آنها را به یک درب پشتی بالقوه برای مجرمان سایبری و ورود بدافزار تبدیل کند [۱]. اکثر سازمان ها برای آسیب پذیری های دستگاه های اینترنت اشیاء صنعتی آماده نیستند. اتصال متقابل همه جا بین دستگاه ها، کاربران و شبکه های توزیع شده یک چالش اساسی برای راه حل های امنیتی سنتی ایجاد کرده است [۲]. عدم وجود یک چشم انداز قابل رویت در دستگاه ها، کاربران و کل شبکه نقاط کوری را ایجاد می کند که مجرمان سایبری می توانند از آن سوء استفاده کنند. طبق مطالعه ای که توسط EY انجام شده است، تقریباً نیمی از شرکت ها نگران ناتوانی خود در ردیابی امنیت دارایی های اینترنت اشیاء صنعتی خود، عاری از ویروس نگه داشتن و آسیب پذیری ها هستند [۳]. این پیچیدگی با آمدن دستگاه های اینترنت اشیاء صنعتی با دستگاه های سیمی در همان بخش های شبکه تشدید می شود و می تواند منجر به عدم اطمینان در مورد اینکه دقیقاً چه چیزی به کجا متصل است، شود [۴]. از منظر امنیتی، دستگاه های اینترنت اشیاء صنعتی خطراتی به همراه دارند. که اکثر این دستگاه ها با در نظر گرفتن امنیت طراحی نشده اند. بسیاری از آنها یک سیستم عامل سنتی یا حتی حافظه و یا قدرت پردازش مورد نیاز که شامل امنیت یا نصب یک کلاینت امنیتی باشد را ندارند [۵]. در نتیجه بسیاری از دستگاه های اینترنت اشیاء را نمی توان پچ یا به روزرسانی کرد و همینطور اکثر ابزارهای امنیتی نصب شده را می توان با بهره برداری از طیف وسیعی از آسیب پذیری های شناخته شده دور زد. علاوه بر این، اکثر دستگاه های اینترنت اشیاء صنعتی قابلیت پیکربندی محدود یا بدون پیکربندی دارند [۶]. و هنگامی که دستگاه ها در معرض خطر قرار می گیرند، اکثر سازمان های فناوری اطلاعات اذعان می کنند که بعید است که بتوانند رویداد را قبل از تأثیرگذاری بر سیستم ها و داده ها شناسایی کنند. راه حل های امنیتی باید به طور خودکار با تغییرات شبکه سازگار شوند، تهدیدها را پیش بینی کنند، دستورات زبان تجاری را تفسیر و پیاده سازی کنند. و در یک معماری امنیت شبکه سایبری برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات تهدید، تعامل داشته باشند و پاسخ های تهدیدات را در تمام دستگاه های امنیتی و اکوسیستم های شبکه به طور فعال هماهنگ کنند [۷-۹]. متأسفانه دستگاه های اینترنت اشیاء صنعتی معمولاً با در نظر گرفتن نکات امنیتی بیان شده طراحی نشده اند و یافتن راه هایی برای ایمن سازی هر دستگاه در شبکه می تواند ایجاد استرس کند [۱۰]. به همین دلیل، سازمان ها باید اقدامات فوری برای محافظت از سیستم های خود در برابر حمله انجام دهند. نسل جدیدی از ابزارها به سازمان ها کمک می کنند تا با سطح حمله روزافزون امروزی روبرو شوند و نه تنها بر محیط شبکه نظارت، بلکه اعمال و کنترل سیاست پویا را نیز ارائه کنند [۱۱]. با در نظر گرفتن محدودیت های تکنیک های قبلی، ما از ویژگی های شبکه پروتکل های صنعتی استفاده می کنیم و مکانیزم تشخیص گروه مبتنی بر واحد هر می بازگشتی (PRUS) و درخت تصمیم (DT) را پیشنهاد می کنیم. مکانیسم پیشنهادی پتانسیل شناسایی حملات سایبری در هر شبکه صنعتی گسترده را دارد. قابلیت همکاری با سایر موتورهای تشخیص و قابلیت گسترش برای یک شبکه صنعتی گسترده تر با مناطق متعدد، مکانیسم پیشنهادی را از مطالعات قبلی متمایز می کند. روش تشخیص پیشنهادی در بسیاری از حوزه های اینترنت اشیاء صنعتی قابل انتشار است. علاوه بر این، مدل ما برای پیاده سازی و استقرار ساده است و می تواند کارایی و دقت را در عین غلبه بر کاستی های تلاش های قبلی بهبود بخشد. قابلیت های زیر می تواند تازگی و سهم مقاله ما را مشخص کند. ما یک چارچوب تشخیص حملات سایبری مبتنی بر DL و DT مقیاس پذیر و کارآمد را برای حل مسائل مربوط به قابلیت اطمینان در شبکه های اینترنت اشیاء صنعتی مبتنی بر SCADA پیشنهاد می کنیم. ما یک رویکرد کاوشگر کارآمد توسط داده های شبکه مبتنی بر SCADA برای حل محدودیت های عدم تطابق پروتکل راه حل های امنیتی سنتی برای پلت فرم اینترنت اشیاء صنعتی ارائه می دهیم.

مبانی نظری

SCADA^۲

سامانه سرپرستی و گردآوری داده یا اسکادا به تکنولوژی که امکان جمع آوری اطلاعات از تاسیسات دور دست و ارسال دستورالعمل های کنترلی به آنها را فراهم می کند اطلاق می شود. منظور از اسکادا یک سامانه مرکزی است که نظارت و کنترل یک سایت یا سیستم گسترده در فواصل زیاد (در حد چندین کیلومتر) را بر عهده دارد. سیستم های اسکادا برای مانیتور کردن یا کنترل فرایندهای شیمیایی، حمل و نقل، سیستم های آبرسانی شهری، کنترل تولید و توزیع انرژی الکتریکی و در خطوط نفت و گاز و سایر فرایندهای گسترده و توزیع یافته استفاده می شود [۱۲]. در یک سیستم اسکادا اتاق کنترل می تواند بر پایه داده های بدست آمده دستورهای لازم را صادر کند. همچنین این داده ها در یک سیستم ثبت اطلاعات یا سیستم مدیریت پایگاه داده ذخیره می شوند که معمولاً قابلیت ترسیم نمودار و تحلیل اطلاعات را هم دارد. PLC یک تکنولوژی است که معمولاً همراه اسکادا استفاده می شود. PLC می تواند داده ها را منابع سنسوری دریافت کرده، آنها را ذخیره کند و نمایش دهد.

همچنین می‌تواند فرایندی را شروع یا متوقف کند و به همین ترتیب در صورت نیاز هشدار را صادر کند [۱۳].

تفاوت‌های اینترنت اشیا صنعتی و اسکادا

۱- scalability

IoT با بهره‌گیری از رایانش ابری توانایی این را دارد که حجم زیادی از داده‌ها که از منابع سنسوری جمع‌آوری را مورد پردازش قراردهد. معماری IoT طوری است که می‌تواند بر اساس تقاضا گسترش پیدا کند [۱۵].

۲- Data Analytics

یکی از ویژگی‌های مهم IoT قابلیت ذخیره‌سازی برای بلند مدت و تحلیل داده‌ها است. با تحلیل داده‌ها IoT می‌تواند به صنعت بگوید که زمان بندی مناسب برای تعمیر چه وقتی است که این می‌تواند موجب کاهش مجموع از کار افتادگی شود. این درحالی است که اسکادا بیشتر روی نظارت بر عملکرد لحظه‌ای تمرکز دارد [۱۶].

۳- Standardization

یکی از هدف‌های مهم اینترنت اشیا استاندارد سازی در شبکه‌های سنسوری، جمع‌آوری داده‌ها و تجمیع داده‌های است. استانداردمانند OPC UA برای ارتباطات بلادنگ امن توسط IoT پشتیبانی می‌شود. همچنین برای داشتن ارتباطات امن در اینترنت اشیا صنعتی پروتکل‌هایی مانند HTTPS, MQTT نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۱۷].

۴- Interoperability

قابلیت همکاری یکی دیگر از ویژگی‌های مهم IoT به حساب می‌آید و یک سیستم مبتنی بر اینترنت اشیا باید بتواند با سایر سیستم‌های داخلی و بیرونی ارتباط داشته باشد. سیستم اسکادا برای نظارت لحظه‌ای و بلادنگ در یک کارخانه بسیار خوب عمل می‌کند. ولی این سیستم‌ها برای بسیاری از سوالات نمی‌تواند پاسخی داشته باشد. به عنوان مثال از یک سیستم صنعتی مبتنی بر اینترنت اشیا می‌توان انتظارات زیر را داشت [۱۸].

اسکادا داده‌ها را از مکان‌های دور جمع‌آوری می‌کند. این فرایند در لحظه اتفاق می‌افتد و برای کنترل تجهیزات و ابزارهای سازمان‌ها و شرکت‌ها استفاده می‌شود. ابزارهای که در تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر داده در مورد فرآیندهای صنعتی، نقش مهمی دارند. یکی از رایج‌ترین انواع سیستم‌های کنترل صنعتی، اسکادا است که می‌تواند برای مدیریت تقریباً هر نوع فرآیند صنعتی استفاده شود. سیستم‌های اسکادا شامل قطعات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است [۱۹]. سخت‌افزار، داده‌ها را جمع‌آوری می‌کند و به سیستم‌های کنترل‌کننده میدان می‌دهد که داده‌ها را به سیستم‌های دیگری ارسال می‌کند. این سیستم‌ها کارشان پردازش داده‌هاست و پس از آن دیتاها را به رابط انسان و می‌پیمایند. سیستم‌های اسکادا همچنین تمام رویدادها را برای گزارش وضعیت و مشکلات فرآیند، ثبت می‌کنند. سیستم‌های اسکادا (SCADA) وقتی که اوضاع خطرناک می‌شود، با به صدا درآوردن هشدارها، خبر می‌دهند [۲۰].

اجزای یک سیستم (SCADA)

سیستم‌های اسکادا شامل اجزایی هستند که در این زمینه برای جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای و همچنین سیستم‌های مرتبط برای فعال کردن جمع‌آوری داده‌ها و افزایش اتوماسیون صنعتی مستقر شده‌اند. اجزای اسکادا SCADA شامل موارد زیر است [۲۱]:

سنسورها و محرک‌ها

سنسور یکی از ویژگی‌های دستگاه یا سیستمی است که اطلاعات ورودی‌های فرآیندهای صنعتی را تشخیص می‌دهد. به زبانی دیگر سنسور دریافت‌کننده اطلاعات محیطی است که حالا این محیط می‌تواند یک خودرو یا سیستم بزرگ صنعتی باشد. محرک یکی از ویژگی‌های دستگاه یا سیستمی است که مکانیسم فرآیند را کنترل می‌کند. به عبارت ساده، یک سنسور مانند یک شاخص یا متر عمل می‌کند که وضعیت یک سیستم را نمایش می‌دهد. یک محرک مانند یک کلید عمل می‌کند که می‌تواند برای کنترل یک دستگاه استفاده شود. هم سنسور و هم محرک توسط کنترلرهای میدانی اسکادا کنترل

و نظارت می‌شوند [۲۲].

سطوح سیستم‌های اسکادا

سطح ۰. سطح میدان شامل دستگاه‌های میدانی مانند سنسورهاست که برای ارسال داده‌های مربوط به فرآیندهای میدانی و محرک‌های که برای کنترل فرآیندها استفاده می‌شود [۲۳].

سطح ۱. سطح کنترل مستقیم شامل کنترل‌کننده‌های محلی، مانند PLCs و RTUs است که مستقیماً با دستگاه‌های میدانی، از جمله پذیرش داده‌های ورودی از سنسورها و ارسال دستورات به محرک‌های دستگاه میدانی، ارتباط دارند.

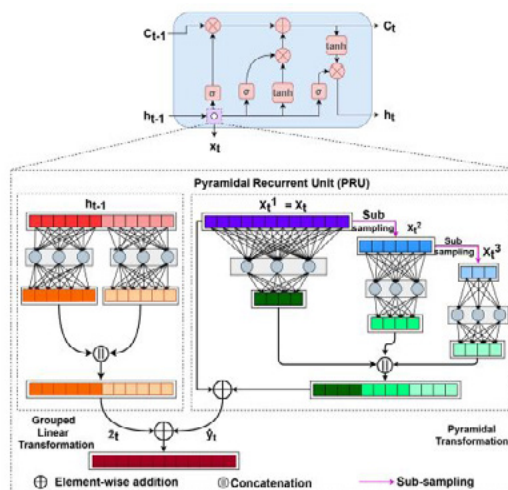
سطح ۲. سطح نظارت کارخانه شامل سیستم‌های نظارت محلی است که داده‌های کنترل‌کننده‌های سطح را جمع‌آوری و دستوراتی را برای آن کنترل‌کننده‌ها صادر می‌کند.

سطح ۳. سطح کنترل تولید شامل سیستم‌های نظارتی در سراسر سیستم است که داده‌ها را از سیستم‌های سطح ۲ جمع‌آوری می‌کند تا گزارش‌های مداوم را به سطح برنامه‌ریزی تولید، و همچنین سایر عملکردهای سایت یا منطقه، مانند هشدارها و گزارش‌ها، تولید کند.

سطح ۴. سطح برنامه‌ریزی تولید شامل سیستم‌های تجاری است که برای مدیریت فرآیندهای در حال انجام استفاده می‌شود.

روش پیشنهادی

یک مجموعه داده $D = \{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$ را فرض کنید. با مثال‌های آموزشی، که در آن بردار مقادیر واقعی یا گسسته را نشان می‌دهد. علاوه بر این، این مقادیر نشان دهنده ویژگی‌های بردار x_i است که به صورت $\langle x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im} \rangle$ بیان می‌شود. x_{ij} نمایانگر ویژگی j ام هر بردار x_i است. در مقابل، مقادیر y_i ماهیت دوگانه دارند. یک نوع طبقه‌بندی باینری را نشان می‌دهد، در حالی که نوع دیگر شامل کلاس‌های $\{1, \dots, K\}$ ، نشان دهنده چند طبقه‌بندی است. متفاوت از آن، نوع دوم شامل مقادیر واقعی است که نشان دهنده رگرسیون است. به طور خلاصه، با توجه به مجموعه داده آموزشی D با مثال‌های E ، هدف آموزش یک الگوریتم یادگیری است که می‌تواند خروجی طبقه‌بندی کننده T تولید کند. طبقه‌بندی کننده T فرضیه‌ای را در میانگین یک تابع واقعی نشان می‌دهد که به صورت $y_i = f(x_i)$ بیان می‌شود. که مقادیر جدیدی را برای y_i برای هر مقدار داده شده x_i پیش‌بینی می‌کند. Deep PRU مدل‌های یادگیری عمیق هستند که برای دستکاری داده‌های متوالی استفاده می‌شوند. شکل ۱ نمای کلی از ساختار سلولی یک سلول PRU را ارائه می‌دهد. PRU شامل چندین سلول است که هر کدام دارای سه لایه اصلی هستند: (۱) گیت فراموشی، (۲) گیت ورودی، و (۳) گیت خروجی. همچنین، تبدیل هرمی را به بردار ورودی اعمال می‌کند و از تبدیل خطی گروهی (GLT) به بردار زمینه استفاده می‌کند. سپس، آنها را در PRU ترکیب کرده و آن را به عنوان ورودی به سلول LSTM تغذیه می‌کنند. به جای تبدیل خطی یک بردار ورودی داده شده x به یک بردار خروجی y به صورت $y = F_L(x) = W \cdot x$ ، که در آن $W \in R^{N \times M}$ ماتریس وزنی است $(x \in R^N)$ به $(y \in R^M)$ ، PR از آن به سطوح هرمی K نمونه برداری کنید.



شکل ۱: شبکه PRU

نمونه برداری بردارهای K را به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\mathbf{x}^k \in \mathbb{R}^{\frac{N}{2^{k-1}}}$$

که در آن $k=1, 2, \dots, K$ نشان می‌دهد. برای هر $k=1, 2, \dots, K$ ، PR یک تبدیل مقیاس خاص را می‌آموزد.

$$\mathbf{W}^k \in \mathbb{R}^{\frac{N}{2^{k-1}} \times \frac{M}{K}}.$$

همچنین PR زیر نمونه‌های تبدیل شده را به هم متصل می‌کند تا خروجی هرمی $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^M$ را به دست آورد.

$$\bar{\mathbf{y}} = \mathcal{F}_P(\mathbf{x}) = [\mathbf{W}^1 \cdot \mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{W}^K \cdot \mathbf{x}^K]$$

که در آن $[\cdot, \cdot]$ عملیات الحاق را نشان می‌دهد. با توجه به بردار ورودی $\mathbf{x}$ ، PR آن را با استفاده از یک هسته k با $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^M$ عنصر به عنوان نمونه فرعی

$$\mathbf{x}^k = \sum_{i=1}^{N/s} \sum_{j=-e}^e \mathbf{x}^{k-1}[si] \kappa[j]$$

که در آن s عملیات گام را در حالت $k=1, 2, \dots, K$ نشان می‌دهد.

GLT تبدیل خطی سنتی را از طریق فاکتورگیری در دو بخش تجزیه می‌کند. ابتدا، با توجه به بردار ورودی $\mathbf{h} \in \mathbb{R}^N$ ، GLT آن را به گروه‌های g کوچکتر تقسیم کرد.

$$\mathbf{h} = \{\mathbf{h}^1, \dots, \mathbf{h}^g\} \quad \forall \mathbf{h}^i \in \mathbb{R}^{\frac{N}{g}}.$$

سپس، از طریق یک تبدیل خطی $\mathcal{F}_L: \mathbb{R}^{\frac{N}{g}} \rightarrow \mathbb{R}^{\frac{M}{g}}$ برای هر $\mathbf{h}^i$ را به $\mathbf{z}^i \in \mathbb{R}^{\frac{M}{g}}$ تبدیل می‌کند. همچنین به ازای $i=1, \dots, g$ بردار خروجی نهایی با الحاق بردارهای خروجی g حاصل $\mathbf{z}^i$ تشکیل می‌شود

$$\bar{\mathbf{z}} = \mathcal{F}_G(\mathbf{h}) = [\mathbf{W}^1 \cdot \mathbf{h}^1, \dots, \mathbf{W}^g \cdot \mathbf{h}^g]$$

PRU با گسترش معماری $LSTM$ و انیلی با استفاده از هرمی و GLT ‌هایی که در بالا توضیح داده شد ایجاد می‌شود. در یک زمان معین t ، PRU هر دو بردار ورودی و زمینه را از طریق یک تابع تبدیل با استفاده از ترکیب می‌کند

$$\hat{\mathcal{G}}_v(\mathbf{x}_t, \mathbf{h}_{t-1}) = \hat{\mathcal{F}}_P(\mathbf{x}_t) + \mathcal{F}_G(\mathbf{h}_{t-1})$$

که در آن $v \in \{0, c, i, f\}$ گیت‌های فراموشی، ورودی و خروجی $LSTM$ را نشان می‌دهد. $\hat{F}_p(\cdot)$ نشان دهنده هرمی است، در حالی که $\hat{F}_g(\cdot)$ نشان دهنده GLT ‌ها است. سپس $\mathcal{G}_v$ حاصل به معماری $LSTM$ برای مدل‌سازی PRU وارد می‌شود. به طور خاص، یک سلول $\mathbf{x}_t \in \mathbb{R}^N, \mathbf{h}_{t-1} \in \mathbb{R}^M$ ، and $\mathbf{c}_{t-1} \in \mathbb{R}^M$ را در یک زمان معین t به عنوان ورودی می‌گیرد و سیگنال گیت فراموشی را به عنوان ورودی تولید می‌کند.

$$\mathbf{f}_t = \sigma(\hat{\mathcal{G}}_f(\mathbf{x}_t, \mathbf{h}_{t-1}))$$

گیت فراموشی وظیفه حذف اطلاعات قبلی هر سلول را بر عهده دارد. گیت‌های ورودی و محتوا، که اطلاعات سلول را به روز می‌کنند، که به صورت زیر محاسبه می‌شوند

$$\mathbf{i}_t = \sigma(\hat{\mathcal{G}}_i(\mathbf{x}_t, \mathbf{h}_{t-1}))$$

$$\hat{\mathbf{c}}_t = \tanh(\hat{\mathcal{G}}_c(\mathbf{x}_t, \mathbf{h}_{t-1}))$$

جدول ۱: تنظیمات روش پیشنهادی

PRU Model	Layer Size	Number of Layers
1	(100)	1
2	(200)	1
3	(100, 100)	2
4	(200, 100)	2
5	(100, 100, 100)	3
6	(100, 50, 20)	3

به طور مشابه، گیت خروجی به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$o_t = \sigma(\hat{G}_o(x_t, h_{t-1}))$$

سپس بردار زمینه و وضعیت سلول با ترکیب ورودی‌ها با سیگنال‌های گیت تولید می‌شوند.

$$c_t = f_t \otimes c_{t-1} + i_t \otimes \hat{c}_t$$

$$h_t = o_t \otimes \tanh(c_t)$$

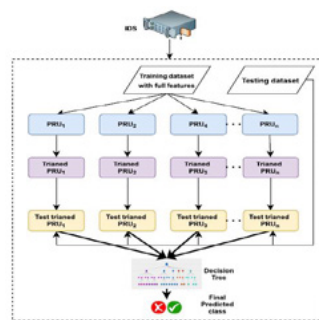
که در آن $\otimes$ ضرب عنصری است، σ نشان دهنده سیگموئید است و $\tanh$ نشان دهنده تابع فعال سازی مماس است. به طور کلی سلول‌های PRU تنها از یک لایه تشکیل شده‌اند. با این حال، افزایش عمق شبکه باعث افزایش کارایی و اثربخشی آن در هنگام یادگیری و شناخت الگوهای متوالی پیچیده می‌شود [۱۹]. بنابراین، ما از پشته‌ای از PRU ها با پیکربندی‌های مختلف برای طبقه بندی بهتر رویدادهای عادی و حمله استفاده می‌کنیم. اندازه شبکه و تعداد لایه ها دو مورد از مهم ترین ویژگی هایی است که در طراحی PRU ما باید در نظر گرفته شود. جدول ۱، PRU های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

برای ایجاد یک نتیجه جمع‌آوری شده در نتیجه PRU ها، ما از یک واحد DT استفاده می‌کنیم. فرض کنید DT مجموعه‌ای از PRU های مختلف (که با L نشان داده می‌شوند) را روی یک زیرفضای S برای ویژگی‌های $F_i \supseteq F$ ترکیب می‌کند که به صورت $\{F_i(\cdot)\}_{j=1, \dots, S} \cdot \{y_i\}_{j=1, \dots, S}$ نشان داده شده است که از طریق PRU های L متمایز به دست می‌آید. هر L را می‌توان به طور مستقل برای هر مثالی $x \in F_i$ از طریق زیرفضای ویژگی F_i طبقه‌بندی کرد. DT قبل از تصمیم گیری در مورد نتیجه، مجموعه ای از نرخ های اطمینان را برای هر کلاس در مجموعه داده در نظر می‌گیرد. مازول DT ورودی را از L به عنوان دریافت می‌کند

Input of DT = $\{L_{i,c} \text{ where } i \in \{\text{Number of L}\}$

AND $c \in \text{Number of Classes}\}$

که در آن $L_{i,c}$ میزان اطمینان مدل آموزش دیده شده برای کلاس c را نشان می‌دهد. به عنوان ورودی، DT، این نرخ های اطمینان را می‌گیرد و ارتباط بین برچسب واقعی داده های شبکه و نرخ اطمینان L را به صورت سلسله مراتبی تعیین می‌کند. شکل ۲ ساختار شماتیک DT و عملکردهای آن را در طرح پیشنهادی ما نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار جریان روش پیشنهادی

فرض کنید یک مجموعه آموزشی D_M^{Fi} ، از نمونه های M و ویژگی های F، که هر کدام از $i \in S$ به همان شیوه، D_M^{Fi} مجموعه آزمایشی را با N نمونه و ویژگی F نشان می‌دهد. DT میزان فضای خروجی PRU را تعیین می‌کند و مدلی برای طبقه بندی

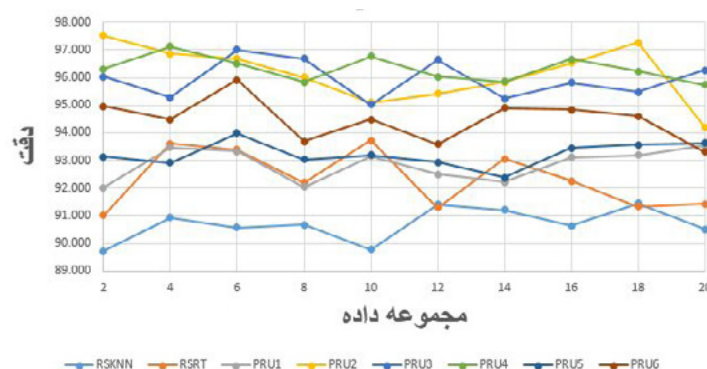
برچسب کلاس خروجی y ارائه می‌دهد. رویکرد پیشنهادی در آموزش و آزمایش کارآمد است، به حافظه کمی نیاز دارد و به دلیل توانایی آن در حذف ویژگی‌های نامربوط، برای تشخیص نفوذ در SCADA اینترنت اشیا صنعتی مناسب و مقیاس‌پذیر است.

قضیه ۱: روش ما برای شناسایی حملات سایبری اینترنت اشیا صنعتی مبتنی بر SCADA از طریق مجموعه PRU و DT قابل اعتماد است.

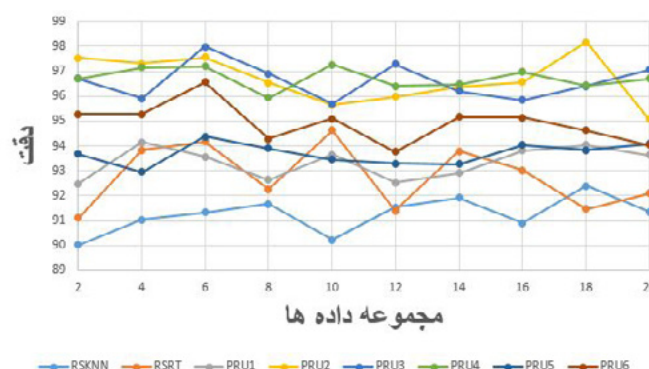
فرض کنید S نشان‌دهنده گروهی از نمونه‌های آموزشی است و مدل یادگیری عمیق D می‌تواند یک یادگیرنده L را بسازد. L را می‌توان فرضیه‌ای حول تابع f واقعی در نظر گرفت، که یک نمونه x را می‌پذیرد و یک برچسب y را به آن اختصاص می‌دهد. مدل پیشنهادی مجموعه‌ای از فراگیران/فرضیه‌ها (L) را تولید می‌کند و فضای H را برای فرضیه‌های بهینه بررسی می‌کند. فرآیند یادگیری پیشنهادی می‌تواند فرضیه‌های متمایز مختلفی را در H کشف کند، که در آن هر یک نتایج دقت یکسان یا متفاوتی را در نمونه‌های آموزشی مجموعه‌های ویژگی‌های تصادفی متمایز ارائه می‌دهد. رویکرد پیشنهادی با ایجاد مجموعه‌ای از یادگیرندگان دقیق و ترکیب آنها از طریق یک DT، احتمال انتخاب یادگیرندگان نادرست را کاهش می‌دهد. ترکیب فرضیه‌های دقیق می‌تواند از نظر آماری بهتر تابع f را تقریب کند. از این رو، مدل پیشنهادی برای شناسایی حملات نفوذ در شبکه‌های اینترنت اشیا صنعتی مبتنی بر SCADA قابل اعتماد است.

یافته‌های پژوهش

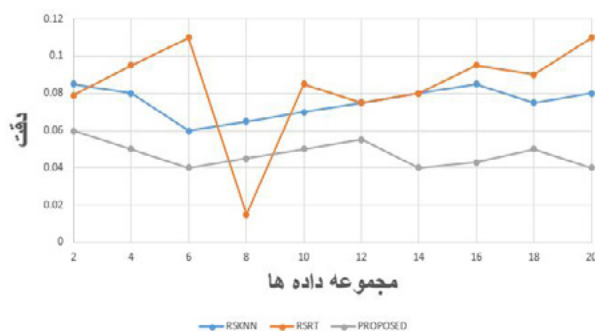
شکل ۳ دقت را نشان می‌دهد، در حالی که شکل ۴ نرخ مثبت کاذب را برای تشخیص رویدادهای عادی و غیر طبیعی توصیف می‌کند. به همین ترتیب، شکل ۵ دقت را نشان می‌دهد، در حالی که شکل ۶ نرخ مثبت کاذب را برای طبقه بندی حملات عادی و مختلف در رویدادهای ترافیکی نشان می‌دهد.



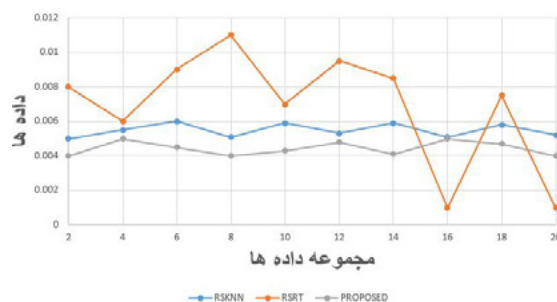
شکل ۳: تجزیه و تحلیل عملکرد طرح پیشنهادی ما برای طبقه بندی باینری از نظر دقت



شکل ۴: تحلیل عملکرد مدل پیشنهادی برای چند طبقه بندی از نظر دقت

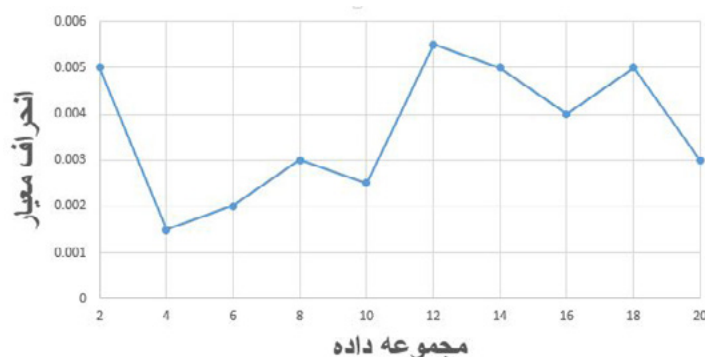


شکل ۵: تحلیل عملکرد مدل پیشنهادی برای طبقه‌بندی باینری بر حسب نرخ‌های مثبت کاذب

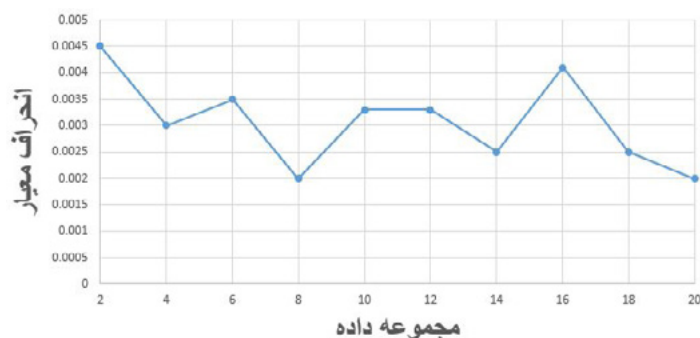


شکل ۶: تحلیل عملکرد مدل پیشنهادی برای طبقه‌بندی چندگانه بر حسب نرخ‌های مثبت کاذب

ما روش خود را با مدل‌های RSKNN و RSRT از نظر دقت و زمان محاسباتی مقایسه می‌کنیم تا عملکرد برتر آن را نشان دهیم. ما نتایج دقت را برای همه ۲۰ مجموعه داده مقایسه می‌کنیم و از نظر هزینه‌های زمانی محاسباتی، تنها مجموعه داده ۷ را در نظر می‌گیریم. علاوه بر این، از یک آزمون تحلیل آماری نیز برای ارزیابی تغییرات آماری در نتایج دقت استفاده می‌کنیم. (۱) مقایسه نتایج دقت: ما آزمایش‌هایی را با هر مدل روی تمام ۲۰ مجموعه داده انجام دادیم. آزمایش‌هایی را با هر مدل روی تمام ۲۰ مجموعه داده انجام دادیم. همانطور که در هر دو شکل ۴ و ۳ مشاهده می‌شود، PRUmodel4، ۴ و ۳، بهترین مدل است. بنابراین، برای وضوح، ما فقط نتایج PRU4 را نشان می‌دهیم. به طور مشابه، مدل ما نیز در تنظیمات حمله چند طبقه‌بندی بهتر از مدل‌های پایه عمل می‌کند. همچنین، می‌توان دید که مدل پیشنهادی ما برای تشخیص رویدادهای عادی و غیرعادی برای طبقه‌بندی باینری و چند کلاسه، عملکرد بهتری از RSRT و RSKNN دارد. شکل ۷ خطای استاندارد انحراف استاندارد را برای طبقه بندی حملات عادی و غیرعادی نشان می‌دهد، در حالی که شکل ۸ خطای استاندارد انحراف استاندارد را در تنظیمات چند طبقه بندی نشان می‌دهد. برای انجام آزمون از ابزار آماری SPSS استفاده کردیم.



شکل ۷: انحراف استاندارد روش پیشنهادی برای طبقه بندی باینری از نظر دقت



شکل ۸: انحراف استاندارد روش پیشنهادی برای چند طبقه‌بندی از نظر دقت

نتیجه‌گیری

توانایی محافظت از شبکه‌های اینترنت اشیا صنعتی مبتنی بر SCADA در برابر حملات سایبری، قابلیت اعتماد آنها را افزایش می‌دهد. روش‌های امنیتی موجود همراه با الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای محافظت از شبکه‌های اینترنت اشیا صنعتی ناکارآمد و نادرست بودند. در این مقاله، ما یک مکانیسم تشخیص حملات سایبری را با استفاده از یادگیری عمیق و گروهی پیشرفته در یک شبکه اینترنت اشیا صنعتی مبتنی بر SCADA پیشنهاد کردیم. مکانیسم پیشنهادی قابل اعتماد و دقیق است زیرا یک مدل تشخیص مجموعه با استفاده از ترکیبی از PRU و DT ساخته شده است. روش پیشنهادی در ۲۰ مجموعه داده تولید شده از یک شبکه مبتنی بر SCADA مورد ارزیابی قرار گرفت و افزایش قابل توجهی از نظر دقت طبقه‌بندی به دست آمد. در مقایسه با تکنیک‌های پیشرفته، نتایج به دست آمده از روش ما تعادل خوبی بین قابلیت اطمینان، قابل اعتماد بودن، دقت طبقه‌بندی و پیچیدگی مدل را نشان می‌دهد که منجر به بهبود عملکرد می‌شود. در آینده، ما از مدل‌های یادگیری عمیق قدرتمندتری برای بهبود بیشتر قابلیت اعتماد با شناسایی دقیق حملات سایبری استفاده خواهیم کرد. علاوه بر این، ما سعی خواهیم کرد عملکرد آن را در سناریوهای دنیای واقعی تدوین و ارزیابی کنیم. همچنین، در سناریوهایی که ویژگی‌ها کافی نیستند، روی انتخاب ویژگی‌های بهینه کار خواهیم کرد.

فهرست منابع

- 1- Sengupta, J., Ruj, S., & Bit, S. D. (۲۰۲۰). A comprehensive survey on attacks, security issues and block-chain solutions for IoT and IIoT. *Journal of Network and Computer Applications*, ۱۰۲۴۸۱, ۱۴۹
- 2- Tan, S. F., & Samsudin, A. (۲۰۲۱). Recent technologies, security countermeasure and ongoing challenges of Industrial Internet of Things (IIoT): A survey. *Sensors*, ۲۱(۱۹), ۶۶۴۷
- 3- Yu, X., & Guo, H. (۲۰۱۹, August). A survey on IIoT security. In *2019 IEEE VTS Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS)* (pp. ۵-۱). IEEE.
- 4- Mugarza, I., Flores, J. L., & Montero, J. L. (۲۰۲۰). Security issues and software updates management in the industrial internet of things (IIoT) era. *Sensors*, ۲۰(۲۴), ۷۱۶۰
- 5- Ferrag, M. A., Friha, O., Hamouda, D., Maglaras, L., & Janicke, H. (۲۰۲۲). Edge-IIoTset: A new comprehensive realistic cyber security dataset of IoT and IIoT applications for centralized and federated learning. *IEEE Access*, ۱۰, ۴۰۳۰۶-۴۰۲۸۱
- 6- Zolanvari, M., Yang, Z., Khan, K., Jain, R., & Meskin, N. (۲۰۲۱). Trust xai: Model-agnostic explanations for ai with a case study on IIoT security. *IEEE internet of things journal*.
- 7- Yu, Y., Chen, R., Li, H., Li, Y., & Tian, A. (۲۰۱۹). Toward data security in edge intelligent IIoT. *IEEE Network*, ۲۶-۲۰, ۳۳(۵)
- 8- Khan, I. A., Keshk, M., Pi, D., Khan, N., Hussain, Y., & Soliman, H. (۲۰۲۲). Enhancing IIoT networks protection: A robust security model for attack detection in Internet Industrial Control Systems. *Ad Hoc Networks*, ۱۳۴, ۱۰۲۹۳۰
- 9- Hosen, A. S., Sharma, P. K., Ra, I. H., & Cho, G. H. (۲۰۲۱). SPTM-EC: A security and privacy-preserving task management in edge computing for IIoT. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, ۱۸(۹), ۶۳۳۹-۶۳۳۰
- 10- Puri, V., Priyadarshini, I., Kumar, R., & Kim, L. C. (۲۰۲۰, March). Blockchain meets IIoT: An architecture for privacy preservation and security in IIoT. In *2020 International Conference on Computer Science, Engineering*

and Applications (ICCSEA) (pp. ۷-۱). IEEE.

- 11- Guezzaz, A., Azrour, M., Benkirane, S., Mohy-Eddine, M., Attou, H., & Douiba, M. (۲۰۲۲). A lightweight hybrid intrusion detection framework using machine learning for edge-based IIoT security. *Int Arab J Inf Technol*, ۵(۱۹)
- 12- Babayigit, B., & Sattuf, H. (2019, November). An IIoT and web-based low-cost SCADA system for industrial automation. In *2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)* (pp. 890-894). IEEE.
- 13- Babayigit, B., & Abubaker, M. (2023). Industrial Internet of Things: A Review of Improvements Over Traditional SCADA Systems for Industrial Automation. *IEEE Systems Journal*.
- 14- Zhang, W., Zhang, H., Fang, L., Liu, Z., & Ge, C. (2021). A secure revocable fine-grained access control and data sharing scheme for SCADA in IIoT systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(3), 1976-1984.
- 15- Chen, L., & Ye, Z. (2021). A security, privacy and trust methodology for IIoT. *Tehnički vjesnik*, 28(3), 898-906.
- 16- Usman, M., Sarfraz, M. S., Habib, U., Aftab, M. U., & Javed, S. (2023). Automatic Hybrid Access Control in SCADA-Enabled IIoT Networks Using Machine Learning. *Sensors*, 23(8), 3931.
- 17- Ahakonye, L. A. C., Nwakanma, C. I., Lee, J. M., & Kim, D. S. (2023). Agnostic CH-DT technique for SCADA network high-dimensional data-aware intrusion detection system. *IEEE Internet of Things Journal*.
- 18- Ahakonye, L. A. C., Nwakanma, C. I., Lee, J. M., & Kim, D. S. (2023). SCADA intrusion detection scheme exploiting the fusion of modified decision tree and Chi-square feature selection. *Internet of Things*, 21, 100676.
- 19- Voicu, V., Petreus, D., Cebuc, E., & Etz, R. (2022, September). Industrial IoT (IIOT) Architecture for Remote Solar Plant Monitoring. In *2022 21st RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet)* (pp. ۴-۱). IEEE.
- 20- Tsochev, G. R., Yoshinov, R. D., & Zhukova, N. A. (2020). Some Security issues with the industrial internet of things and comparison to SCADA systems. *Информатика и автоматизация*, 19(2), 358-382.
- 21- Yang, Y. S., Lee, S. H., Chen, W. C., Yang, C. S., Huang, Y. M., & Hou, T. W. (2021). TTAS: Trusted token authentication service of securing SCADA network in energy management system for industrial Internet of Things. *Sensors*, 21(8), 2685.
- 22- Tidrea, A., Korodi, A., & Silea, I. (2023). Elliptic Curve Cryptography Considerations for Securing Automation and SCADA Systems. *Sensors*, 23(5), 2686.
- 23- Monges, Y., Cabañas, J., Lopez, M., Morel, S., & Chaparro, E. (2022, November). An integrated testbed IEC61850-IIoT for Gas Insulated SF6 Monitoring in SCADA systems. In *2022 IEEE ANDESCON* (pp. 1-6). IEEE.

Cyber attack detection based on deep learning in order to create a reliable industrial Internet of Things

Azam Abasnejad

PhD student, computer engineering, software, Islamic Azad University, Kerman branch

abasnejadazam349@yahoo.com

Abstract

In this paper, we propose a new approach to improve the reliability of networks equipped with the Industrial Internet of Things. We propose an accurate and reliable Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) based cyber attack detection network in these networks. The proposed scheme combines deep learning-based pyramid recurrent units (PRU) and decision tree (DT) with SCADA-based industrial IoT networks. We also use an ensemble learning method to detect cyber attacks in SCADA-based IoT networks. The proposed scheme is evaluated on 20 datasets generated from SCADA-based networks. Experimental results show that the proposed scheme performs better than traditional methods and machine learning-based detection approaches. The proposed scheme improves security and reliability criteria in IoT-enabled networks.

Keywords: Cyber attack, cyber attack, deep learning, industrial internet of things

تبدیل یک اتم سه ترازى محصور شده در کاواک به یک اتم دو ترازى در نمایش‌های مختلف

بابک پروین

مراغه، دانشگاه مراغه، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، صندوق پستی ۵۵۱۸۱-۸۳۱۱۱

ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.maragheh@parvin

چکیده

یک اتم سه ترازى در داخل یک کاواک اپتیکی تک مد قرار گرفته است، گذار ۱-۳ اتم با یک میدان کلاسیکی تحریک می‌شود. در حد میدان تحریکی ضعیف و تحت چندین شرط خاص دیگر، این سامانه رفتار نزدیک به یک اتم دو ترازى را از خود نشان می‌دهد. می‌توان به صورت نظری این فرآیند را از دیدگاه‌های مختلف در حالت پایدار بررسی کرد و نتایج آنها را با هم مقایسه نمود. برای این منظور، در اینجا این مکانیزم با استفاده از دو نمایش متفاوت محاسبه شده است. یکی از این نمایش‌ها، نمایش دو اندیسی و دیگری نمایش یک اندیسی است. در هر دو نمایش، مرتبه معادلات بر حسب فرکانس رابی در حد میدان تحریکی ضعیف مشخص شده است. نتایج به دست آمده در هر دو روش با یکدیگر مطابقت کامل دارند. علاوه بر این، نتایج این دو نمایش با یافته‌های حاصل از نمایش <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.78.053814> مقایسه شده اند و شرط برابری جواب‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها : اتم سه ترازى، حد میدان تحریکی ضعیف، کاواک اپتیکی، معادله اصلی، میدان کلاسیکی.

۱. مقدمه

یک اتم سه ترازی به دام افتاده در داخل یک کاواک اپتیکی تک مد که با یک میدان کلاسیکی تحریک می‌شود، می‌تواند در فضای پارامتری رفتارهای مختلفی از خود نشان دهد. بسته به اینکه چه تعداد فوتون در داخل کاواک اپتیکی حضور داشته باشد، این سامانه رفتارهای نیمه‌کلاسیکی و کوانتومی از خود نشان می‌دهد که به طور کامل در [۱] بحث شده است. در حد میدان تحریکی ضعیف به همراه چندین شرط دیگر، نشان داده شده است که سامانه مورد نظر شبیه به یک اتم دو ترازی رفتار می‌کند [۱]. در آنجا، این فرآیند در پایه‌های اتمی بررسی شده بود، ولی در اینجا می‌توان همین فرآیند را از دو زاویه مجزای دیگر هم مورد بحث و بررسی قرار داد. بدین منظور، در دو نمایش جداگانه، محاسبات انجام شده است و در نهایت جواب‌های به دست آمده با نتایج ذکر شده در [۱] مقایسه شده‌اند.

۲. معادلات دو اندیسی

یک اتم سه ترازی مطابق شکل ۱ در یک کاواک اپتیکی تک مد محصور شده است [۱]، گذار ۱-۳ اتم با یک میدان کلاسیکی با فرکانس رابی تهییج می‌شود. معادله اصلی توصیف کننده سامانه اتم-کاواک به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\begin{aligned} \dot{\rho} = & -i[g(a\hat{A}_{32} + a^\dagger\hat{A}_{23}) + 0.5\Omega(\hat{A}_{31} + \hat{A}_{13}), \rho] + 0.5\gamma(2\hat{A}_{23}\rho\hat{A}_{32} - \hat{A}_{33}\rho - \rho\hat{A}_{33}) + \\ & 0.5\Gamma(2\hat{A}_{12}\rho\hat{A}_{21} - \hat{A}_{22}\rho - \rho\hat{A}_{22}) + 0.5\kappa(2a\rho a^\dagger - a^\dagger a\rho - \rho a^\dagger a), \end{aligned} \quad (1)$$

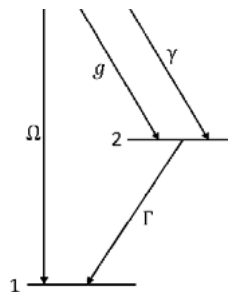
که در آن، ضریب جفت‌شدگی گذار ۲-۳ اتم با کاواک، و به ترتیب آهنگ‌های گسیل خودبخودی از تراز ۳ به ۲، و از تراز ۲ به ۱ هستند و نرخ واپاشی کاواک است. -ها عملگرهای بالابرنده و پایین آورنده اتمی هستند. () عملگر فنا (خلق) مد میدان کاواک است. معادله اصلی در پایه‌های اتم-کاواک { } به فرم زیر نوشته می‌شود [۲]:

(۲)

$$\dot{\rho}_{m,1;n,1} = -0.5i\Omega\rho_{m,3;n,1} + 0.5i\Omega\rho_{m,1;n,3} + \Gamma\rho_{m,2;n,2} - 0.5\kappa(n+m)\rho_{m,1;n,1} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,1;n+1,1}, \quad (3)$$

$$\dot{\rho}_{m,2;n,1} = -ig\sqrt{m}\rho_{m-1,3;n,1} + 0.5i\Omega\rho_{m,2;n,3} - 0.5(\Gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,2;n,1} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,2;n+1,1} \quad (4)$$

$$\dot{\rho}_{m,3;n,1} = -ig\sqrt{m+1}\rho_{m+1,2;n,1} - 0.5i\Omega\rho_{m,1;n,1} + 0.5i\Omega\rho_{m,3;n,3} - 0.5(\gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,3;n,1} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,3;n+1,1},$$



شکل ۱. ترازهای انرژی یک اتم سه ترازی که در یک کاواک اپتیکی تک مد محصور شده است.

$$\dot{\rho}_{m,1;n,2} = -0.5i\Omega\rho_{m,3;n,2} + ig\sqrt{n}\rho_{m,1;n-1,3} - 0.5(\Gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,1;n,2} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,1;n+1,2}, \quad (5)$$

$$\dot{\rho}_{m,2;n,2} = -ig\sqrt{m}\rho_{m-1,3;n,2} + ig\sqrt{n}\rho_{m,2;n-1,3} + \gamma\rho_{m,3;n,3} - (\Gamma + 0.5\kappa(n+m))\rho_{m,2;n,2} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,2;n+1,2}, \quad (6)$$

$$\dot{\rho}_{m,3;n,2} = -ig\sqrt{m+1}\rho_{m+1,2;n,2} - 0.5i\Omega\rho_{m,1;n,2} + ig\sqrt{n}\rho_{m,3;n-1,3} - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,3;n,2} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,3;n+1,2}, \quad (7)$$

$$\dot{\rho}_{m,1;n,3} = -0.5i\Omega\rho_{m,3;n,3} + ig\sqrt{n+1}\rho_{m,1;n+1,2} + 0.5i\Omega\rho_{m,1;n,1} - 0.5(\gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,1;n,3} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,1;n+1,3}, \quad (8)$$

$$\dot{\rho}_{m,2;n,3} = -ig\sqrt{m}\rho_{m-1,3;n,3} + ig\sqrt{n+1}\rho_{m,2;n+1,2} + 0.5i\Omega\rho_{m,2;n,1} - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa(n+m))\rho_{m,2;n,3} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,2;n+1,3}, \quad (9)$$

$$\dot{\rho}_{m,3;n,3} = -ig\sqrt{m+1}\rho_{m+1,2;n,3} - 0.5i\Omega\rho_{m,1;n,3} + 0.5i\Omega\rho_{m,3;n,1} + ig\sqrt{n+1}\rho_{m,3;n+1,2} - (\gamma + 0.5\kappa(n+m))\rho_{m,3;n,3} + \kappa\sqrt{(n+1)(m+1)}\rho_{m+1,3;n+1,3}, \quad (10)$$

در حد میدان تحریکی ضعیف، مرتبه تعدادی از عناصر ماتریس چگالی را می‌توان بر حسب به صورت زیر نوشت:

$$\rho_{n,1;n,1} \sim O(2n); \quad \rho_{n,2;n-1,1} \sim O(2n-1); \quad (11)$$

$$\rho_{n,3;n,1} \sim O(2n+1); \quad \rho_{0,2;0,2} \sim O(2); \quad \rho_{n,2;n,2} \sim O(2n); \quad \rho_{n,2;n-1,3} \sim O(2n); \quad \rho_{n,3;n,3} \sim O(2n+2),$$

با ساده کردن این معادلات تا مرتبه چهارم و با نوشتن هر معادله تا مرتبه غالب داریم [۳]:

$$\dot{\rho}_{0,1;0,1} = 0; \quad \dot{\rho}_{1,1;1,1} = \Gamma\rho_{1,2;1,2} - \kappa\rho_{1,1;1,1}; \quad \dot{\rho}_{2,1;2,1} = \Gamma\rho_{2,2;2,2} - 2\kappa\rho_{2,1;2,1}, \quad (12)$$

$$\dot{\rho}_{1,2;0,1} = -ig\rho_{0,3;0,1} - 0.5(\Gamma + \kappa)\rho_{1,2;0,1}; \quad \dot{\rho}_{0,1;1,2} = ig\rho_{0,1;0,3} - 0.5(\Gamma + \kappa)\rho_{0,1;1,2}, \quad (13)$$

$$\dot{\rho}_{2,2;1,1} = -ig\sqrt{2}\rho_{1,3;1,1} - 0.5(\Gamma + 3\kappa)\rho_{2,2;1,1}; \quad \dot{\rho}_{1,1;2,2} = ig\sqrt{2}\rho_{1,1;1,3} - 0.5(\Gamma + 3\kappa)\rho_{1,1;2,2}, \quad (14)$$

$$\dot{\rho}_{0,3;0,1} = -ig\rho_{1,2;0,1} - \frac{i\Omega}{2}\rho_{0,1;0,1} - \frac{\gamma}{2}\rho_{0,3;0,1}; \quad \dot{\rho}_{0,1;0,3} = ig\rho_{0,1;1,2} + \frac{i\Omega}{2}\rho_{0,1;0,1} - \frac{\gamma}{2}\rho_{0,1;0,3}, \quad (15)$$

$$\dot{\rho}_{1,3;1,1} = -ig\sqrt{2}\rho_{2,2;1,1} - 0.5i\Omega\rho_{1,1;1,1} - 0.5(\gamma + 2\kappa)\rho_{1,3;1,1}, \quad (16)$$

$$\dot{\rho}_{1,1;1,3} = ig\sqrt{2}\rho_{1,1;2,2} + 0.5i\Omega\rho_{1,1;1,1} - 0.5(\gamma + 2\kappa)\rho_{1,1;1,3}, \quad (17)$$

$$\dot{\rho}_{0,2;0,2} = \gamma \rho_{0,3;0,3} - \Gamma \rho_{0,2;0,2} + \kappa \rho_{1,2;1,2}; \quad \dot{\rho}_{1,2;1,2} = -ig \rho_{0,3;1,2} + ig \rho_{1,2;0,3} - (\Gamma + \kappa) \rho_{1,2;1,2}, \quad (18)$$

$$\dot{\rho}_{2,2;2,2} = -ig\sqrt{2}\rho_{1,3;2,2} + ig\sqrt{2}\rho_{2,2;1,3} - (\Gamma + 2\kappa) \rho_{2,2;2,2}, \quad (19)$$

$$\dot{\rho}_{1,2;0,3} = -ig \rho_{0,3;0,3} + ig \rho_{1,2;1,2} + 0.5i\Omega \rho_{1,2;0,1} - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa) \rho_{1,2;0,3}, \quad (20)$$

$$\dot{\rho}_{0,3;1,2} = ig \rho_{0,3;0,3} - ig \rho_{1,2;1,2} - 0.5i\Omega \rho_{0,1;1,2} - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa) \rho_{0,3;1,2}, \quad (21)$$

$$\dot{\rho}_{2,2;1,3} = -ig\sqrt{2}\rho_{1,3;1,3} + ig\sqrt{2}\rho_{2,2;2,2} + 0.5i\Omega \rho_{2,2;1,1} - 0.5(\gamma + \Gamma + 3\kappa) \rho_{2,2;1,3}, \quad (22)$$

$$\dot{\rho}_{1,3;2,2} = ig\sqrt{2}\rho_{1,3;1,3} - ig\sqrt{2}\rho_{2,2;2,2} - 0.5i\Omega \rho_{1,1;2,2} - 0.5(\gamma + \Gamma + 3\kappa) \rho_{1,3;2,2}, \quad (23)$$

$$\dot{\rho}_{0,3;0,3} = -ig \rho_{1,2;0,3} - 0.5i\Omega \rho_{0,1;0,3} + ig \rho_{0,3;1,2}, \quad (24)$$

$$\dot{\rho}_{1,3;1,3} = -ig\sqrt{2}\rho_{2,2;1,3} - 0.5i\Omega \rho_{1,1;1,3} + ig\sqrt{2}\rho_{1,3;2,2} + 0. \quad (25)$$

چون در حد میدان تحریکی ضعیف، جمعیت تراز پایه نزدیک به یک در نظر گرفته می‌شود، بنابراین تا مرتبه غالب داریم ، بعد از اعمال این شرط بر روی معادلات مفروض، می‌توان در حالت پایدار آنها را حل کرد و جواب تعدادی از این عناصر از روابط زیر بدست می‌آید:

$$\rho_{0,2;0,2} = \frac{\Omega^2(\gamma\Gamma^2 + 2\gamma\Gamma\kappa + 4g^2\kappa + \gamma\kappa^2)}{\Gamma(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}; \quad \rho_{1,2;1,2} = \frac{4\Omega^2g^2}{(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}; \quad \rho_{1,1;1,1} = \frac{4\Gamma\Omega^2g^2}{\kappa(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}, \quad (26)$$

بعد از آن، می‌توان جواب چندین کمیت فیزیکی دلخواه را تا مرتبه غالب به دست آورد [۴]:

$$A_{22} \simeq \rho_{0,2;0,2} + \rho_{1,2;1,2} = \frac{\Omega^2(\Gamma + \kappa)}{\Gamma(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)}; \quad A_{33} \simeq \rho_{0,3;0,3} = \frac{\Omega^2(\Gamma + \kappa)^2}{(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}, \quad (27)$$

$$n \simeq \rho_{1,1;1,1} + \rho_{1,2;1,2} = \frac{4\Omega^2g^2(\Gamma + \kappa)}{\kappa(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}, \quad (28)$$

که در آن جمعیت تراز ۲، جمعیت تراز ۳ و تعداد فوتون داخل کاواکی است. اگر چه در این مرحله می‌توان فرم تابع همدوسی مرتبه دوم با تاخیر زمانی صفر را هم به دست آورد، ولی به دلیل محدودیت فضا، روابط مربوط به آن را نمی‌نویسیم. اکنون می‌توان شرایط و بر نتایج به دست آمده، اعمال کرد که در آن است.

۲. معادلات یک اندیسی

در این قسمت، می‌توان متغیرهای زیر را تعریف کرد [۵]:

$$C_n = \langle a^{\dagger n} a^n \rangle, \quad n \geq 0 \quad (29)$$

$$D_n = i \langle \hat{A}_{32} a^{\dagger n-1} a^n - \hat{A}_{23} a^{\dagger n} a^{n-1} \rangle, \quad n \geq 1 \quad (30)$$

$$F_n = \langle \hat{A}_{21} a^{\dagger n} a^{n-1} + \hat{A}_{12} a^{\dagger n-1} a^n \rangle, \quad n \geq 1 \quad (31)$$

$$E_n = i \langle \hat{A}_{31} a^{\dagger n} a^n - \hat{A}_{13} a^{\dagger n} a^n \rangle, \quad n \geq 0 \quad (32)$$

$$J_n = \langle \hat{A}_{22} a^{\dagger n} a^n \rangle, \quad n \geq 0 \quad (33)$$

$$H_n = \langle \hat{A}_{33} a^{\dagger n} a^n \rangle, \quad n \geq 0 \quad (34)$$

تحول زمانی این کمیت‌ها با استفاده از معادله اصلی، به صورت زیر بیان می‌شود:

$$(35)$$

$$\dot{C}_n = gnD_n - \kappa n C_n; \quad \dot{D}_n = -2gJ_n + 2gH_n + 2gnH_{n-1} - 0.5\Omega F_n - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa(2n-1))D_n, \quad (36)$$

$$\dot{F}_n = gE_n + gnE_{n-1} + 0.5\Omega D_n - 0.5(\Gamma + \kappa(2n-1))F_n, \quad (37)$$

$$\dot{E}_n = -gF_{n+1} - \Omega C_n + \Omega J_n + 2\Omega H_n - (0.5\gamma + \kappa n)E_n, \quad (38)$$

$$\dot{J}_n = gD_{n+1} + gnD_n + \gamma H_n - (\Gamma + \kappa n)J_n; \quad \dot{H}_n = -gD_{n+1} - 0.5\Omega E_n - (\gamma + \kappa n)H_n,$$

در حد میدان تحریکی ضعیف، مرتبه این مجهولات بر حسب، به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$C_n \sim O(2n), D_n \sim O(2n), F_n \sim O(2n-1), E_n \sim O(2n+1), J_0 \sim O(2), J_n \sim O(2n), H_n \sim O(2n+2), \quad (39)$$

با ساده کردن این معادلات تا مرتبه چهارم و نوشتن هر معادله تا مرتبه غالب داریم:

$$\dot{E}_0 = -gF_1 - \Omega C_0 - \frac{\gamma}{2}E_0; \quad \dot{J}_0 = gD_1 + \gamma H_0 - \Gamma J_0; \quad \dot{H}_0 = -gD_1 - \frac{\Omega}{2}E_0 - \gamma H_0; \quad \dot{C}_1 = gD_1 - \kappa C_1, \quad (40)$$

$$\dot{D}_1 = -2gJ_1 + 2gH_0 - 0.5\Omega F_1 - 0.5(\gamma + \Gamma + \kappa)D_1; \quad \dot{F}_1 = gE_0 - \frac{1}{2}(\Gamma + \kappa)F_1, \quad (41)$$

$$\dot{E}_1 = -gF_2 - \Omega C_1 + \Omega J_1 - \left(\frac{\gamma}{2} + \kappa\right)E_1; \quad \dot{J}_1 = gD_1 - (\Gamma + \kappa)J_1; \quad \dot{H}_1 = -gD_2 - \frac{\Omega}{2}E_1 - (\gamma + \kappa)H_1, \quad (42)$$

$$\dot{C}_2 = 2gD_2 - 2\kappa C_2; \quad \dot{D}_2 = -2gJ_2 + 4gH_1 - 0.5\Omega F_2 - 0.5(\gamma + \Gamma + 3\kappa)D_2, \quad (43)$$

$$\dot{F}_2 = 2gE_1 - 0.5(\Gamma + 3\kappa)F_2; \quad \dot{J}_2 = 2gD_2 - (\Gamma + 2\kappa)J_2,$$

لازم به ذکر است که در حد میدان تحریکی ضعیف، جمعیت تراز پایه تا مرتبه غالب از به دست می‌آید، که همین انتظار را هم داریم. با حل این معادلات در حالت پایدار، می‌رسیم به:

$$A_{22} = J_0 = \frac{\Omega^2(\Gamma + \kappa)}{\Gamma(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)}; \quad A_{33} = H_0 = \frac{\Omega^2(\Gamma + \kappa)^2}{(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}; \quad n = C_1 = \frac{4\Omega^2 g^2(\Gamma + \kappa)}{\kappa(4g^2 + \Gamma\gamma + \gamma\kappa)^2}, \quad (44)$$

که این جواب‌ها دقیقاً با معادلات (۲۷) و (۲۸) برابرند. حال می‌توان شرایط و را بر این جواب‌ها اعمال کرد. بدین منظور، با بازنویسی این مقادیر بر حسب پارامترهای، و خواهیم داشت:

$$A_{22} = \frac{p(zx^2 + 1)}{yzx^2 + y + 1} \simeq py = pN_A, \quad (45)$$

$$A_{33} = \frac{pyz(zx^2 + 1)^2}{(yzx^2 + y + 1)^2} \simeq pyz = \frac{\Omega^2}{\gamma_E^2}, \quad (46)$$

$$n = \frac{px^2yz(zx^2 + 1)}{(yzx^2 + y + 1)^2} \simeq px^2yz = \frac{N\gamma p}{\eta}, \quad (47)$$

که در آن، و است. در این مورد، معادله (۴۷) دقیقاً با نتیجه گزارش شده در [۱] برابر است، ولی و در حد با یافته‌های [۱] برابر خواهند شد که از لحاظ فیزیکی قابل قبول است، چون در حد میدان تحریکی ضعیف، جمعیت تراز پایه نزدیک به یک است، بنابراین کوچک بودن جمعیت تراز دوم قابل قبول خواهد بود. از دید ریاضی هم این نتیجه قابل قبول است، چون حد میدان تحریکی ضعیف استفاده شده در اینجا در مقایسه با حد میدان تحریکی ضعیف به کار رفته در [۱]، را محدودتر می‌کند، چون است.

منابع

- [۱] A. D. Boozer, "Laserlike and atomlike regimes in a one-atom laser", Phys. Rev. A, Vol. 78, pp. 053814 (1-7), 2008.
- [۲] H. J. Carmichael, Statistical Methods in Quantum Optics 2: Non-Classical Fields (Springer-Verlag, Berlin, 2008).
- [۳] A. Boca, Thesis, Experiments in Cavity QED: Exploring the Interaction of Quantized Light with a Single Trapped Atom, California Institute of Technology, 2005.
- [۴] B. Parvin, "Emitted light features of a three-level atom enclosed in an optical cavity", Chin. J. Phys., Vol. 80, p. 46, 2022.
- [۵] V. Bernat and I. Jex, "Quantum collapse and revival of a two-level atom with intensity-dependent detuning in a finite Q cavity at finite temperature", Quantum Opt., Vol. 4, p. 9, 1992.

Converting a three-level atom enclosed in a cavity to a two-level atom in different representations

Babak Parvin

Physics Department, Faculty of Basic Sciences, University of Maragheh, P.O. Box ۵۵۱۸۱-۸۳۱۱۱

Corresponding Author's E-mail: parvin@maragheh.ac.ir

Abstract

A three-level atom is placed inside a single-mode optical cavity, and the 1-3 atomic transition is driven by a classical field. In the weak driving limit and under several other special conditions, this system illustrates the behavior close to a two-level atom. It is possible to theoretically examine this process from different perspectives in the steady state and compare their results. For this purpose, this mechanism is calculated here using two different representations. One of these representations is the two-index representation and the other is the one-index representation. In both representations, the order of the equations is specified in terms of the Rabi frequency in the weak driving limit. The results obtained in both methods are in complete agreement with each other. Furthermore, the results of these two representations have been compared with the findings obtained from the representation at <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.78.053814>, and the condition of answers' equality has been examined.

Keywords: Classical field, master equation, optical cavity, three-level atom, weak driving limit.

تعیین و ارزیابی عدم قطعیت اندازه‌گیری آنتالپی دستگاه گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC)

فهیمة نوری کوهانی*

دانشگاه قم، قم، ایران

fahimehnoori3305@gmail.com

چکیده فارسی

دستگاه گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC) که دستگاهی برای بررسی پاسخ مواد مانند پلیمرها به حرارت می‌باشد معمولاً در آزمایشگاه‌های آنالیز حرارتی وجود دارد. به کمک این دستگاه می‌توان به مطالعه مقدار آنتالپی موادی از این قبیل پودر اپوکسی پرداخت. در این مقاله پژوهشی-میدانی به بررسی عوامل و پارامترهای ایجاد کننده خطا و عدم قطعیت تغییرات نسبی آنتالپی پودر اپوکسی و پودر اپوکسی پخته شده که برای محافظت از لوله‌های فولادی جوش داده شده در برابر خوردگی در سیستم‌های حمل و نقل خطوط لوله در صنایع نفت و گاز طبیعی در شرکت نورد لوله و پوشش نیزار استفاده می‌شود، پرداخته شده و به‌طور دقیق عوامل ایجاد عدم قطعیت در این تست معرفی شده است. مقدار تغییرات نسبی آنتالپی ۰,۹۹۶۰۴ با عدم قطعیت ترکیبی ۰,۰۰۰۶۱ و عدم قطعیت بسط یافته ۰,۰۰۱۲ با ضریب اطمینان ۹۵ درصد بدست می‌آید.

کلید واژه‌ها : عدم قطعیت، دستگاه گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC)، تکرارپذیری، عدم قطعیت نوع A و B، آنتالپی.

۱. مقدمه

دستگاه گرماسنجی روبشی تفاضلی (DSC) که دستگاهی برای بررسی پاسخ مواد مانند پلیمرها به حرارت می‌باشد معمولاً در آزمایشگاه‌های آنالیز حرارتی وجود دارد. توسط این دستگاه به مطالعه دمای ذوب، دمای انتقال شیشه، مقدار آنتالپی و یا ظرفیت گرمایی در فشار ثابت و مواردی از این قبیل پرداخته می‌شود. دستگاه تست DSC شامل یک محفظه اندازه‌گیری و یک کامپیوتر تشکیل شده است. در درون محفظه دو ظرف کوچک برای گرم کردن نمونه و نمونه مرجع وجود دارد که به اصطلاح به آن‌ها پن^۱ گفته می‌شود. در پن اول، نمونه مورد نظر قرار می‌گیرد و دومین پن به عنوان مرجع یا رفرنس استفاده می‌شود. دستگاه به یک رایانه برای ثبت تغییرات متصل است. از مزایای این روش این است که می‌توان ماده را با یک سرعت مشخص گرم یا سرد نمود. سرعت گرمادهی به نمونه می‌تواند از حداقل ۵ درجه سانتیگراد بر دقیقه به بالا استفاده گردد که معمولاً ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه برای آزمون‌های تک نرخی استفاده می‌شود. برای نمونه‌هایی که به صورت چند نرخی مورد بررسی قرار می‌گیرند معمولاً از سرعت‌های ۲۰، ۱۰ و ۳۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه استفاده می‌شود. هر دو ظرف با یک سرعت مشخص گرمادهی می‌شوند[۱].

۲. روش تحقیق

Pan ۱

در انجام هر تست و گرفتن نتایج قطعا خطا و عدم قطعیتی وجود خواهد داشت. در این مقاله به عواملی که در این دستگاه منجر به بروز ایجاد عدم قطعیت در نتایج تغییرات آنتالپی نسبی دستگاه برای پودر اپوکسی و پودر اپوکسی پخته شده می‌شود، پرداخته خواهد شد.

برای بررسی عوامل موثر در عدم قطعیت آنتالپی، مهم‌ترین نکته کالیبراسیون دستگاه می‌باشد. کالیبراسیون این دستگاه با کمک مواد مرجع و تکنیک تکرارپذیری انجام می‌شود. مواد مرجع دستگاه DSC که مواد خالصی با دمای ذوب مشخص هستند شامل فلزات واسطه مانند سرب (Pb) تیتانیوم (Ti) و ایندیوم (In) که دمای ذوب آنها مشخص است، می‌باشد. از این رو در محاسبه عدم قطعیت کمیت‌هایی که توسط این دستگاه اندازه‌گیری می‌شود پارامتر مهمی به نام ضریب بهبود^۲ استفاده می‌شود. در دستگاه DSC برای استفاده از این ضریب و عدم قطعیت آن ابتدا ۱۰ مرتبه دمای ذوب نمونه را اندازه‌گیری و از طریق تکرارپذیری میانگین () و عدم قطعیت آن محاسبه شده و سپس با توجه به دمای ذوب نمونه مرجع () و انحراف استاندارد آن که در گواهی کالیبراسیون بیان شده عدم قطعیت نمونه مرجع را محاسبه کرده و ضریب بهبود را از تقسیم زیر بدست آورده می‌شود:

$Recover = \frac{Ave_{repe}}{\mu}$	(۱)

و همچنین مقدار عدم قطعیت فاکتور بهبود توسط رابطه زیر بدست می‌آید:

$U_{CV} = Recover \sqrt{\left(\frac{1}{Ave_{rep}}\right)}$	(۲)

که در این رابطه عدم قطعیت تکرارپذیری و عدم قطعیت ماده مرجع است. عدم قطعیت فاکتور بهبود با نمایش داده می‌شود [۲].

عدم قطعیت در اندازه‌گیری از عوامل و پارامترهای زیادی ناشی می‌شود. در بیشتر موارد این مولفه‌ها را می‌توان از توزیع آماری نتایج یک سری اندازه‌گیری، تخمین و از طریق انحراف استاندارد‌ها مشخص کرد ولی از روش‌های دیگر به غیر از توزیع آماری مانند توزیع‌های احتمال فرضی بر پایه تجربه یا دیگر اطلاعات تخمین زده می‌شوند که به روش اول نوع A و به روش دوم نوع B محاسبه عدم قطعیت گفته می‌شود [۳].

رابطه عمومی بین عدم قطعیت استاندارد مرکب از یک مقدار y و عدم قطعیت پارامترهای مستقل که عدم قطعیت به آنها وابسته می‌باشد به شکل زیر است:

$U_c(y(x_1, x_2, \dots)) = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2 U^2(x_i)}$	(۳)

که در اینجا تابع چندین پارامتری مختلف می‌باشد و ضریب حساسیت با رابطه است. دو قانون کلی و ساده برای ترکیب عدم قطعیت‌های استاندارد وجود دارد:

قانون اول برای مدل‌هایی که تنها شامل حاصل جمع و تفریق کمیت‌ها هستند برای مثال، عدم قطعیت استاندارد مرکب به شکل زیر ارائه می‌شود:

$U_c(y(p, q, \dots)) = \sqrt{U^2(p) + U^2(q) + \dots}$	(۴)

و قانون دوم برای مدل‌هایی که تنها شامل حاصلضرب و یا تقسیم می‌شوند به‌عنوان مثال و یا در این صورت عدم قطعیت استاندارد مرکب به شکل زیر ارائه می‌شود:

$U_c(y(p, q, \dots)) = y \sqrt{\left(\frac{U(p)}{p}\right)^2 + \left(\frac{U(q)}{q}\right)^2 + \dots}$	(۵)

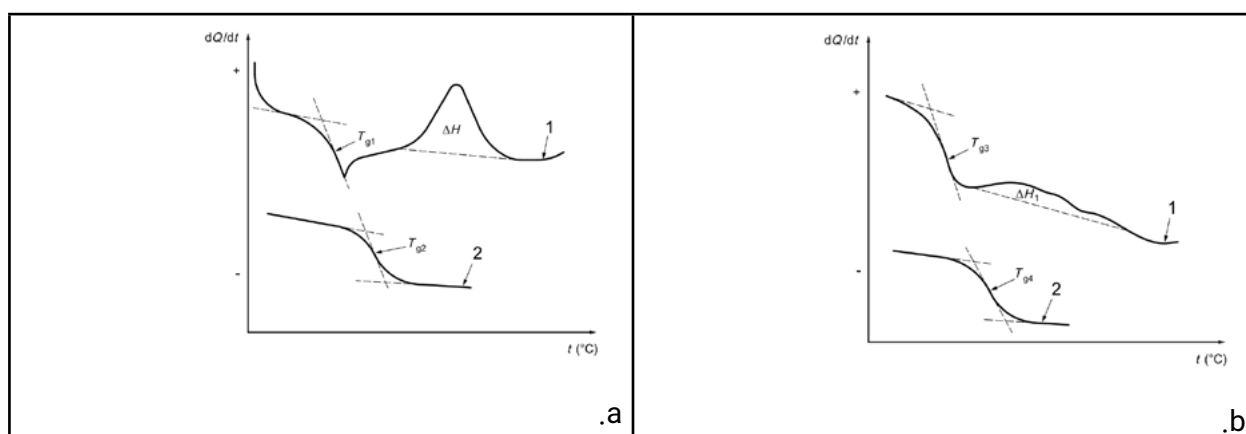
که عدم قطعیت نسبی پارامتر است [۳].

اکنون به عدم قطعیت عوامل دیگر که در خوانش عدد نهایی آنتالپی خطا ایجاد می‌کنند پرداخته می‌شود. در دستگاه DSC درصد تغییرات آنتالپی در اثر پخته شدن پودر اپوکسی که برای محافظت در برابر خوردگی لوله‌های فولادی جوش داده شده و بدون درز در سیستم‌های حمل و نقل خطوط لوله در صنایع نفت و گاز طبیعی استفاده می‌شود با ضریب C بیان می‌شود که رابطه آن طبق

استاندارد ISO ۲۱۸۰۹ به صورت زیر می‌باشد:

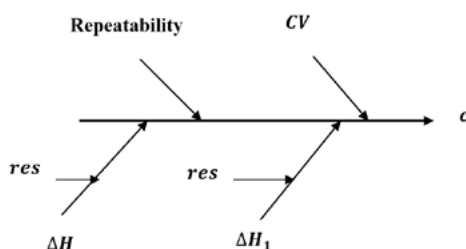
$c = \frac{\Delta H - \Delta H_1}{\Delta H} \times 100$	(۶)

برای محاسبه و که به ترتیب تغییرات آنتالپی نمونه پودر اپوکسی پخته شده و قرار گرفته بر روی لوله و پودر اپوکسی هستند، روش خاصی وجود دارد، ماده اپوکسی را با نرخ دمایی و زمانی خاصی ابتدا گرم شده و در این حالت نرم افزار موجود در کامپیوتر که به دستگاه DSC وصل است یک نمودار می‌دهد و از روی این نمودار دمای شیشه‌ای شدن، خوانده شده و سپس همان ماده را سرد کرده و دوباره گرم می‌شود و در گرم کردن دوم نمودار دیگری نرم افزار می‌دهد و خوانده می‌شود (شکل ۲-۲) که سطح زیر نمودار مقدار تغییرات آنتالپی خواهد بود. از طرفی اگر به جای پودر اپوکسی نمونه اپوکسی پخته شده را مورد آزمایش قرار داده و همان روند خاص گرمایش سرمایش با نرخ اعمال شود نمودارهای شکل ۲-۲ b پدیدار می‌شود که دمای شیشه‌ای شدن در این حالت را با و تغییرات آنتالپی با نمایش داده می‌شود [۴، ۵ و ۶].



شکل ۱- نمودار دمای شیشه‌ای شدن و تغییرات آنتالپی در a. پودر اپوکسی و b. پودر اپوکسی پخته شده [۶].

نمودار استخوان ماهی یا علت و معلول عوامل موثر بر عدم قطعیت تغییرات آنتالپی در شکل (۲) نمایش داده شده است:



شکل ۲- نمودار استخوان ماهی تغییرات آنتالپی در دستگاه DSC

با توجه به رابطه (۶) که بین آنتالپی اپوکسی و اپوکسی پخته شده وجود دارد، عدم قطعیت درصد نسبی آنتالپی (c) را به کمک هم قانون اول و هم دوم عدم قطعیت می‌توان بدست آورد. مقدار عدم قطعیت صورت رابطه (۶) به کمک قانون اول عدم قطعیت به این صورت خواهد بود:

$[U_{\Delta H - \Delta H_1} = \sqrt{\Delta H^2 + \Delta H_1^2}]$	(۷)

پس عدم قطعیت کل رابطه c با قانون دوم عدم قطعیت خواهد شد:

$$U_c = \overline{Ave}_c \sqrt{\left(\frac{U_{\Delta H - \Delta H_1}}{\Delta H - \Delta H_1}\right)^2 + \left(\frac{U_{\Delta H}}{\Delta H}\right)^2} \quad (8)$$

عدم قطعیت ترکیبی با رابطه زیر بدست می‌آید:

$$U_{comb} = \sqrt{\left(\frac{U_{CV}}{\overline{Recovery}}\right)^2 + \left(\frac{U_{Repe}}{\overline{Average}}\right)^2 + \left(\frac{U_c}{\overline{Ave}_c}\right)^2} \quad (9)$$

و عدم قطعیت بسط یافته با ضریب پوشش برابر با (ضریب اطمینان ۹۵ درصد):

$$U_{Expand} = k U_{comb} \quad (10)$$

۳. نتایج و بحث

در این مطالعه به عدم قطعیت اندازه‌گیری تغییرات آنتالپی پودر اپوکسی در دستگاه DSC موجود در آزمایشگاه شرکت نورد لوله و پوشش نیاز پرداخته شده است. برای محاسبه مقدار فاکتور بهبود از عنصر ایندیوم استفاده شد زیرا نزدیکترین نقطه ذوب به پودر مورد نظر را دارد و نتایج تکرارپذیری دمای ذوب و میانگین و عدم قطعیت نوع A در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- تکرارپذیری دمای ذوب عنصر ایندیوم با دستگاه DSC

Row	Result
1	156.6
2	156.7
3	156.7
4	156.6
5	156.6
6	156.6
7	156.5
8	156.6
9	156.6
10	156.8
Average (Ave-rep)	156.63
Standard Deviation (STD-rep)	0.08
Uncertainty of repeatability (Unc-rep)	۰.۰۲۶

برای محاسبه عدم قطعیت فاکتور بهبود مطابق رابطه (۲) به کمک گواهی کالیبراسیون ماده مرجع ایندیوم مقادیر مورد نیاز در جدول (۲) آورده شده است و نهایتاً مقدار فاکتور بهبود ۱,۰۰۰۲ و عدم قطعیت آن ۰,۰۱۳ مطابق با رابطه (۱) و (۲) بدست آمده است.

جدول ۲- دمای ذوب ماده ایندیوم و عدم قطعیت آن مطابق با گواهی کالیبراسیون، همچنین مقدار فاکتور بهبود و عدم قطعیت آن مطابق با رابطه (۱) و (۲)

Value of CRM (μ)	156.6
Standard Deviation of CRM (STD-CRM)	0.02
Uncertainty of repeatability (Unc- CRM)	۲
Recovery	1.0002
Uncertainty of Recovery	۰.۰۱۳

در انتها عدم قطعیت آنتالپی با مقدار تکرارپذیری مطابق جدول زیر می‌باشد:

جدول ۲- تکرارپذیری آنتالپی پودر اپوکسی پخته شده و پخته نشده و همچنین تغییرات نسبی آنتالپی

1	32.92	0.1151	0.996504
2	32.91	0.115	0.996506
3	32.9	0.1152	0.996498
4	32.89	0.1149	0.996507
5	32.92	0.1151	0.996504
6	32.92	0.1151	0.996504
7	32.9	0.115	0.996505
8	32.91	0.1152	0.9965
9	32.92	0.1151	0.996504
10	32.9	0.1149	0.996508
Average	32.909	0.11506	0.996504
U _c	0.0035	3.3E-05	8.87E-07

عدم قطعیت ترکیبی نسبی آنتالپی مطابق با رابطه (۱۲) مقدار و عدم قطعیت بسط یافته با ضریب اطمینان ۹۵ درصد بدست می‌آید.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله که حاصل مطالعه پژوهشی-میدانی است، به بررسی منابع عدم قطعیت موثر در اندازه‌گیری تغییرات نسبی آنتالپی پودر اپوکسی و پودر اپوکسی پخته شده که برای محافظت از لوله‌های فولادی جوش داده شده در برابر خوردگی در سیستم‌های حمل و نقل خطوط لوله در صنایع نفت و گاز طبیعی استفاده می‌شود، پرداخته شده و به‌طور دقیق عوامل ایجاد عدم قطعیت در این تست معرفی شده است. نهایتاً برای راستی سنجی و بررسی عوامل ایجاد عدم قطعیت از داده‌های دستگاه DSC که در آزمایشگاه شرکت نورد لوله و پوشش نیزار استفاده شده است و در نهایت مقدار تغییرات نسبی آنتالپی ۰,۹۹۶۰۴ با عدم قطعیت ترکیبی ۰,۰۰۰۶۱ و عدم قطعیت بسط یافته ۰,۰۰۱۲ با ضریب اطمینان ۹۵ درصد بدست می‌آید.

منابع

- [۱] Gabbott P. A practical introduction to differential scanning calorimetry. Principles and applications of thermal analysis. ۲۰۰۸ Jan ۱:۱-۵۰.
- [۲] Barwick V, Ellison SR. Measurement uncertainty: Approaches to the evaluation of uncertainties associated with recovery. Analyst. ۱۹۹۹;۱۲۴(۷):۹۸۱-۹۰.
- [۳] ASTM International. Standard practice for using significant digits in test data to determine conformance with specifications. ASTM International; ۲۰۱۳.
- [۴] Roche M. ISO's standard for field joint coating: Understanding and using ISO ۲۱۸۰۹-۳. Journal of Protective Coatings and Linings. ۲۰۱۲ Jul ۱;۲۹(۷):۲۰.
- [۵] American Society for Testing and Materials. Standard test method for transition temperatures and enthalpies of fusion and crystallization of polymers by differential scanning calorimetry. ASTM International; ۲۰۱۵.
- [۶] Lyons WC, Plisga GJ. Standard handbook of petroleum and natural gas engineering. Elsevier; ۲۰۱۱ Mar ۱۵.

Determining and evaluating the uncertainty of the enthalpy measurement of the differential scanning calorimetry (DSC) device

Fahimeh Noori Kohani^{1*}

¹Qom University, Qom, Iran

f.noori3305@gmail.com

Abstract (Times New Roman 12pt in Bold)

Differential scanning calorimetry (DSC), which is a device for checking the response of materials such as polymers to heat, is usually found in thermal analysis laboratories. It is possible to study the enthalpy value of materials such as epoxy powder with the help of this device. In this research article, the factors and parameters causing error and uncertainty of the relative enthalpy changes of epoxy powder and baked epoxy powder, which are used to protect welded steel pipes against corrosion in pipeline transportation systems in the oil industry and Natural gas is used in Neyzar Pipe and Coating Company. The value of relative enthalpy changes is 0.99604 with a combined uncertainty of 0.00061 and expanded uncertainty of 0.0012 with a confidence factor of 95%.

Keywords: Uncertainty, Differential Scanning Calorimetry (DSC), Repeatability, Type A and B Uncertainty, Enthalpy.

استخراج داروی سیپروفلوکساسین با استفاده از استخراج الکتروغشایی بر پایه ی ژل ترکیبی آگارز- پلی اکریل آمید- صمغ کتیرا و اصلاح غشا با نانوذره KCC1-NH_2

فاطمه حمیدی، علی زراعتکارمقدم*

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

a_zeraatkar_m@yahoo.com*

ftmehamdi@gmail.com

چکیده

در این پروژه، روش استخراج الکتروغشایی (G-EME) با استفاده از غشاء ترکیبی آگارز، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا به عنوان غشاء سبز و زیست تخریب پذیر برای استخراج و اندازه‌گیری داروی سیپروفلوکساسین در نمونه‌های بیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای شیمیایی موثر بر راندمان استخراج از طریق طراحی مرکب مرکزی (CCD) و روش سطح پاسخ (RSM)، بهینه سازی و ارزیابی شد. شرایط بهینه برای استخراج سیپروفلوکساسین از نمونه ۱۰ میلی لیتری به شرح زیر است: داروی سیپروفلوکساسین دارای غلظت ۵/۰ میلی گرم بر لیتر، ترکیب درصد کلی غشاء (وزنی/حجمی) ۴٪ با مدت زمان استخراج ۴۰ دقیقه درصد بازیابی قابل قبولی (۹۸/۴٪) به دست آمد. این روش در محدوده غلظتی (۱۰-۰/۱) میلی گرم بر لیتر خطی بوده و مقادیر LOD و LOQ به ترتیب برابر با ۰/۳۵، ۰/۱۱۵ محاسبه شد. برای اصلاح غشاء، از نانوذره KCC1-NH_2 استفاده شد که اثر بخشی خوبی نشان داد. زمان استخراج و غلظت مورد نیاز دارو برای استخراج به میزان قابل قبولی کاهش پیدا کرد. شرایط بهینه استخراج دارو در حضور نانوذره نیز تحت شرایط زیر صورت گرفت. غلظت داروی سیپروفلوکساسین ۰/۳ میلی گرم بر لیتر دارای ترکیب درصد غشاء (حجمی/وزنی) ۴٪ و زمان استخراج ۱۵ دقیقه به عنوان شرایط بهینه برای استخراج دارو تعیین شد. این روش در محدوده غلظتی (۵۰۰-۵) میکرو گرم بر لیتر خطی بوده و مقادیر LOD و LOQ به ترتیب ۱/۵، ۴/۹ میکرو گرم بر لیتر به دست آمد. درصد بازیابی این روش به مقدار ۱۰۰/۸ محاسبه گردید که نشان دهنده کارایی بالای روش پیشنهادی می باشد.

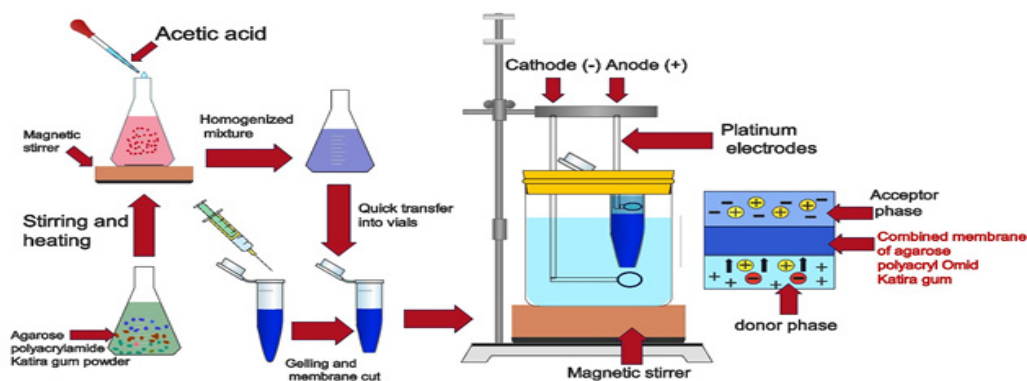
کلید واژه‌ها: سیپروفلوکساسین، استخراج الکترو غشایی، غلظت، نانو ذره

۱. مقدمه

سیپروفلوکساسین یک عامل آنتی باکتریال فلوروکینولون با طیف وسیع است [۱]. سیپروفلوکساسین در درمان طیف گسترده‌ای از عفونت‌ها شامل عفونت‌های پیچیده دستگاه ادراری [۲] عفونت‌های پوستی [۳] نوتروپنی تب دار (همراه با یک عامل) [۴] و اوتیت خارجی بدخیم [۵] کاربرد دارد. به دلیل پیچیدگی ماتریس‌های نمونه و مزاحمت آن‌ها در شناسایی آنالیت و همچنین مقادیر کم آنالیت در نمونه‌ها که نیاز به پیش تغلیظ دارند استفاده از روش‌های آماده سازی نمونه مهم و ضروری می‌باشد [۶-۸]. علی‌رغم کارایی بالای روش‌های استخراج، به دلیل داشتن محدودیت‌هایی، روش‌های میکرو استخراج معرفی شدند. استخراج الکتروغشایی یکی از پرکاربردترین آن‌ها می‌باشد. در این روش یک میدان الکتریکی در حجم کم محلول آبی اعمال می‌شود و آنالیت‌هایی که ماهیت یونی دارند را غنی می‌کند و این آنالیت‌ها از طریق غشاء آلی پشتیبانی شده (SLM) به فاز پذیرنده منتقل می‌شود. G-EME از مزایایی نسبت به EME معمولی بهره می‌برد، چون از یک غشای سبز مبتنی بر آگارز استفاده می‌کند که یک غشاء ساده، ارزان و بدون استفاده از هیچ گونه حلال آلی می‌باشد و در ضخامت‌های مختلف موجود است. در کار حاضر غشای ترکیبی آگارز-پلی آکریل آمید-صمغ کتیرا فرایند استخراج الکتروغشایی را نسبت به غشای آگارز بهبود بخشید. در ادامه تاثیر نانو ذرات مختلف مانند: گرافن اکساید (GO)، های نیتروژن داپت اکساید (HND)، داپت نیتروژن سولفور (NSD)، سیلیکای رسوبی (KCC۱) و (KCC۱-NH₂) جهت اصلاح غشاء بررسی شد. KCC۱-NH₂ تاثیر مطلوبی داشت. در نهایت از روش G-EME بر پایه ژل ترکیبی آگارز-پلی آکریل آمید-صمغ کتیرا از نظر توانایی آن در استخراج داروی سیپروفلوکساسین از نمونه‌های بیولوژیکی در سطوح مختلف غلظت مورد بررسی قرار گرفت

۲. روش تحقیق

داروی سیپروفلوکساسین از داروسازی تهران دارو، اسید استیک از مرک آلمان، تمام نانو ذرات به روش آزمایشگاهی تهیه شد. آگارز از شرکت سیناژن، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا نیز مورد استفاده قرار گرفت. یک آشکارساز فلوروسانس و منبع تغذیه الکتروفورز مدل EPS-Universal و همزن مغناطیسی استفاده شد. مقادیر مشخص از آگارز، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا را توزین کرده سپس ترکیب این سه ماده در آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حل شد، حال با استفاده از سمپلر مقدار ۲۵۰ میکرولیتر از ژل را به میکروتیوپ منتقل کرده سپس غشاء را به مدت دو ساعت در یخچال قرار می‌دهیم تا فرم بگیرد. برای شروع فرایند استخراج مقدار غلظت مشخص از دارو که با pH فاز دهنده به حجم رسیده اند را به ظرف ماکرو منتقل کرده سپس غشا را روی ظرف قرار داده و مقدار ۱۵۰ میکرولیتر از فاز پذیرنده با pH مشخص افزوده یک الکتروود داخل فاز دهنده و دیگری در فاز پذیرنده قرار می‌گیرد. شکل ۱- فرایند ساخت غشا و استخراج را به طور کامل نشان می‌دهد.



شکل ۱- فرایند ساخت غشا و روش استخراج الکتروغشایی

۳. نتایج و بحث

فرایند بهینه سازی به منظور دستیابی به بیشترین بازده استخراج و اندازه‌گیری مقادیر کم داروی سیپروفلوکساسین در نمونه‌های پیچیده بیولوژیکی، تمام پارامترهای موثر شامل غلظت و نسبت اجزای تشکیل دهنده غشاء، مقدار استیک اسید، ولتاژ اعمال شده pH فاز دهنده و پذیرنده و زمان استخراج در دو مرحله مورد بررسی قرار گرفت. مرحله اول ترکیب غشاء ژلی و مقدار استیک اسید به صورت یک متغیر در زمان و مرحله دوم زمان استخراج، ولتاژ اعمالی و pH فاز دهنده و پذیرنده توسط روش CCD بهینه سازی شد. جهت بهینه سازی درصد کلی ترکیبات غشا ژلی، درصد کلی غشاء ترکیبی TG:PA:AG در محدوده ۲-۶٪ وزنی-حجمی مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار غشاء ژلی با نسبت‌های TG:PA:AG ثابت و با درصد کلی متفاوت تهیه شد و فرایند استخراج انجام پذیرفت، در نهایت مقدار ۴٪ به عنوان درصد کلی انتخاب شد. برای بهینه سازی نسبت اجزاء نسبت‌های مختلف از مخلوط آگارز، پلی آکریل آمید

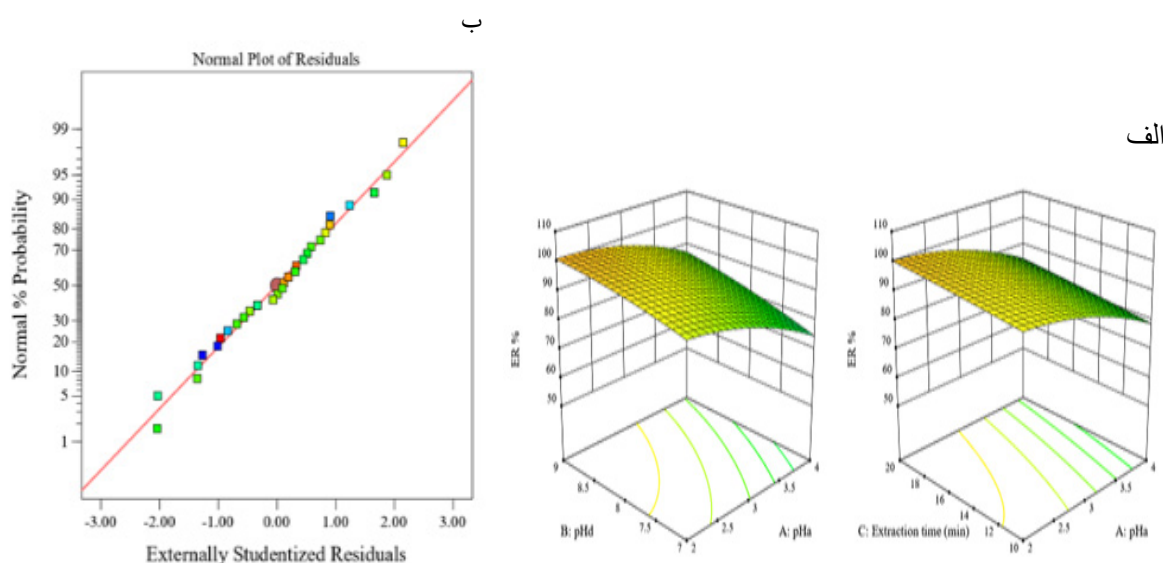
و صمغ کتیرا برای تهیه غشاء بررسی شدند به طوری که مجموع اجزاء به کار رفته در غشاء از ۴٪ وزنی-حجمی تجاوز نکند. بدین منظور ۱۲ غشاء ژلی با نسبت‌های مختلف و فرایند EME توسط آن‌ها انجام شد. مقدار $AG:PA:TG = 2:0.5:1.5$ به عنوان مقدار بهینه در عدم حضور نانوذره انتخاب شد. پس از اصلاح غشا با نانوذره نیز تمام این بهینه سازی‌ها انجام شد. درصد کلی ۴٪ و درصد اجزاء تشکیل دهنده $TG:PA:AG:2:1:1$ به دست آمد. پس از تعیین درصد اجزای تشکیل دهنده غشاء و درصد کلی مجموعه باید مقدار بهینه از نانوذره که بالاترین بازده را دارد تعیین شود از این جهت ما مقادیر (۰.۰۰۵, ۰.۰۰۲, ۰.۰۰۴, ۰.۰۰۷, ۰.۰۱, ۰.۰۱۵, ۰.۰۲, ۰.۰۴, ۰.۰۷, ۰.۱, ۰.۱۵, ۰.۲, ۰.۴, ۰.۷, ۱, ۱.۵, ۲, ۴, ۷, ۱۰, ۱۵, ۲۰, ۴۰, ۷۰, ۱۰۰) درصد را طی دو مرتبه تکرار مورد بررسی قرار دادیم طبق نتایج به دست آمده مقدار ۰.۰۱۵ به عنوان مقدار بهینه انتخاب شد.

آنالیز آماری: ترکیب درصد کلی و نسبت اجزای تشکیل دهنده و مقدار نانو ذره با روش یک متغیر در زمان بهینه شد، در اینجا، طرح مرکب مرکزی مستقیماً برپایه‌ی تطابق مدل به کار برده شد. محدوده‌ها با توجه به تجربیات آزمایشگاهی و مطالعه انجام شده انتخاب شده‌اند. همچنین آزمایشات، تحت شرایط بهینه بدست آمده برای ترکیب اجزاء غشاء ژلی انجام شدند. پس از بررسی نتایج طراحی آزمایش از نرم افزار طراحی آزمایش برای پیش بینی پاسخ هر فاکتور استفاده شد. داده های آزمایش با معادلات چند جمله ای مرتبه دوم انطباق مناسبی نشان دادند. آزمایش‌ها در سطح اطمینانی بیش از ۹۵ درصد در نظر گرفته شدند.

سیپروفلوکساسین $ER \% = +78.00 - 7.03 A + 5.77 B + 3.95 C - 6.59 D - 0.3250 AB - 0.5625 AC - 1.94 AD + 2.61 BC + 1.91 BD - 4.80 CD - 2.47 A^2 - 0.9937 B^2 + 1.02 C^2 - 2.74 D^2$

ذره $ER \% = +93.60 - 8.06 A + 4.99 B + 2.54 C - 7.11 D + 1.31 AB + 0.3812 AC - 2.82 AD + 0.5187 BC + 4.87 BD - 4.33 CD - 3.35 A^2 - 1.17 B^2 - 0.2406 C^2 - 3.94 D^2$

تطابق R^2_{pred} با R^2_{adj} هیچ شانس برای نشان دادن عبارات بی اهمیت در مدل قائل نمی‌شود.



شکل ۲- الف) قسمتی از منحنی سه بعدی پاسخ سطحی ب) منحنی توزیع نرمال مدل ارائه شده برای داروی سیپروفلوکساسین

جدول ۱- بررسی ارقام شایستگی سیپروفلوکساسین

drug	r^2	LOQ	LOD	Linearity	%Recovery	% RSD
Ciprofloxacin	0.9164	0.115	0.035	ppm 1-10	98.4	8.1%
Ciprofloxacin-KCC1-NH2	0.9557	0.0049	0.0015	0.005-0.5	100.8	5%

۴. نتیجه گیری

در این پروژه استخراج و اندازه گیری داروی سیپروفلوکساسین با استفاده از استخراج الکتروغشایی بر پایه‌ی ژل ترکیبی آگارز-پلی آکریل-

صمغ کتیرا انجام شد سپس غشا با استفاده از نانوذره KCC1-NH_2 اصلاح شد. به طور کلی می‌توان گفت که این روش برای استخراج دارو از نمونه‌های بیولوژیکی و آماده‌سازی نمونه، موفقیت آمیز بوده است.

جدول ۲- مقایسه روش EME با سایر روش‌های استخراج سیپروفلوکساسین

روش	محدوده خطی ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	LOD ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	RSD (%)	Ref
MIP-MSPD-HPLC	0.35-150	0.09	5	[۹]
SPE-HPLC	5-10000	0.2	5-15	[۱۰]
MIP-PMME-HPLC	1.5-200	0.4-1.6	5.9	[۱۱]
EME	0.005-0.5	0.0015	5	کار حاضر

منابع

- Parish, L.C., et al., Treatment of Cutaneous Infections Worldwide Experience with Ciprofloxacin. International journal of dermatology, 1988. 27(2): p. 131-133.
- Iravani, A., Multicenter study of single-dose and multiple-dose fleroxacin versus ciprofloxacin in the treatment of uncomplicated urinary tract infections. The American journal of medicine, 1993. 94(3): p. 89S-96S.
- Gentry, L.O., et al., Oral ciprofloxacin vs parenteral cefotaxime in the treatment of difficult skin and skin structure infections: a multicenter trial. Archives of internal medicine, 1989. 149(11): p. 2579-2583.
- Velasco, E., et al., Randomized trial comparing oral ciprofloxacin plus penicillin V with amikacin plus carbenicillin or ceftazidime for empirical treatment of febrile neutropenic cancer patients. American journal of clinical oncology, 1995. 18(5): p. 429-435.
- Sadé, J., et al., Ciprofloxacin treatment of malignant external otitis. The American journal of medicine, 1989. 87(5): p. S138-S141.
- Tabani, H., et al., Recent developments in green membrane-based extraction techniques for pharmaceutical and biomedical analysis. Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, 2018. 160: p. 244-267.
- Płotka-Wasyłka, J., K. Owczarek, and J. Namieśnik, Modern solutions in the field of microextraction using liquid as a medium of extraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2016. 85: p. 46-64.
- Barri, T. and J.-Å. Jönsson, Advances and developments in membrane extraction for gas chromatography: Techniques and applications. Journal of Chromatography A, 2008. 1186(1-2): p. 16-38.
- Ali, I. and H.Y. Aboul-Enein, Impact of immobilized polysaccharide chiral stationary phases on enantiomeric separations. Journal of separation science, 2006. 29(6): p. 762-769.
- Gao, W., et al., Application of single drop liquid-liquid-liquid microextraction for the determination of fluoroquinolones in human urine by capillary electrophoresis. Journal of Chromatography B, 2011. 879(3-4): p. 291-295.
- Zheng, M.-M., et al., Selective sample pretreatment by molecularly imprinted polymer monolith for the analysis of fluoroquinolones from milk samples. Journal of Chromatography A, 2010. 1217(14): p. 2075-2081.

Ciprofloxacin drug extraction using electromembrane extraction based on combined gel of agarose-polyacrylamide-Katira gum and membrane modification with nanoparticle KCCl-NH₂

Fatemeh Hamdi , Ali Zeraatkar moghaddam*

Department of Chemistry ,Faculty of Basic Sciences,Birjand University, Birjand,Iran

* a_zeraatkar_m@yahoo.com

ftmehamdi@gmail.com

Abstract

In this project, the electromembrane extraction method (G-EME) was investigated using a combination membrane of agarose, polyacrylamide and castor gum as a green and biodegradable membrane for the extraction and measurement of ciprofloxacin in biological samples. Chemical parameters affecting the extraction efficiency were optimized and evaluated through central compound design (CCD) and response surface method (RSM). The optimal conditions for extracting ciprofloxacin from a 10 ml sample are as follows: Ciprofloxacin drug has a concentration of 0.5 mg/liter, the composition of the total membrane percentage (volume/weight) is 4% with an extraction time of 40 minutes, and an acceptable recovery percentage (98.4%) was obtained. This method is linear in the concentration range of (0.1-10) mg/liter and the LOD and LOQ values were calculated as 0.035 and 0.115, respectively. The extraction time and the concentration of the drug required for extraction decreased to an acceptable level. The optimal conditions for drug extraction in the presence of nanoparticles were also carried out under the following conditions. The drug concentration of ciprofloxacin 0.03 mg/liter with a composition of membrane percentage (volume/weight) of 4% and extraction time of 15 minutes was determined as the optimal conditions for drug extraction. This method was linear in the concentration range of (5-500) micrograms/liter, and the LOD and LOQ values were 1.5 and 4.9 micrograms/liter, respectively. The recovery percentage of this method was calculated as 100.8, which shows the high efficiency of the proposed method.

Keywords: ciprofloxacin, Electromembrane extraction, concentration, nanoparticle

استخراج و اندازه‌گیری داروی سفالکسین در نمونه‌های بیولوژیکی با استفاده از استخراج الکتروغشایی بر پایه‌ی ژل ترکیبی اگارز- پلی آکریل آمید- صمغ کتیرا

فاطمه حمدی، علی زراعتکارمقدم*

گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

a_zeraatkar_m@yahoo.com*

ftmehamdi@gmail.com

چکیده

در این پروژه، برای اولین بار استخراج و اندازه‌گیری داروی سفالکسین از روش استخراج الکتروغشایی (G-EME) که روشی ساده و بدون استفاده از حلال آلی است با استفاده از غشاء ترکیبی اگارز-پلی آکریل آمید-صمغ کتیرا، غشایی سبز و زیست تخریب پذیر انجام پذیرفت. پارامترهای شیمیایی مهم توسط طرح مرکب مرکزی (CCD) و روش سطح پاسخ (RSM) بهینه‌سازی شد. شرایط بهینه برای داروی سفالکسین عبارت است از: غلظت داروی سفالکسین ۱۰ میلی گرم بر لیتر دارای ترکیب درصد کلی غشاء (وزنی/حجمی) ۴٪ و ترکیب درصد اجزاء غشاء اگارز-پلی آکریل آمید-صمغ کتیرا به ترتیب (۱/۵-۱/۵) بوده که به عنوان شرایط بهینه برای غشا تعیین شد. تحت روش پیشنهادی برای داروی سفالکسین به ترتیب در محدوده غلظتی (۱-۲۰) میلی گرم بر لیتر خطی بوده و مقادیر LOD و LOQ برای این داروی ۰/۳، ۰/۹ محاسبه گردید. زمان استخراج کم، مقدار مصرفی نمونه بسیار اندک، روش سریع و دارای هزینه اندک از جمله مزایای این روش بوده و جهت سنجش داروی سفالکسین در نمونه‌های بیولوژیکی حائز اهمیت می باشد.

کلید واژه‌ها : سفالکسین، استخراج الکتروغشایی، ژل ترکیبی، نمونه‌های بیولوژیکی

۱. مقدمه

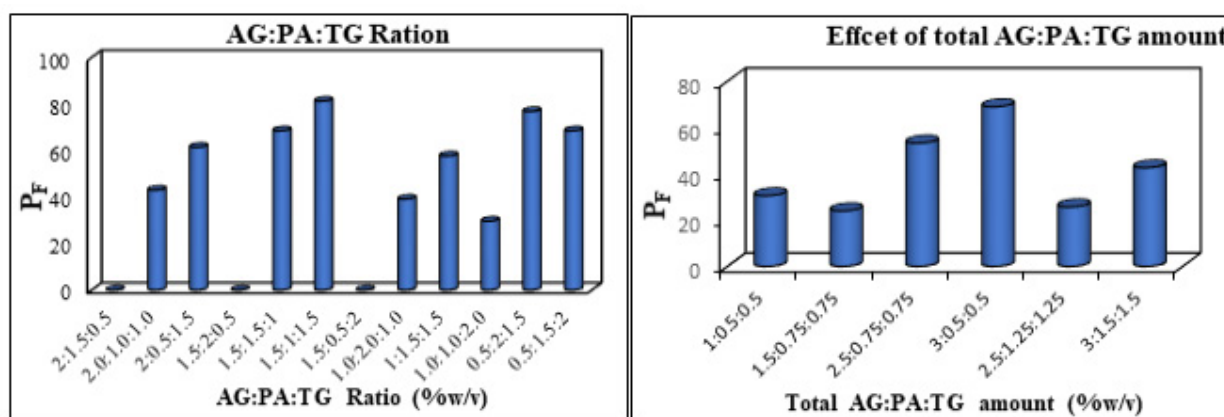
آنتی بیوتیک‌ها طیف وسیعی از داروهای قدرتمند را شامل می‌شوند از انواع آنتی‌بیوتیک‌ها می‌توان به سفالکسین و افلوکساسین اشاره کرد. با توجه به اینکه اندازه‌گیری مستقیم این داروها در مایعات بیولوژیکی به دلیل وجود ماتریس‌های پیچیده، استفاده از روش‌های آماده سازی نمونه پیش از شناسایی و اندازه‌گیری امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. روش‌های استخراج مایع-مایع (LLE) و استخراج فاز جامد (SPE) اغلب روش‌های انتخابی بوده‌اند اما این روش‌ها به دلیل استفاده از حلال آلی که زباله‌های سمی و خطرناک تولید می‌کنند [۱، ۲] روش‌های ریز استخراج مورد توجه قرار گرفتند در میان انواع روش‌های میکرواستخراج، استخراج الکتروغشایی به دلیل تطبیق پذیری و راندمان بالا و مصرف حلال کم بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. EME رویکردی جدید از HF-LPME می‌باشد که برای تسریع انتقال جرم آنالیت‌ها، یک میدان الکتریکی به عنوان محرک آنالیت‌های باردار در سراسر SLM ایجاد می‌شود. ماده رایج مورد استفاده در SLM فیبر توخالی پروپیلن HF می‌باشد. از آنجایی که HF-LPME به سختی تجزیه می‌شوند و برای محیط زیست آسیب‌زا هستند از این رو از غشاهای زیستی استفاده شد [۳]. آگارز یک بیوپلیمر شناخته شده با خواص تجزیه‌پذیر خوب است. آمیختن برخی از افزودنی‌ها در طی فرایند ساخت ژل سبب ایجاد مواد هیبریدی جالبی می‌شود که خواص غشا را بهبود می‌بخشد [۴] مقدار EEO را کاهش دهد و سبب می‌شود فرایند استخراج بهتر و فاکتورهای بازیابی بالاتری ارائه دهد [۵]. در این پروژه از غشای ترکیبی آگارز- پلی آکریل آمید - صمغ کتیرا به عنوان غشای زیستی و سازگار با محیط زیست استفاده شده است. این روش از نظر توانایی آن در استخراج داروهای پایه از نمونه‌های سرم خون و ادرار در سطوح مختلف غلظت مورد بررسی قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

داروی سفالکسین از داروسازی تهران دارو، اسید استیک از مرک آلمان، آگارز از شرکت سیناژن، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا نیز مورد استفاده قرار گرفت. منبع تغذیه الکتروفورز مدل Universal-EPs، همزن مغناطیسی، یک دو الکترو پلاتینی ساخت شرکت پارس پلاتین تهران به عنوان آنود و کاتد استفاده شد. به منظور تهیه غشای اصلاح شده ترکیبی، ابتدا مقدار مورد نیاز از پودر آگارز، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا و استیک اسید را طبق درصد غشایی که برای تست مورد نیاز است، محاسبه کرده و مقدار هر یک توزین شد. ترکیب این سه ماده را در آب با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد حل کرده و ۳۵۰ میکرو لیتر از ژل مورد نظر سریعاً با کمک سمپلر به داخل میکروتیوپ منتقل شد و پس از آن برای شکل گرفتن غشا به مدت دو ساعت درون یخچال قرار گرفت. محلول‌های تهیه شده از غلظت‌های مشخص دارو که با pH فاز دهنده به حجم رسیده‌اند به مقدار ۱۰ میلی لیتر به ظرف شیشه‌ای ماکرو منتقل شد. سپس غشای تهیه شده در قسمت بالایی ظرف قرار گرفت. حجم ۱۵۰ میکرو لیتر از فاز پذیرنده به فضای خالی قسمت فوقانی غشاء افزوده شد. الکتروود منفی کاتد در داخل فاز دهنده (DP) و الکتروود مثبت آنود در (AP) قرار گرفت و یال حاوی نمونه DP روی یک همزن مغناطیسی با سرعت ۹۰۰ rpm قرار داده شد و پس از تنظیم ولتاژ و زمان فرایند استخراج آغاز شد.

۳. نتایج و بحث

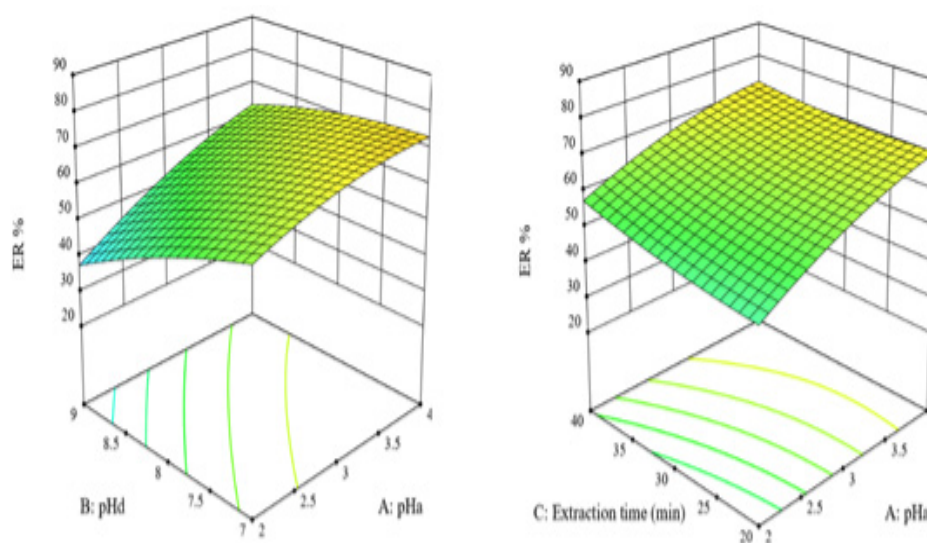
به منظور دستیابی به بیشترین بازده برای استخراج و اندازه‌گیری مقادیر کم داروی سفالکسین و افلوکساسین، پارامترهای مؤثر بر فرایند EME شامل غلظت و نسبت ترکیبات تشکیل دهنده غشاء، ولتاژ اعمال شده، زمان استخراج، و pH فازهای دهنده و پذیرنده بهینه شدند. همچنین اثر غلظت استیک اسید در کارایی انتقال جرم غشاء مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی پارامترهای مؤثر بر عملکرد غشاء ژلی، ابتدا مقادیر درصدی کل اجزاء غشاء ژلی تغییر کردند و این در شرایطی انجام شد که نسبت اجزاء مخلوط آگارز، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا برای تهیه غشاء ثابت بودند. تاثیر ترکیب در صد کلی غشاء ترکیبی آگارز، پلی آکریل آمید و صمغ کتیرا در محدوده 2-6 درصد وزنی- حجمی مورد بررسی قرار گرفت. و مقدار ۴ درصد بالاترین سیگنال فلورسانس مشاهده شد. در ادامه ۱۲ غشا ژلی با درصد کلی یکسان و درصد اجزا متفاوت تهیه شد و فرایند استخراج انجام پذیرفت و نسبت اجزاء آگارز- پلی آکریل آمید - صمغ کتیرا به ترتیب (۱/۵-۱-۱/۵) انتخاب شد.



شکل-۱- بهینه سازی نسبت ترکیبات تشکیل دهنده غشاء ژلی داروی سفالکسین

آنالیز آماری: تکنیک‌های بهینه سازی آماری برای اجازه دادن به تعاملات امکان پذیر بین متغیرها، با حداقل تعداد اجراء و ارزیابی تاثیر هر عامل در سطوح مختلف عوامل دیگر مورد استفاده قرار گرفت. CCD برای بررسی تعامل چندین متغیر و تاثیر آنها بر پاسخ، به طور همزمان استفاده شد. در این راستا از نرم افزار ۱۳ Design-Expert به عنوان ابزاری در ماتریس طراحی آزمایش و تحلیل داده‌ها استفاده شد. فاکتورهای ولتاژ اعمال شده، زمان استخراج و PH های فاز دهنده و پذیرنده به عنوان فاکتورهای موثر در استخراج در نظر گرفته شده است. داده‌های آزمایش با معادلات چند جمله‌ای مرتبه دوم انطباق مناسبی نشان دادند و آزمایش‌ها در سطح اطمینانی بیش از ۹۵٪ در نظر گرفته شد. از آنالیز واریانس (ANOVA) برای ارزیابی مدل، اهمیت اثرات و برهمکنش‌های اساسی بر پارامترهای تجربی دیگر استفاده شد. این مدل در معادله نشان داده شده است که شامل دو اثر اصلی، دو اثر متقابل و سه اثر انحنای به شرح زیر است:

$$ER\% = +64.0 + 9.2A - 8.7B + 2.5C + 0.5D + 3.8AB - 1.7AC + 0.7AD + 0.07BC + 0.07BD + 1.9CD - 2.9A^2 - 2.0B^2 + 1.3C^2 - 4.6D^2$$



شکل-۳- منحنی سه بعدی پاسخ سطحی برای داروهای سفالکسین

جدول ۱- بررسی ارقام شایستگی داروی سفالکسین

داروها	LOQ	LOD	Linearity	%Recovery	% RSD
سفالکسین	0.9	0.3	1-20	73.61	7.1

در این پروژه، استخراج و اندازه‌گیری داروی سفالکسین با استفاده از روش استخراج الکتروغشایی بر پایه ی ژل ترکیبی آگارز-پلی آکریل آمید-صمغ کتیرا مورد بررسی قرار گرفت. بر طبق نتایج حاصل شده میتوان نتیجه گرفت که روش فوق برای استخراج داروی موردنظر موفقیت آمیز بوده است.

جدول ۲- مقایسه روش EME و سایر روش‌های استخراج داروی سفالکسین

Cephalexin	Method	(LOD (g kg ⁻¹	(%) Recovery	(%) RSD	.Ref
	MISPE-column	50.00	79.8	3.1	[۶]
	MISPE-PE	40.00	92.0	-	[۷]
	MISPE-DPE-FPE	300.0	103.0	-	[۷]
	This work	0.3	73.6	7.1	-

منابع

1. Carasek, E. and J. Merib, Membrane-based microextraction techniques in analytical chemistry: a review. *Analytica chimica acta*, 2015. 880: p. 8-25.
2. Płotka-Wasyłka, J., K. Owczarek, and J. Namieśnik, Modern solutions in the field of microextraction using liquid as a medium of extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2016. 85: p. 46-64.
3. Tabani, H., et al., Recent developments in green membrane-based extraction techniques for pharmaceutical and biomedical analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 2018. 160: p. 244-267.
4. Sambrook, J., D.W. Russell, and J. Sambrook, *The condensed protocols: from molecular cloning: a laboratory manual*. 2006: Cold spring harbor laboratory press Cold Spring Harbor, NY.
5. Moghaddam, A.Z., et al., Gel electro-membrane extraction of propranolol and atenolol from blood serum samples: Effect of graphene-based nanomaterials on extraction efficiency of gel membrane. *Talanta*, 2021. 222: p. 121557.
6. Lata, K., et al., Synthesis and application of cephalexin imprinted polymer for solid phase extraction in milk. *Food chemistry*, 2015. 184: p. 176-182.
7. Wu, S.G., E.P. Lai, and P.M. Mayer, Molecularly imprinted solid phase extraction-pulsed elution-mass spectrometry for determination of cephalexin and α -aminocephalosporin antibiotics in human serum. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 2004. 36(3): p. 483-490.

Extraction and measurement of cephalixin drug in biological samples using electromembrane extraction based on agarose–polyacrylamide–kathira gum combination gel.

Fatemeh Hamdi , Ali Zraatkarmoghaddam*

Deparment of Chemistry ,Faculty of Basic Sciences,Birjand University, Birjand,Iran

* a_zeraatkar_m@yahoo.com

ftmehamdi@gmail.com

Abstract

In this project, for the first time, the extraction and measurement of cephalixin drug using the electromembrane extraction method (G-EME), which is a simple method without the use of organic solvents, using a combined membrane of agarose-polyacrylamide-Katira gum, green membrane and bio Degradable done. Important chemical parameters were optimized by central composite design (CCD) and response surface method (RSM). The optimal conditions for cephalixin drug are: the concentration of cephalixin drug is 10 mg/liter with a composition of the total percentage of membrane (weight/volume) of 4% and the composition of the percentage of membrane components of agarose-polyacrylamide-Katira gum respectively (1.5) 1-5-1) which was determined as the optimal condition for the membrane. Under the proposed method, cephalixin was linear in the concentration range of (1-20) mg/L, and the LOD and LOQ values for this drug were calculated as 0.3 and 0.9. Short extraction time, very small amount of sample consumption, quick method and low cost are among the advantages of this method and it is important for measuring cephalixin drug in biological samples.

Keywords: Antibiotic, electromembrane extraction, combined gel, biological samples

تخمین عدم قطعیت ترازوهای حساس آزمایشگاهی در شرایط محیطی متفاوت

مجید زارع زاده^{۱*}، هدا منصوری^۲

^۱اداره کل استاندارد استان هرمزگان، بندرعباس، ایران

^۲مدیر ارشد بازرسی شرکت نیک آزمای هرمزگان، بندرعباس، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: majid_zarezadeh_nu@yahoo.com

چکیده فارسی

یکی از مشکلات مهم و اساسی در ترازوهای حساس و دقیق آزمایشگاهی، وابستگی و حساسیت زیاد آنها به شرایط محیطی مانند رطوبت، دما و فشار و... است، به ویژه در مکانهای جغرافیایی گرم و مرطوب که تغییرات زیادی در شرایط محیطی، حتی در طول یک روز، روی میدهد، که در برخی موارد با توجه به حساسیتهای فراوان نتایج توزین این دستگاهها، این تغییرات باعث میشود این ترازوها به اشتباه خارج از سرویس اعلام شوند و نیاز به کالیبراسیون داشته باشند، در حالی که میتوان با محاسبات ریاضی و تحلیلهای آماری انتقال نتایج توزین را برآورد نمود. در این مقاله به بررسی عملکرد ترازوهای حساس Mettler Toledo مدل KA۳۰-۳/p در دما، رطوبت و فشار محیطی متفاوت پرداخته شده است و منحنی انتقال نتایج توزین آنها رسم شده است. نتایج حاصل از توزین توسط روش های آماری آزمون فرض و نرم افزار MiniTab تحلیل شده اند و عدم قطعیت نتایج توزین نیز بر اساس روش های مدون و استاندارد های ملی و بین المللی مربوطه محاسبه و در نظر گرفته شدهاند.

کلید واژه‌ها: تخمین عدم قطعیت، ترازوی حساس آزمایشگاهی، توزین با دقت، تحلیل آماری

۱. مقدمه

کالیبراسیون مجدد به علت کنترل و نگهداری فرایندهای اندازه‌گیری که با وسیله‌ای اندازه‌گیری انجام میشود لازم است. معمولاً عدم قطعیت وسیله نسبت به زمان و با استفاده‌های مکرر از آن افزایش مییابد. اعتبار اندازه‌گیریها مربوط به تحقیقات بستگی به درستی برآورد پدیده‌های تحت مطالعه و عدم قطعیت‌های به دست آمده دارد. پارامترهای اصلی در فرایند کالیبراسیون ترازوهای حساس و دقیق عبارتند از مقدار مقیاس، خطی بودن، تکرارپذیری، اثر بارگذاری خارج از مرکز و پسماند [۱ و ۲]. برای انجام توزین با این ترازوها، قبل از شروع بکار، تجهیز باید با محیط پیرامونش به تعادل برسد. در این بین همواره تغییرات دما، فشار و رطوبت نسبی محیط آزمایشگاه باعث تغییر در کالیبراسیون تجهیزات حساس توزین میشود. این مشکل، به ویژه در مناطقی که تغییرات آب و هوایی زیادی وجود دارد و کنترل و پایش شرایط محیطی سخت و هزینه‌زاست، سخت مییابد. در ترازوهای حساس همواره تغییرات شرایط محیطی میتواند باعث تغییر در نتایج توزین شود. با بررسی تغییرات پارامترهای وابسته میتوان ضرایب تصحیح، عدم قطعیت و ضرایب همبستگی بین

پارامترهای وابسته و نتایج توزین را محاسبه نمود. به منظور بررسی تجدیدپذیری، همزمان توزین با دو ترازوهای حساس Mettler Toledo مدل KA۳۰-۳/p و بررسی نتایج ۴۰ توزین مختلف با وزنه‌های مختلف رده E۲ صورت پذیرفت. عوامل موثر در افزایش عدم قطعیت مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و بر اساس مدل‌های آماری تخمین مناسبی از عدم قطعیت اندازه‌گیری با این ترازو در شرایط محیطی برآورد شده است.

۲. روش تحقیق

با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت موجود در زمینه تغییراتی که در توزین‌های حساس و با دقت بالا نیاز است، در ابتدا شرایط محیطی مورد نظر از لحاظ یکنواختی، ایزوله بودن و جابجایی هوا بررسی شد. کمیت‌های تاثیرگذار دما، فشار و رطوبت نسبی اتاق آزمون، در زمان‌های متفاوت بررسی و کنترل شد. به کمک این کار علاوه بر بررسی توزیع دما، فشار و رطوبت نسبی میتوان نوع عدم قطعیت‌های موجود در این پارامترها را بررسی کرد. لذا در یک بازه زمانی ۴ ساعته و گستره‌های ۱۵ دقیقه‌ای اطلاعات مورد نظر به کمک دستگاه سنجش پایش و ثبت شد.

جدول ۱- تخمین پارامترهای متغیر در محیط آزمایشگاه در یک روز

ردیف	ساعت	دما °C	فشار hPa	رطوبت %
۱	۸:۰۰	۲۱	۱۰۰۵	۶۴
۲	۸:۱۵	۲۱	۱۰۰۵	۶۲
۳	۸:۳۰	۲۱	۱۰۰۵	۶۰
۴	۸:۴۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۸
۵	۹:۰۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۸
۶	۹:۱۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۷	۹:۳۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۸	۹:۴۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۹	۱۰:۰۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۰	۱۰:۱۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۱	۱۰:۳۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۲	۱۰:۴۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۳	۱۱:۰۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۴	۱۱:۱۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۵	۱۱:۳۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۶	۱۱:۴۵	۲۱	۱۰۰۵	۵۶
۱۷	۱۲:۰۰	۲۱	۱۰۰۵	۵۶

مشاهدات و نتایج در چندین روز از فصول مختلف نشان از یکنواختی توزیع پارامترهای سه گانه داشت و می توان به کمک این داده ها عدم قطعیت مستطیلی توزیعها را برآورد نمود [۳ و ۴]. با توجه به اینکه میانگین پارامترهای دما، فشار و رطوبت نسبی ثابت است، میتوان از میانگین آنها برای محاسبه عدم قطعیت آزمون، چگالی هوای آزمایشگاه و ... استفاده نمود. از آنجائیکه چگالی هوا درون آزمایشگاه در نتایج توزین و اثر شناوری تاثیر دارد، رابطه موجود در این زمینه بر اساس مراجع به شکل زیر در نظر گرفته شد [۶]:

$$\rho_a = \frac{0.3488P - 0.009h_r \exp(0.061t)}{273.15 + t} \quad (1)$$

ρ_a چگالی هوا بر حسب Kg/m^3 ، P فشار بارومتر بر حسب hPa ، hr رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد، t دمای هوا بر حسب $^{\circ}\text{C}$. به منظور بررسی دقیق نتایج توزین نیاز به محاسبه مقدار شتاب گرانش در محل آزمایشگاه است، لذا به کمک رابطه (۲) و محاسبه عرض جغرافیایی و ارتفاع نسبت به سطح دریا می‌توان شتاب گرانش زمین در محل آزمایشگاه را محاسبه نمود [۷].

(۲) θ عرض جغرافیایی بر حسب درجه، h ارتفاع $g = 9.780327(1 + 0.0053024\sin^2\theta - 0.0000058\sin^2 2\theta) - 3.086 \times 10^{-6}h$ نسبت به سطح دریا بر حسب متر، و گرانش محل بر حسب m/s^2

پس از انجام زیرساخت‌های لازم و محاسبات مورد نظر، توزین با وزنه‌های رده E_2 و در شرایط یکسان انجام شد. تنها پارامترهای متغیر فشار، دما و رطوبت نسبی در محیط آزمایشگاه بود و سعی شد این پارامترها در محیط آزمایشگاه ثابت باقی بمانند. با توجه به اینکه حجم وزنه‌ها در نتایج توزین و اثر شناوری تاثیر دارد، حجم وزنه‌ها توسط کولیس دیجیتال با قدرت تفکیک 0.01mm برآورد شد و جرم واقعی وزنه‌ها محاسبه شد. توزین وزنه‌های با جرم 1000g ، 500g ، 100g ، 50g و 10g گرمی رده E_2 صورت پذیرفت و این فرآیند در شرایط یکسان و تغییر پارامترهای فشار، دما و رطوبت نسبی در روزهای مختلف سال انجام شد، تا بدین وسیله بتوان تاثیر تغییرات پارامترهای یاد شده را در فرآیند توزین تحلیل نمود. توجه به اهمیت محاسبه عدم قطعیت در محاسبات دقیق و در نظر گرفتن BMC^1 ضرایب حساسیت و عدم قطعیت پارامترهای تاثیرگذار محاسبه شد. به کمک مراجع موجود می‌توان ضرایب حساسیت روابط موجود در فرآیند توزین را بدست آورد [۷ و ۸]. ضرایب حساسیت موجود در رابطه (۱) برای چگالی هوا به شکل زیر می‌باشند.

$$C_p = \frac{\partial \rho_a}{\partial P} = \frac{0.34848 - 0.009h_r \exp(0.0061t)}{273.15 + t} \quad (5)$$

$$C_{h_r} = \frac{\partial \rho_a}{\partial h_r} = \frac{0.34848P - 0.009 \exp(0.0061t)}{273.15 + t} \quad (6)$$

$$C_t = \frac{\partial \rho_a}{\partial t} = \frac{(-0.00051 \exp(0.0061t) \times (273.15 + t) - (0.34848P - 0.009h_r \exp(0.0061t)))}{(273.15 + t)^2} \quad (7)$$

حال به منظور محاسبه عدم قطعیت ترکیبی ضرایب حساسیت هر متغیر را در عدم قطعیت جزئی مربوط به آن ضرب می‌شود:

$$u(\rho_a)^2 = \sum [u(p)^2 C_p^2 + u(h_r)^2 C_{h_r}^2 + u(t)^2 C_t^2] \quad (8)$$

۳. نتایج و بحث

با توجه به روابط موجود در بخش قبل می‌توان نتایج داده‌های موجود در آزمایش را تحلیل و بررسی نمود. با توجه به داده‌های فراوان و توزین‌های متفاوت، داده‌های موجود برای وزنه 1Kg مورد تحلیل قرار می‌گیرند. بر اساس رابطه (۱) چگالی هوای آزمایشگاه و عدم قطعیت آن تخمین زده می‌شود. با توجه به رابطه (۲) می‌توان شتاب گرانش محیط آزمایشگاه را محاسبه نمود. با توجه به ارتفاع کم شهر بندعباس و آزمایشگاه از سطح دریا که در حدود 10 متر است، و عرض جغرافیایی شهر بندعباس که 27° درجه می‌باشد مقدار شتاب گرانش برابر با 9.79 m/s^2 تخمین زده شد. بر اساس رابطه (۶) و مقادیر بار مرده که در حین توزین در ترازو باقی می‌ماند، عدم

قطعیت مربوط به اثر هیستریزیس محاسبه می‌شود. با توجه به اینکه امکا $\bar{X} \pm t_c \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$ هایی در این نتایج خارج از گستره فنی، یا در اصطلاح داده پرت^۲، وجود داشته باشد، از آزمون گراب و تعیین ضریب g استفاده شد. با توجه به اینکه مشخص شد داده‌های پرت در اندازه‌گیریها وجود ندارد و تعداد نتایج توزین کمتر از ۳۰ می‌باشد، به منظور برآورد فواصل اطمینان از توزیع t استفاده می‌شود. با توجه به ۱۰ نتیجه آزمون، لذا ۹ درجه آزادی وجود دارد. با سطح اطمینان ۹۵ مقدار t برابر است با ۲/۲۶ می‌باشد [۹].

(۹)

جدول ۲- نتایج توزین وزنه ۱۰ Kg در رطوبت نسبی ۶۰٪، دمای ۲۲°C و فشار ۱۰۸ Kpa

ردیف	توزین Kg	بار مرده Kg	فشار Kpa	دما °C	رطوبت نسبی %
۱	۰/۹۹۹۹۸	-۰/۰۰۰۰۲	۱۰۸	۲۲	۶۰
۲	۰/۹۹۹۹۸	-۰/۰۰۰۰۲	۱۰۸	۲۲	۶۰
۳	۰/۹۹۹۹۳	-۰/۰۰۰۰۳	۱۰۸	۲۲	۶۰
۴	۰/۹۹۹۶۲	-۰/۰۰۰۱۱	۱۰۸	۲۲	۶۲
۵	۱/۰۰۰۱	-۰/۰۰۰۰۵	۱۰۸	۲۲	۶۲
۶	۰/۹۹۹۶۳	۰/۰۰۰۸۴	۱۰۸	۲۲	۶۲
۷	۱/۰۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۱۵	۱۰۸	۲۲	۶۲
۸	۰/۹۹۹۸۷	-۰/۰۰۰۰۶	۱۰۸	۲۲	۶۲
۹	۰/۹۹۹۷۴	-۰/۰۰۱۵۸	۱۰۸	۲۲	۶۲
۱۰	۰/۹۹۹۹۷	-۰/۰۰۰۰۳	۱۰۸	۲۲	۶۲

از آنجائیکه آزمون همزمان با دو ترازوی یکسان و در شرایط یکسان صورت پذیرفت، باید نشان داد که نتایج با هر دو ترازو در شرایط یکسان اختلاف معناداری نداشته باشند. لذا داده‌های موجود با آزمون فرض سنجش میشوند. نتایج نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵ داده‌های آزمون با هر دو دستگاه دارای نتایج یکسانی هستند. لذا میتوان بر صحت و سیستماتیک بودن نتایج تکیه کرد. با انجام آزمونهای فرض در سطح اطمینان ۹۰ و $\alpha=0/1$ میتوان گفت که عدم قطعیت در اندازه‌گیریهای که دما و فشار محیط افزایش داشت نسبت به شرایط محیطی معمولی بیشتر است و تفاوت معناداری بین داده‌ها وجود دارد. مقادیر p -value در این آزمون فرض به ترتیب عبارت است $p=0/24$ و $p=0/11$. با انجام آزمون فرض بر روی میانگین نتایج توزین متوجه اختلاف معنادار بین میانگین دما و فشار محیط افزایش داشت نسبت به شرایط محیطی معمولی در سطح اطمینان ۹۵ و $\alpha=0/05$ می‌شویم. در این آزمون مقدار p -value برابر است با $p=0/008$ و $p=0/015$. بررسی پراکندگی در نتایج توزین از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا پراکندگی می‌تواند نشانه کمی دقت و عدم قطعیت زیاد در نتایج باشد، لذا مجدداً از آزمون فرض استفاده می‌شود. آزمون فرض نشان داد، در سطح اطمینان ۹۵ و $\alpha=0/05$ ، تفاوت معناداری بین انحراف معیار مقادیر توزین میانگین دما و فشار محیط افزایش داشت نسبت به شرایط محیطی معمولی، با مقدار $p=0/006$ ، وجود دارد و پراکندگی در نتایج توزین جدول ۶ مشهود است. اما بین انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری فوق تفاوت معناداری وجود ندارد.

۴. نتیجه گیری

از آنجائیکه یکی از روش‌های مهم و اساسی در ارتقاء کیفیت محصولات و آزمون‌ها، صحت عملکرد دستگاه‌ها می‌باشد، همواره باید به نگهداری صحیح و استفاده مناسب از ابزارهای موجود در اندازه‌گیری دقت شود. کیفیت فرایندی تصادفی نیست، بلکه با سختی، ممارست و دقت در انجام اصول کاری بدست می‌آید. در صورت عدم توجه به مباحثی که می‌تواند در کیفیت محصول، خدمات و آزمون اهمیت دارند، می‌تواند به کلی یک فرایند را زیر سوال ببرد. با توجه به محاسبات و تحلیل‌های آماری می‌توان نتایجی را بدین گونه در نظر گرفت که:

- با افزایش رطوبت نسبی در محیط آزمایشگاه، پسماند یا اثر هیستریزس، موجود در ترازوی حساس در حین توزین منفی می‌گردد.
- با افزایش پارمترهای دما، رطوبت نسبی و فشار محیطی، عدم قطعیت ناشی از چگالی هوا کاهش می‌یابد.
- افزایش فشار، دما و رطوبت نسبی می‌تواند باعث افزایش محسوس در عدم قطعیت نتایج توزین شود و پراکندگی داده‌ها را در توزین‌های حساس افزایش دهد.

منابع

- [1] R. Balhom, D. Buer, M. Glaser, M. Kochsie. (1992). Determination of mass-Part1: Dissemination of the unit of mass , PTB-Bericht MA-24, 2nd revised edition, Braunschweig.
- [2] OIML R111. (2004). Weighs of Classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, M3
- [3] M. Salahinejad, F. Aflaki. (2007). Uncertainty Measurement of Weighing Results from an Electronic Analytical Balance, MEASUREMENT SCIENCE REVIEW, Vol7, Section3, 67-75
- [4] A. Reichmuth, S. Wunderli, M. Weber, V. Meyer. (2004). The uncertainty of Weighting Data Obtained with Electronic Analytical Balance .Microchim. Acta , vol 148, 133-141
- [5] مهرداد پورشمس، (1370). استاندارد و کنترل کیفیت آماری. تهران: مرکز آموزش و پژوهش صنایع ایران.
- [6] J.P. Clark, (2010). Evaluation of Methods for Estimating the Uncertainty of Electronic Balance Measurement, WSRC-MS-99-00958.
- [7] F.L. Cacaïs, J.U. Delgado, V.M. Loayza, J.A. Rangel, (2020), Evaluation of the parameters for weighing uncertainty estimation in radionuclide source preparation, Congresso Brasileiro De Metrologia Das Radiacoes Inizantes.
- [8] V. Kuleshov, N. Fenner, S. Ermon (2018), Accurate Uncertainties for Deep Learning Using Calibrated Regression, 35 th International Conference on Machine Learning, Stockholm, Sweden, PMLR 80
- [9] A.G. Gonzalez, M.A. Herrador, A.G. Asuero, (2005), Estimation of the uncertainty of mass measurements from in-house calibrated analytical balances, Accred Qual Assur (2005) 10: 386–391 DOI 10.1007/s00769-005-0012-9

Uncertainty estimation of laboratory sensitive scales in different environmental conditions

Majid Zarezadeh^{۱*}, Hoda Mansouri^۲

^۱ Hormozgan Standard General Office, Bandar Abbas, Iran

^۲Nik Azma Hormozgan Co, Bandar Abbas, Iran

*majid_zarezadeh_nu@yahoo.com

Abstract

One of the fundamental problems in sensitive and accurate laboratory scales is their dependence and high sensitivity to environmental conditions such as humidity, temperature, pressure, etc., especially in hot and humid geographical places where there are many changes in environmental conditions. Even during the day, it happens that in some cases due to the great sensitivities of the weighing results of these devices, these changes cause these scales to be erroneously declared out of service and require calibration, while It is possible to estimate the transfer of weighing results with mathematical calculations and statistical analysis. In this article, the performance of the Mettler Toledo sensitive balances model KA30-3/p has been investigated in different temperature, humidity, and environmental pressure and the transfer curve of their weighing results have been drawn. The results of the weighing have been analyzed by the statistical methods of hypothesis testing and Mini Tab software, and the uncertainty of the weighing results has been calculated and considered based on the documented methods and relevant national and international standards.

Keywords: Uncertainty estimation, laboratory sensitive balance, precision weighing, statistical analysis

رنگدانه‌های طبیعی بعنوان شناساگر اسید-باز

افشین سروری*

^۱ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: a.sarvary@nit.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: a.sarvary@nit.ac.ir

چکیده فارسی:

کلم بنفش دارای رنگدانه‌های آنتوسیانینی می‌باشد که رنگ آنها با تغییر خلصت اسیدی و بازی محیط آبی تغییر می‌یابد. بنابراین در پژوهش حاضر عصاره کلم بنفش در محیط آبی استخراج شده و بعنوان شناساگر تیتراسیون اسید-باز معرفی شده است. نتایج نشان داده است که عصاره کلم بنفش در محیط اسیدی به رنگ قرمز بوده و به محض بازی شدن محیط رنگ آن به بنفش تبدیل می‌شود. مقایسه کارایی و دقت شناساگر تهیه شده عصاره کلم بنفش با شناساگرهای مرسوم مانند فنول فتالئن و متیل اورانژ نشان می‌دهد که این شناساگر همانند شناساگرهای مرسوم بوده و میزان خطای پائین در تعیین نقطه پایانی در تیتراسیون سنجی اسید-باز را دارد. طبیعی و زیست سازگار بودن، در دسترس بودن، روش تهیه و استفاده آسان از مزیت‌های شناساگر معرفی شده نسبت به شناساگرهای سنتزی مرسوم است. همچنین این عصاره در هر یک از pH های بازی ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ رنگ خاص و مشخصی دارد که می‌تواند شناساگر انتخابی برای این pH ها باشد.

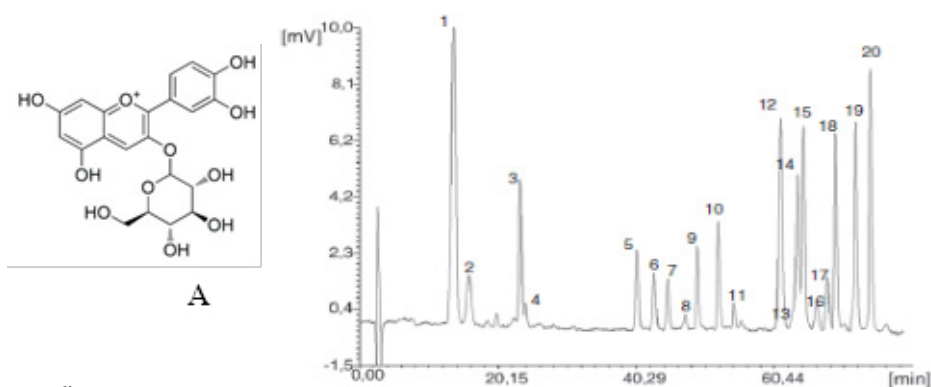
کلید واژه‌ها: شناساگر، تیتراسیون اسید-باز، کلم بنفش، آنتوسیانین.

۱. مقدمه

حجم سنجی اسید- باز یکی از شناخته شده‌ترین و مهمترین روشهای تیتراسیونی می باشد. این روش بر اندازه‌گیری حجم دقیق یک محلول استوار است. فرآیند تیترا کردن که عبارت است از افزودن قطره قطره محلول معلوم به محلول مجهول، تا زمانی که واکنش بین دو ماده کامل شود ادامه دارد. شناساگرهای شیمیایی نقش اصلی تشخیص کامل شدن واکنش اسید-باز را دارد. شناساگرهای شیمیایی متنوعی برای واکنش اسید-باز معرفی شده‌اند که اکثر آنها مواد شیمیایی سنتزی میباشند [۲].

آنتوسیانینها رنگدانههای بنفش محلول در آب هستند که در میوه ها و سبزیجات یافت می شوند. به عنوان اجزای محصولات غذایی گیاهی آنتوسیانینها توسط انسان در مقادیری مصرف میشود که ممکن است از نظر فیزیولوژیکی مهم باشد. این مشاهدات و این واقعیت که آنتوسیانینها عملکردهای محافظت کننده از سلامتی دارند (ضد سرطان، محافظت کننده قلبی، بهبود بینایی، ضد دیابت) همراه با غیر سمی بودن حتی پس از مصرف در دوزهای بالا، به افزایش علاقه به این پلی فنل ها کمک میکند. علاوه بر این، مضرات رنگدانه‌های مصنوعی برای مصرف‌کننده سبب شده اهمیت رنگ‌های خوراکی طبیعی بیش از پیش گردد [۱].

آنتوسیانین ها با الگوهای پیچیده هیدروکسیلاسیون، متوکسیلاسیون، گلیکوزیلاسیون و آسیلاسیون مشخص می شوند [۱]. این عوامل با گونه‌های گیاهی مرتبط هستند تا الگوی مشخصی از آنتوسیانینها را تشکیل دهند. کلم بنفش نیز الگوی آنتوسیانین خاص خود را دارد و حاوی مقدار قابل توجهی آنتوسیانین است که ساختار اصلی آن در بیشتر موارد سیانیدین گلیکوزیدها است [۱]. آنتوسیانین ها با واحدهای اصلی دیگر مانند گلوکوزید پلارگونیدین و گلوکوزیدهای پئونیدین نیز شناسایی شدند. علاوه بر این، مشتقات غالب آنتوسیانینها در کلم بنفش به شکل اسیلده دیده می شوند. گزارشهای علمی نشان میدهد که ساختار پایه آنتوسیانین‌های در کلم بنفش سیانیدین-۳-دی گلوکوزید-۵-گلوکوزیدها (A) است. گلوکوزیدی که می‌توانند غیراسیله‌شده، تک‌اسیله‌شده و دی‌اسیله‌شده باشند. کروماتوگرام HPLC-DAD عصاره کلم بنفش با هشت پیک اصلی و دوازده پیک جزئی در شکل ۱ نشان داده شده است [۱].



شکل ۱. کروماتوگرام HPLC-DAD عصاره کلم بنفش و ساختار آنتوسیانین اصلی آن

باتوجه به وجود رنگدانههای آنتوسیانینی در عصاره کلم بنفش و تغییر رنگ آن با تغییر غلظت H^+ ، در این پژوهش از عصاره کلم بنفش بعنوان یک شناساگر طبیعی در تیتراسیون اسید- باز استفاده شده است که علاوه بر مزیت زیست محیطی از مزایای ارزان بودن، در دسترس بودن و روش تهیه و استفاده آسان برخوردار میباشد.

۲. روش تحقیق

گیاه کلم بنفش در این پژوهش که از مزارع شهرستان بابل تهیه شده است. مقدار ۲۵ گرم از برگهای کلم بنفش خرد شده و به بشر ۲۵۰ میلیلیتری منتقل شد و به آن ۳۰ میلیلیتر آب مقطر اضافه شد. بشر بروی منبع حرارتی قرار گرفت و به مدت ۵ دقیقه در حالت جوش حرارت داده شد. پس از سرد شدن ظرف، مایع از جامدات ظرف جدا شد. عصاره حاصل بعنوان شناساگر اسید- باز استفاده شد (شکل ۱).

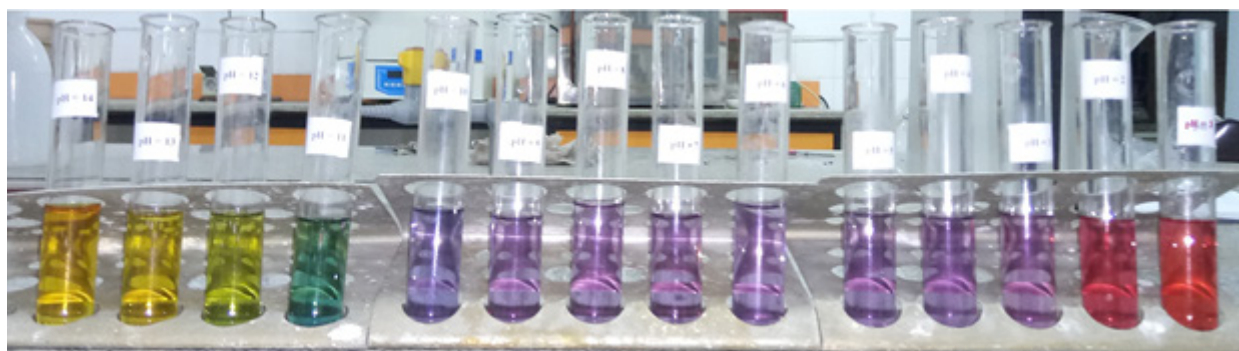


شکل ۲: مراحل تهیه شناساگر از برگ کلم بنفش

برای تیتراسیون حجم سنجی اسید-باز از HCl و NaOH استاندارد شده با غلظت ۰٫۱ مولار استفاده شد. همچنین با استفاده از محلول HCl یک مولار، محلولهایی اسیدی با pH شامل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ تهیه شدند و با از استفاده از NaOH یک مولار محلولهایی بازی با pH ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ تهیه شدند.

۳. نتایج و بحث

به منظور تعیین رنگ شناساگر تهیه شده از برگ کلم بنفش در محلولها با pH متفاوت، با از استفاده از HCl استاندارد شده با غلظت ۰٫۱ مولار محلولهایی با pH اسیدی شامل ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ در ۶ لوله آزمایش تهیه شد (هر کدام ۲۰ میلیلیتر). همچنین با استفاده از NaOH ۱ مولار محلولهایی با pH بازی شامل ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ در ۷ لوله آزمایش تهیه گردید (هر کدام ۲۰ میلیلیتر). پس از تهیه محلولهای ذکر شده به هر کدام از آنها ۰٫۵ میلی لیتر از عصاره کلم بنفش اضافه شد. رنگ مشاهده شده هر یک از محلولهای با pH متفاوت در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که شناساگر طبیعی تهیه شده در محلول ها با pH اسیدی بالا به رنگ قرمز می باشد. همچنین شناساگر تهیه شده در محلولهای بازی بسته به pH رنگ متنوعی ایجاد می نماید.



شکل ۳: رنگ شناساگر برگ کلم بنفش در pH های مختلف



شکل ۴: رنگ شناساگر طبیعی در آغاز و پایان تیتراسیون

ادامه برای تعیین کارآیی شناساگر تهیه شده در تعیین نقطه پایانی در تیتراسیون اسید-باز استفاده شد. برای تیتراسیون، ابتدا ۲۵ سی سی محلول هیدروکلریک اسید ۰٫۱ مولار داخل ارلن ۱۰۰ سی سی ریخته شد و به آن ۱۰ قطره از شناساگر تهیه شده اضافه گردید که منجر شد رنگ محلول قرمز گردد (شکل الف ۴). محلول حاصل با NaOH ۰٫۱ مولار تیتراژ گردید. به محض استفاده از ۲۵ میلی لیتر تغییر رنگ محلول مشاهده شد و محلول به رنگ بنفش حاصل گشت (شکل ب ۴). مقایسه نتایج حاصل از شناساگر تهیه شده با شناساگرهای مرسوم مانند فنول فتالئن و متیل اورانژ نشان داد که شناساگر تهیه شده همانند شناساگرهای مرسوم می باشد و میزان خطای پائین می باشد.

۴. نتیجه گیری

عصاره کلم بنفش که حاوی ترکیبات آنتوسیانینی می باشد از یک سو، محلول بودن این ترکیبات در آب و از سوی دیگر رنگ این ترکیبات با تغییر pH از اسیدی به بازی تغییر مینماید. این عصاره را بعنوان شناساگر در تیتراسیون اسید-باز معرفی شده است. زیست سازگار بودن، در دسترس بودن، ارزان بودن و طرز تهیه و استفاده آسان از مزایای استفاده از عصاره کلم بنفش بعنوان شناساگر اسید-باز می باشد. علاوه بر این این عصاره در هر یک از pH های بازی ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ رنگ متفاوتی دارد که میتواند شناساگر انتخابی برای این pH ها باشد.

سپاسگزاری:

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل بخاطر حمایت از انجام پژوهش تقدیر و تشکر می شود.

منابع :

- [1]. W. Wiczowski, D. Szawara-Nowak, J. Topolska (2013) Food Research International, 51, 303–309.
- [2]. D.C.Harris,(2005)Exploringchemicalanalysis (3rd ed.).NewYork:W.H.Freeman.

Natural pigments as acid-base indicators

Afshin Sarvary*

Department of Chemistry, Faculty of Science, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

*Corresponding Author's E-mail a.sarvary@nit.ac.ir

Presenter's E-mail: a.sarvary@nit.ac.ir

Abstract:

Purple cabbage has anthocyanin pigments whose color changes with the change of acidity and alkalinity of the water environment. Therefore, in the present study, anthocyanins of purple cabbage was extracted in aqueous medium and introduced as an indicator for acid-base titration. The results have shown that purple cabbage extract is red in acidic environment, and as soon as the environment is alkaline, its color turns to purple. Comparison of the efficiency and accuracy of the prepared indicator with conventional indicators such as phenolphthalein and methyl orange shows that this indicator is the same as their in determining the end point in acid-base titration. Natural, biocompatible, availability, and easy preparation and use are the advantages of the this indicator compared to conventional synthetic indicators. Moreover, this indicator has a specific color in each of the basic pHs of 10, 11, 12, and 13, which can be a selective indicator for this pHs.

Keywords: Indicator, Acid-base Titration, Purple cabbage, Anthocyanin.

مشخصه یابی و بررسی پارامترهای عملکرد بر روی نانو ذرات نقره ساخته شده با استفاده از پلاسمای DC فشار اتمسفر

الناز خلیل زاده^۱، زهره دهقانی^{۱*}، زهرا رفیعی^۲

^۱سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته ای، تهران، ایران

^۲سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، پژوهشکده چرخه سوخت، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.org.aeoi@zdehghani

ایمیل ارائه‌دهنده: ir.org.aeoi@zdehghani

چکیده

در این مقاله از پلاسمای فشار اتمسفر برای ساخت نانو ذرات نقره (Ag) غوطه ور در مایع استفاده شده است. علاوه بر آن تأثیر پارامترهای مختلف مانند غلظت و ترکیب الکترولیت و زمان فرآیند بر روی شکل نانو ذرات نقره بررسی شده است. برای بررسی نانو ذرات نقره تولیدی از ابزار تشخیصی مانند میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و به خصوص طیف‌سنجی UV-Vis استفاده گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که پارامترهای ذکر شده تأثیر زیادی بر اندازه و میزان نانو ذرات تولیدی دارند. در این مطالعه پیک جذب نانو ذرات نقره در حدود طول موج ۴۱۰-۴۰۵ نانومتر با استفاده از طیف سنجی UV-Vis بدست آمد. علاوه بر این، اندازه ذرات بین ۱۰-۲۰ نانومتر یافت شد. شایان ذکر است که بین غلظت اتیلن گلیکول و اندازه نانو ذرات رابطه معکوس وجود دارد. هنگامی که غلظت اتیلن گلیکول در الکترولیت افزایش می‌یابد، اندازه نانو ذرات کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش زمان واکنش، مورفولوژی و اندازه نانو ذرات یکنواخت‌تر می‌شود.

کلید واژه‌ها : طیف سنجی UV-Vis، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)، نانو ذرات نقره، پلاسمای فشار اتمسفر

۱. مقدمه

نانوتکنولوژی یک زمینه مهم از تحقیقات مدرن است که با طراحی، سنتز و دستکاری ساختارهای ذرات در محدوده تقریباً ۱-۱۰۰ نانومتر سروکار دارد. نانوذرات (NPs) در زمینه‌هایی مانند مراقبت‌های بهداشتی، آرایشی و بهداشتی، غذا و خوراک، بهداشت محیط، مکانیک، اپتیک، علوم زیست پزشکی، صنایع شیمیایی، الکترونیک، صنایع فضایی، انتقال ژن دارو، علم انرژی، الکترونیک نوری، کاتالیزور، ترانزیستورهای تک الکترونی، ساطع کننده های نور، دستگاه های نوری غیرخطی و کاربردهای فوتوالکتروشیمیایی کاربردهای گسترده‌ای دارند [۱-۳].

در این بین، نانوذرات نقره (Ag) به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد خود شامل خواص نوری، الکتریکی و حرارتی، رسانایی الکتریکی بالا و خواص بیولوژیکی به طور فزاینده ای در زمینه های مختلف از جمله پزشکی، غذایی، مراقبت های بهداشتی، مصرف کننده و اهداف صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند. ذرات فلزی در ابعاد نانو منحصر به فرد بوده و به دلیل نسبت سطح به حجم خود می توانند خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را به طور قابل توجهی تغییر دهند. به منظور برآوردن نیاز نانوذرات نقره، روش های مختلفی برای ساخت این نانو ذرات مورد استفاده قرار می گیرد که در این بین روش های فیزیکی و شیمیایی مرسوم بسیار گران و خطرناک می باشند. علاوه بر آن نانوذرات نقره تهیه شده از نظر بیولوژیکی عملکرد، حلالیت و پایداری بالایی را نشان می دهند. در میان چندین روش برای تولید نانوذرات نقره، استفاده از پلاسما در تولید این ذرات، بسیار ساده، سریع، غیر سمی، قابل اعتماد و سبز هستند که می توانند اندازه و مورفولوژی مناسبی را تحت شرایط بهینه تولید کنند [۴-۷].

ساخت نانوذرات با استفاده از پلاسما- مایع در مقایسه با روش الکتروشیمیایی سنتی از مزیت ویژه‌ای برخوردار است. این به این دلیل است که پلاسمای فشار اتمسفر غیر حرارتی بالای الکترولیت ایجاد می شود که بر مشکل جداسازی تولید نانوذرات غلبه می کند. علاوه بر این، تثبیت کننده های سمی و عوامل کاهنده در این فرآیند غیر ضروری هستند و ساخت نانوذرات در طول تابش پلاسما پیوسته می باشد. اگرچه کارهای زیادی در زمینه تولید نانوذرات با این روش وجود دارد [۸،۹]، اما بسیاری از سؤالات عمده در مورد تأثیر پارامترهای مختلف پلاسما بر رشد نانوذرات بی پاسخ باقی مانده است. از این رو، در این مقاله، ابتدا از پلاسمای فشار اتمسفر آرگون برای ساخت نانوذرات نقره غوطه ور در مایع استفاده شده است. پس از آن، تأثیر پارامترهای مختلف مانند الکترولیت، زمان فرآیند به صورت تجربی بررسی شده و توسط ابزارهای تشخیصی قدرتمندی مانند میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) و به خصوص طیفسنجی UV-Vis مورد بررسی قرار می گیرد.

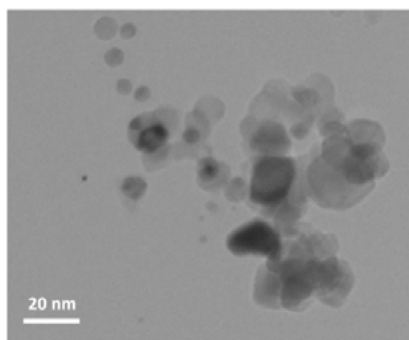
۲. روش تحقیق

چیدمان آزمایشگاهی مورد استفاده برای تولید نانو ذرات نقره در شکل ۱ آورده شده است. در این بررسی از الکتروود پلاتینی در داخل سلول واکنش حاوی الکترولیت متشکل از محلول نیترات نقره (بازه غلظت ۰/۱-۰/۱ mM)، آب دی یونیزه و اتیلن گلیکول (با درصدهای مختلف) قرار داده می شود. نیترات نقره در آب حل شده و یون های نقره و نیترات را تولید می کند.

لوله مویرگی ضدزنگ (کاتد: قطر داخلی ۰/۵ mm، طول ۹ cm) به فاصله ۳ cm از الکتروود داخل آب و ۲-۳ mm از سطح محلول قرار داده می شود. برای تولید پلاسما از جریان گاز آرگون با شارش ۳۰۰ sccm استفاده می گردد. منبع تغذیه مورد استفاده DC با ولتاژ حدود ۲ kV می باشد. زمان تابش دهی پلاسما ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه بوده و درصدهای مورد استفاده آب و اتیلن گلیکول به صورت (۵۰:۵۰) (۷۵:۲۵) و نیترات نقره (۰/۲ mM) انتخاب می شود. برای بررسی ویژگی اپتیکی این نانوذرات از طیف سنجی UV-Vis استفاده می گردد.

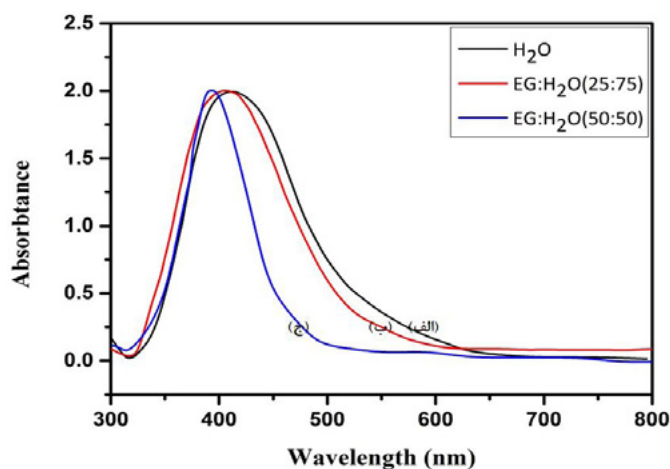
۳. نتایج و بحث

نمونه از تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری مربوط به نانو ذرات نقره در شکل (۲) آورده شده است. همان طور که از تصویر TEM مشخص است که ذرات به طور عمده به شکل کروی بوده و قطر آنها در گستره ۱۰-۲۰ نانومتر می باشد و در برخی از نواحی به صورت انباشته یا پراکنده درکنار هم قرار دارند. علاوه بر آن باتوجه به نمودار توزیع اندازه نانو ذرات نقره تولید شده، میانگین اندازه ذرات در نمونه با استفاده از نرم افزار Image J در حدود ۸ نانومتر می باشد.



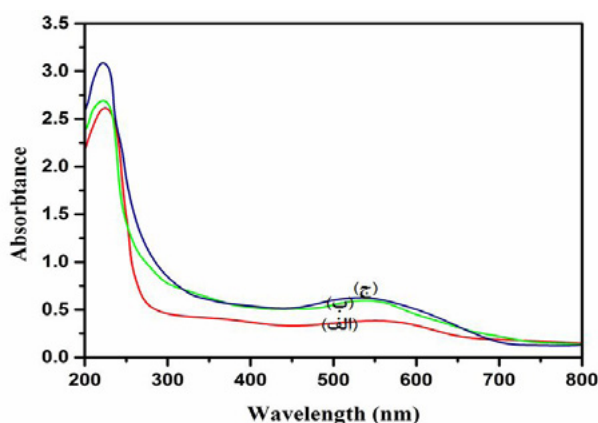
شکل (۲) تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانو ذرات نقره ساخته شده با استفاده از پلاسما در آب دی یونیزه و شامل نیترات نقره.

شکل (۳) طیف جذبی کلونیدهای نقره با غلظت‌های الکترولیت مختلف را نشان می‌دهد. ۲ mM / نیترات نقره به ۲۰ mL محلول شامل آب و اتیلن گلیکول با نسبت‌های حجمی متفاوت اضافه و داخل آن حل می‌شود. طیف‌های جذبی بدست آمده در شکل (۳) ناشی از نسبت‌های حجمی آب/ اتیلن گلیکول به صورت آب دی‌یونیزه: اتیلن گلیکول (۷۵:۲۵) و آب دی یونیزه: اتیلن گلیکول (۵۰:۵۰) می‌باشد. چنانچه درصد اتیلن گلیکول در الکترولیت افزایش می‌یابد، موقعیت پیک تغییر کرده و به سمت طول موج‌های آبی می‌رود (یعنی از ۴۱۵ نانومتر تا ۳۹۰ نانومتر با افزایش مقدار اتیلن گلیکول در الکترولیت). این پاسخ با تئوری کلاسیک می‌کاملاً سازگار است و ذرات کوچکتر قله جذبی شیفت یافته به سمت طول موج‌های آبی را نشان می‌دهند و نشان می‌دهد که با افزایش درصد حجمی اتیلن گلیکول اندازه ذرات نیز کاهش می‌یابد. شدت پیک نیز با تغییر درصد حجمی محتویات الکترولیت (آب و اتیلن گلیکول) تغییر محسوسی نمی‌کند که نشان دهنده عدم تغییر میزان نانو ذرات در محلول است. علاوه بر این، پیک‌های جذبی باریک تر می‌شود.



شکل (۳): طیف جذبی کلونیدهای نقره با غلظت‌های الکترولیت مختلف. ۲ mM / نیترات نقره به ۲۰ mL محلول شامل آب و اتیلن گلیکول با نسبت‌های حجمی متفاوت (الف) آب دیونیزه (ب) آب و اتیلن گلیکول (۷۵/۲۵) (ج) آب و اتیلن گلیکول (۵۰/۵۰).

شکل (۴) طیف جذبی اپتیکی نانو ذرات کلونیدی را به صورت تابعی از زمان پرتودهی پلاسما نشان می‌دهد. در این حالت نیز مانند قبل طیف دارای دو قله در موقعیت‌های ۲۲۵ nm و حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ نانومتر می‌باشد که با گذشت زمان به دلیل افزایش مقدار ذرات در محلول، شدت پیک افزایش می‌یابد.



شکل (۴) طیف جذبی اپتیکی نانو ذرات کلونیدی به صورت تابعی از زمان پرتو دهی پلاسما (الف) ۱۰ دقیقه، (ب) ۲۰ دقیقه و (ج) ۳۰ دقیقه.

در طیف نانو ذرات تولیدی بعد از ۳۰ دقیقه پرتو دهی پلاسما قله طیف علاوه بر افزایش که نشان دهنده افزایش ذرات است، شیف آب را نشان می‌دهد که نشان دهنده کاهش اندازه ذرات است.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله پارامترهای موثر مختلف در ساخت نانو ذرات نقره تولیدی با استفاده از پلاسما مانند ترکیب محلول و زمان فرآیند مورد بررسی قرار گرفت. بررسی این تاثیر این پارامترها با استفاده از طیف سنجی جذبی UV-Vis و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) صورت پذیرفت. علاوه بر آن در این کار از ابزار جدیدی برای ساخت نانو مواد با دقت و سرعت لازم معرفی گردید. پلاسما با داشتن خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد با توجه به نسبت سطح به حجم بالا، می‌تواند یکی از دلایل اصلی بازدهی مناسب این روش در تولید نانو مواد باشد.

منابع

- [1] Sau, Tapan K., and Andrey L. Rogach, Nonspherical noble metal nanoparticles: colloid-chemical synthesis and morphology control. *Advanced Materials*. 22.16, 1781-1804 (2010).
- [2] Sajanalal, P.R., Sreeprasad, T.S., Samal, A.K. and Pradeep, T., Anisotropic nanomaterials: structure, growth, assembly, and functions. *Nano reviews* 2.1, 5883 (2011).
- [3] Rycenga, Matthew, Claire M. Cobley, Jie Zeng, Weiyang Li, Christine H. Moran, Qiang Zhang, Dong Qin, and Younan Xia, Controlling the synthesis and assembly of silver nanostructures for plasmonic applications. *Chemical reviews*. 111.6, 3669-3712 (2011).
- [4] Anderson, D. J., and M. Moskovits, A SERS-active system based on silver nanoparticles tethered to a deposited silver film. *The Journal of Physical Chemistry B*. 110.28 13722-13727 (2006).
- [5] Cong, Huan, Clinton F. Becker, Sean J. Elliott, Mark W. Grinstaff, and John A. Porco Jr, Silver nanoparticle-catalyzed Diels- Alder cycloadditions of 2'-hydroxychalcones. *Journal of the American Chemical Society*. 132.21, 7514-7518 (2010).

- [6] Skrabalak SE, Au L, Li X, & Xia Y, Facile synthesis of Ag nanocubes and Au nanocages. Nature protocols. 2.9 2182-2190 (2007).
- [7] Fang, Jixiang, Hongjun You, Peng Kong, Yan Yi, Xiaoping Song, and Bingjun Ding., Dendritic silver nanostructure growth and evolution in replacement reaction." Crystal growth & design. 7.5, 864-867 (2007).
- [8] Lin, Liangliang, and Qi Wang, Microplasma: a new generation of technology for functional nanomaterial synthesis. Plasma Chemistry and Plasma Processing. 35, 925-962 (2015).
- [9] Saleem, Muhammad Taimoor, Shazia Bashir, and Muhammad Bashir, Microplasma assisted synthesis of silver nanoparticles capped with PVA, PVP and Sucrose. Nano Express. 2. 2, 020026 (2021)

The use of UV-Vis spectroscopy in characterizing the production of silver nanoparticles synthesized by using atmospheric pressure DC plasma.

Elnaz Khalilzadeh, Zohreh Dehghani*, Zahra Rafiei

¹Plasma Physics and Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran

²Nuclear Fuel Cycle School, Nuclear Science and Technology Research Institute, 14399-51113, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: zdehghani@aeoi.org.ir

Presenter's E-mail: zdehghani@aeoi.org.ir

Abstract (Times New Roman 12pt in Bold)

In this paper, atmospheric pressure plasma was used for the synthesis of liquid-immersed silver (Ag) nanoparticles. Here we investigate the influence of different parameters such as the electrolyte and the process time on the synthesis of Ag nanoparticles. The products are analyzed by transmission electron microscopy (TEM), and especially UV-Vis spectroscopy. The results obtained show that the parameters mentioned have a major impact on the size and quantity of the nanoparticles produced. In this study, the absorption peak of Ag nanoparticles is at a wavelength of about 405-410 nm. In addition, the particle size is between 10 and 20 nm. It is worth noting that there is an inverse relationship between the ethylene glycol concentration and the nanoparticle size. As the concentration of ethylene glycol in the electrolyte increases, the size of the nanoparticles decreases. In addition, the morphology and size of the nanoparticles are expected to become more uniform as the reaction time increases.

Keywords: UV-Vis Spectroscopy, Transmission electron microscopy (TEM), Silver nanoparticles, Atmospheric pressure plasma

استفاده از دستگاه تشخیصی قدرتمند Raman در مشخصه‌یابی نانو ذرات سیلیکونی ساخته شده با استفاده از پلاسما

الناز خلیل زاده^۱، زهره دهقانی^{۱*}، زهرا رفیعی^۲

^۱سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، تهران، ایران

^۲سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده چرخه سوخت، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: zdehghani@aeoi.org.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: zdehghani@aeoi.org.ir

چکیده

این مقاله به بررسی ویژگی‌های ساختاری نانو ذرات سیلیکونی ساخته شده با استفاده از پلاسما در فشار اتمسفر توسط دستگاه‌های آنالیزی مانند میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و طیف سنجی رامان (Raman) می‌پردازد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که پلاسما به دلیل ویژگی منحصر به فرد و کنترل پذیری بالا قادر به تولید نانو ذرات سیلیکونی در ابعاد حدود ۴ nm است. تولید نانو ذرات سیلیکونی به صورت بلوری تنها در نرخ شارش‌های بالای گاز ورودی به پلاسما که منجر به شارش و پخش بیشتر پلاسمای آرگون می‌شود، امکان پذیر است. در شارش‌های پایین، تخلیه پلاسمایی به صورت فیلمانی رخ می‌دهد که نتیجه آن گرم شدن ذرات به صورت موضعی و تولید نانو ذرات به صورت آمورف است.

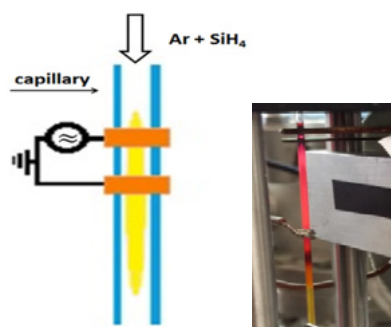
کلید واژه‌ها: میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) و طیف سنجی رامان (Raman) نانو ذرات سیلیکونی، پلاسمای فشار اتمسفر

۱. مقدمه

از آنجایی که پلاسما به صورت ترکیبی از گونه‌های پرانرژی مثل الکترون‌ها، یون‌ها، اتم‌ها، ذرات باردار و مولکول‌های برانگیخته یافت می‌شود، به واسطه انجام واکنش‌های شیمیایی کاربردهای بسیاری که با روش‌های معمول به سختی قابل انجام است، را داراست. از جمله مهمترین این کاربردها می‌توان به ریخته‌گری متان، تبدیل دی اکسید کربن، پوشش سطحی سطوح پلیمری، کاربردهای پزشکی، و ساخت مواد اشاره کرد [۱-۴]. از میان این کاربردها، روش پلاسمایی در بسیاری از زمینه‌های تولید ازن، اصلاح سطوح مواد، تمیزکاری آب و هوا و امکانات پزشکی تا کنون به صورت تجاری و صنعتی درآورده شده است که سودهای اقتصادی فراوان و اثرات انرژی امیدبخشی را نشان داده است. یکی از کاربردهای پلاسما که تا به امروز به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته است، ساخت نانو مواد برای کاربردهای مختلف است که به طور گسترده از روش‌های غیر پلاسمایی مثل لایه نشانی بخار شیمیایی، سولوترمال و هیدروترمال، سل‌ژل و کندگی لیزری انجام شده است [۵-۷]. اگرچه، با انتخاب درست مواد و کنترل این روش‌ها، محصولاتی با کیفیت خوب می‌تواند بدست آید اما به علت زمان واکنش طولانی در این روش‌ها، کنترل توزیع اندازه ذرات مشکل می‌باشد. علاوه بر آن، فعالیت‌های انجام شده بر روی مواد مثل شستشو یا حرارت دهی، برای حذف ناخالصی شیمیایی محصولات یا بلوری کردن آن‌ها نیز همیشه مورد نیاز است که نتیجه آن مراحل پیچیده‌ای است که با صرف انرژی و زمان همراه می‌باشد و کاربردهای صنعتی آن‌ها را نیز محدود می‌سازد [۸،۹]. از میان نانو ذرات مختلف دی اکسید سیلیکون به عنوان یکی از مواد اصلی و مهم در ساخت آی سی‌ها و مدارات مجتمع مطرح می‌باشد. این ماده بعنوان یک فیلم نازک در اکسید گیت ترانزیستورها مورد استفاده قرار می‌گیرد و همینطور بعنوان پوشش محافظ و نیز جهت غیر فعال سازی سطح بکار برده می‌شود. در این مقاله به توصیف فرآیند ساخت نانو ذرات بلوری سیلیکونی با استفاده از پلاسما فشار اتمسفر با منبع موج رادیویی می‌پردازد. ویژگی‌های نانو ذرات سیلیکونی در این بررسی با استفاده از طیف سنجی رامان مورد بررسی قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

در این سیستم که در فشار اتمسفر از منبع تغذیه RF با اعمال ولتاژ بین $1/3 - 3/1$ kV استفاده شده است. دو الکتروود منبع برای تولید پلاسما شامل ورقه‌های مسی به ضخامت حدود ۱ mm با سوراخ‌هایی با قطر ۱/۲ mm می‌باشند که در فاصله ۱ mm از یکدیگر قرار گرفته‌اند. جریان گاز کل آرگون و سیلان مورد استفاده در زمان کار، بین ۱۱۰۰ sccm تا ۲۱۴۷ sccm متغیر است. ولتاژ مورد نیاز برای شروع تخلیه الکتریکی بین دو الکتروود ذکر شده، تابعی از فاصله بین دو الکتروود و فشار گاز است. استوانه کوآرتزی مورد استفاده که در آن نانو ذرات سیلیکونی تولید می‌شود دارای قطر داخلی ۷ mm بود است. در شکل (۱) تصویر شماتیکی از ساختار محفظه تولید نانو ذرات آورده شده است.

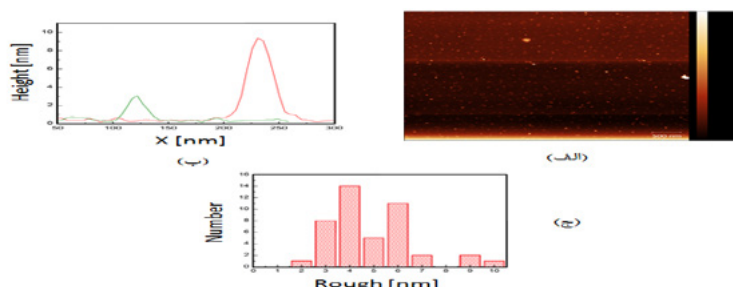


شکل ۱: تصویر شماتیکی از ساختار محفظه تولید نانو ذرات سیلیکونی

تیوپ شیشه‌ای که نانو ذرات در پلاسما در آن تولید می‌شود، یک قطعه کوتاه از لوله ویتون را به یک لوله فلزی با قطر ۱ mm متصل می‌کند که در نهایت به یک بطری شیشه‌ای می‌رسد. ویال نمونه داخل نگهدارنده آماده‌ای، پیچ می‌شود که به خوبی محکم شده و اجازه جدا کردن آسان ویال شیشه‌ای از آن را فراهم می‌کند. نانو ذرات را می‌توان بر روی زیر لایه که در انتهای ویال‌ها قرار داده می‌شود و یا به طور مستقیم در اتانول، جمع‌آوری کرد.

۳. نتایج و بحث

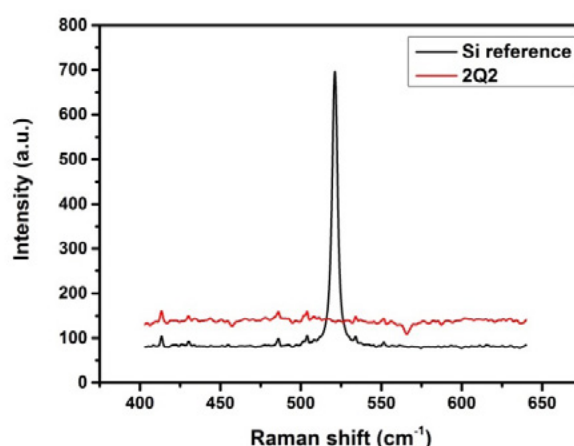
شکل (۲) تصویر و مشخصات تصویر میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) یک نمونه از نانو ذرات تولیدی با پلاسما فشار اتمسفر محلول در اتانول و با ولتاژ اعمالی $1/6 \text{ kV}_{pp}$ را نشان می‌دهد. همان طور که می‌توان دید، نانو ذرات دارای اندازه‌های مختلفی هستند. شکل پروفایل‌های ذرات 3 nm و 9 nm به وضوح نشان می‌دهد که ذرات با اندازه مختلف ذرات جدایی هستند که بر روی یکدیگر قرار نگرفته‌اند. از آنجایی که AFM بازه اندازه‌گیری بزرگی از نمونه را پوشش می‌دهد، ممکن است چندین نانو ذره را اندازه‌گیری کند. این در حالی است که در شکل نانو ذرات از 3 nm تا 9 nm می‌توانند مشاهده شوند و نانو ذرات 2 nm یا 10 nm نیز به صورت رندوم در طیف ظاهر می‌شوند. بیشترین اندازه ذره معمول، 4 nm است.



شکل (۲)- تصویر و مشخصات تصویر میکروسکوپ نیروی اتمی یک نمونه از نانو ذرات تولیدی با پلاسما فشار اتمسفر محلول در اتانول و با ولتاژ اعمالی $1/6 \text{ kV}_{pp}$.

اندازه کوچک ذرات می‌تواند باعث به هم چسبندگی ذرات گردد. چنانچه می‌دانید، با کاهش اندازه ذرات، نسبت سطح به حجم به ویژه برای ذرات کوچکتر از 5 nm به شدت افزایش می‌یابد. این نا نودرات که بعد از تولید به طور مستقیم هیچ بی‌اثر سازی سطحی را تجربه نکرده‌اند، براساس انرژی سطحیشان به یکدیگر می‌چسبند. همانطور که در بالا ذکر شد، ماکزیمم اندازه ذرات در این کار حدود 4 nm است که دارای انرژی سطحی بسیار بالا می‌باشند و از این رو گرایش به تراکم و به هم چسبندگی دارند.

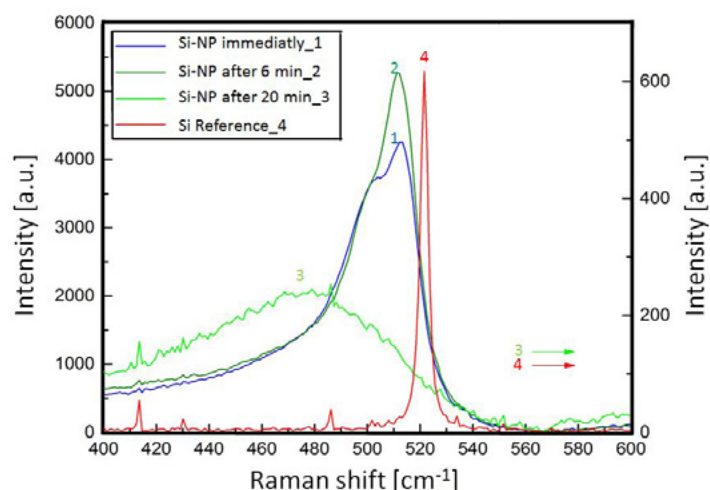
شکل (۳) طیف رامان پلاسما فشار اتمسفر در شارش پایین گاز و حدود 1100 sccm با مخلوط سیلان $5/5 \text{ ppm}$ و ولتاژ اعمالی $2/4 \text{ kV}_{pp}$ را نشان می‌دهد (نمونه 2Q2) را نشان می‌دهد.



شکل ۳: طیف رامان پلاسما فشار اتمسفر در شارش پایین گاز و حدود 1100 sccm با مخلوط سیلان $5/5 \text{ ppm}$ و ولتاژ اعمالی $2/4 \text{ kV}_{pp}$

همانطور که در شکل (۳) دیده می‌شود نانوذرات سیلیکونی تحت شرایط گفته شده به صورت آمورف تولید می‌شوند. در شارش گاز پایین، تخلیه پلاسمایی به صورت فیلمانی رخ می‌دهد که نتیجه آن گرم شدن ذرات به صورت محلی و تولید نانو ذرات به صورت آمورف است.

در مرحله بعد شارش گاز افزایش پیدا کرد. شکل (۴) طیف رامان ذرات تولیدی سیلیکونی را در شارش کلی ۲۱۴۷ sccm گاز آرگون همراه با مخلوط سیلان ۶/۵ppm و ولتاژ اعمالی ۲/۵ kVpp نشان می‌دهد. در این حالت طول کلی پلاسما تشکیلی بین دو الکتروود منبع RF، حدود ۲۷ mm است. زمان اقامت ذرات سیلیکونی در پلاسما در این حالت حدود 10^{-6} s ۲/۹ قبل است. در این مورد، نمونه بلافاصله بعد از تولید درون ویال با گاز آرگون پر شده و به وسیله اسپکتروسکوپی رامان آنالیز می‌شود. چنانچه دیده می‌شود طیف با وجود شیفت و نامتقارن بودن، وجود ذرات نانو کریستالی را نشان می‌دهد. قله پیک در حدود ۵۰۲ nm است. در شروع اندازه‌گیری رامان، قله رامان در حدود ۵۱۳ nm است و قله دوم در ۵۰۲ nm ظاهر شد. حدود ۶ دقیقه بعد از اندازه‌گیری اول، اندازه‌گیری دوم در نقطه مشابه که نخستین قله در آن در حدود ۵۱۲ nm بود، انجام گرفت. بعد از حدود ۲۰ دقیقه، در تمام سطح نمونه نانو ذرات آمورف مشاهده شد. نمونه آمورف، شدتی از مرتبه بزرگی کمتر از سیگنالی که نخست به صورت کریستالی ظاهر شد. این نتیجه پیشنهاد می‌کند که به رغم استفاده از فیلتر طبیعی که شدت لیزر را تا ۱۰۲ میرا می‌کند، با این وجود به طور قابل توجهی بالاتر از شروع اندازه‌گیری است. بنابراین بعد از ۲۰ دقیقه باعث گرم شدن نانو ذرات و تغییر فرم آن‌ها می‌شود و میتواند دلیل تبدیل نانوذرات کریستالی به آمورف باشد.



شکل ۴: طیف رامان نانو ذرات سیلیکونی توسط پلاسمای RF با ولتاژ اعمالی ۲/۵ کیلو ولت.

یکی دیگر از دلایل، اکسیداسیون سطحی ذرات با گذشت زمان است. بنابراین با افزایش اکسیداسیون سطحی، نقص در نانو کریستال به طور افزایشی رخ می‌دهد که ذرات را به صورت آمورف درمی‌آورد. برای توضیح این واکنش سطحی که منجر به نقص در سر تاسر نانو کریستال‌ها می‌شود می‌توان به اندازه بسیار کوچک ذرات اشاره کرد که به خاطر نسبت سطح به حجم بزرگ این ذرات و واکنش روی سطح آن‌ها، این واکنش می‌تواند اثر اصلی بر روی هسته نانو ذرات داشته باشد.

۴. نتیجه‌گیری ۲

این مقاله به توصیف فرآیند ساخت نانو ذرات بلوری سیلیکونی با استفاده از پلاسما فشار اتمسفر با منبع موج رادیویی می‌پردازد. ویژگی‌های نانو ذرات سیلیکونی در این بررسی با استفاده از طیف سنجی رامان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تولید نانو ذرات سیلیکونی به صورت بلوری تنها در نرخ شارش بالای گاز که منجر به شارش و پخش پلاسمای آرگون می‌شود، امکان پذیر است. در شارش گاز پایین، تخلیه پلاسمایی به صورت فیلمانی رخ می‌دهد که نتیجه آن گرم شدن ذرات به صورت محلی و تولید نانو ذرات به صورت آمورف است. نانو ذرات بلوری تولیدی به این روش دارای اندازه‌ای کوچکتر از ۴ nm هستند که همین اندازه کوچک باعث اکسید شدن و بهم چسبندگی سریع آن‌ها می‌شود.

منابع

- [1] Ostrikov, K. and S. Xu, Plasma-aided nanofabrication: from plasma sources to nanoassembly. 2007: John Wiley & Sons.
- [2] Wang, Q., Y. Cheng, and Y. Jin, Dry reforming of methane in an atmospheric pressure plasma fluidized

bed with Ni/ γ -Al₂O₃ catalyst. *Catalysis Today*, 2009. ۱۴۸(3-4): p. 275-282.

[3] Ihara, T., M. Kiboku, and Y. Iriyama, Plasma reduction of CO₂ with H₂O for the formation of organic compounds. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 1994. ۶۷(1): p. 312-314.

[4] Lu, W., et al., Plasma-Assisted Synthesis of Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC) Using a Gas-Solid Contacting Process. *Plasma Processes and Polymers*, 2011. ۸(2): p. 94-99.

[5] Tang, K.B., et al., Solvothermal route to semiconductor nanowires. *Advanced Materials*, 2003. ۱۵(5): p. 448-450.

[6] Reda, S., Synthesis of ZnO and Fe₂O₃ nanoparticles by sol-gel method and their application in dye-sensitized solar cells. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 2010. ۱۳(5-6): p. 417-425.

[7] Amans, D., et al., Synthesis of oxide nanoparticles by pulsed laser ablation in liquids containing a complexing molecule: impact on size distributions and prepared phases. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2011. ۱۱۵(12): p. 5131-5139.

[8] Shimada, M., W.N. Wang, and K. Okuyama, Synthesis of Gallium Nitride Nanoparticles by Microwave Plasma-Enhanced CVD. *Chemical Vapor Deposition*, 2010. ۱۶(4-6): p. 151-156.

[9] Hahn, A., S. Barcikowski, and B.N. Chichkov, Influences on nanoparticle production during pulsed laser ablation. *Pulse*, 2008. ۴۰(45): p. 50

Using a powerful Raman diagnostic device in the characterization of silicon nanoparticles synthesized by using plasma

Elnaz Khalilzadeh, Zohreh Dehghani*, Zahra Rafiei

¹Plasma Physics and Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Tehran, Iran

²Nuclear Fuel Cycle School, Nuclear Science and Technology Research Institute, 14399-51113, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: zdehghani@aeoi.org.ir

Presenter's E-mail: zdehghani@aeoi.org.ir

Abstract

This article examines the structural characteristics of silicon nanoparticles made using plasma at atmospheric pressure by analytical tools such as Atomic Force Microscope (AFM) and Raman spectroscopy. The results of investigations show that plasma is able to produce silicon nanoparticles with dimensions of about 4 nm due to its unique characteristics and high controllability. The production of crystalline silicon nanoparticles is only possible at high flow rates of gas entering the plasma, which leads to more flow and diffusion of argon plasma. At low flows, plasma discharge occurs in the form of a film, which results in local heating of the particles and the production of amorphous nanoparticles.

Keywords: Atomic Force Microscope, Raman spectroscopy, Si nanoparticles, atmospheric pressure plasma

طراحی و ساخت دستگاه میدان مغناطیسی ایستا قابل حمل و قابل استفاده در انکوباتور کشت سلول

محمد ستاری^۱، پرویز عبدالملکی^۲، سامان حسینخانی^۳

گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر ایران ۱-

گروه بیوفیزیک دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس، تهران ایران ۲-

۳-روه بیوشیمی دانشکده علوم زیستی دانشگاه تربیت مدرس، تهران ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: m.satari66@yahoo.com

ایمیل ارائه‌دهنده: m.satari66@yahoo.com

چکیده

با گسترش روز افزون ارتباطات و تجهیزات ارتباط جمعی و سایر دستگاه‌هایی که با میدان‌های مغناطیسی در ارتباط هستند نگرانی اثرات زیانبار این امواج و میدان‌ها بر سلامت انسان روبه فزونی است. بر همین اساس بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس و میدان‌های مغناطیس بر سیستم زنده از جمله انسان گریز ناپذیر است. یکی از راه‌های بررسی اثرات میدان‌های مغناطیسی بر سلول‌های انسانی و هر گونه سلول قابل کشت از جمله باکتری‌ها در محیط بیرون تن (In vitro) قرار دادن این سلول‌ها در میدان مغناطیسی می‌باشد. سلول‌ها در محیط کشت خارج از انکوباتور توانایی ادامه حیات ندارند و با قرار دادن سلول‌ها در دستگاه اعمال میدان مغناطیسی دچار مرگ سلولی میشوند. راه حل این مشکل طراحی میدان مغناطیسی مجهز به دستگاه انکوباتور می‌باشد که شرایط حداقلی برای رشد سلول‌ها از جمله رطوبت، دی اکسید کربن ۵٪ و دمای ۳۷ درجه سانتیگراد را داشته باشد. این راه حل هم دارای معظلاتی از جمله هزینه بالای ساخت دستگاه، یکسان نبودن شرایط سلول‌های تحت تیمار با سلول‌های گروه کنترل، عدم پایداری شرایط و غیر قابل کنترل بودن شرایط کشت سلول است. برای حل مشکلات و معضلات گفته شده، یک میدان مغناطیسی قابل حمل، قابل اتوکلاو و استریل کردن و قابل استفاده و قرار دادن در انکوباتور کشت سلولی طراحی و ساخته شد. این میدان مغناطیسی از دو صفحه آهنربایی رو به روی هم تشکیل شده که محل قرار گیری نمونه بین این دو صفحه قرار گرفته است. هم محل قرار گیری نمونه و هم فاصله دو صفحه از هم قابل تنظیم می‌باشد و با تغییر این فواصل شدت میدان مغناطیسی در محل قرار گیری نمونه تغییر میکند. زیست سازگاری دستگاه ساخته شده به وسیله روش MTT سنجیده شد. نتایج به دست آمده از تست MTT نشان داد که دستگاه اعمال میدان زیست سازگار است و مرگ سلولی ایجاد شده در شدت‌های بالاتر میدان مربوط اثرات زیستی میدان مغناطیسی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: میدان مغناطیسی ایستا، دستگاه میدان مغناطیسی، طراحی و ساخت دستگاه میدان مغناطیسی، تست MTT

۱. مقدمه

امروزه به دلیل پیشرفت تکنولوژی و نیاز به ارتباطات سریعتر استفاده از امواج الکترومغناطیسی، گسترش یافته است و از هر فرکانس موجود در طیف الکترومغناطیسی استفاده می‌شود. اکثر تکنولوژی‌های بدون سیم شامل انواع امواج رادیویی MA و MF، تلفن‌های همراه، رادار، سیستم‌های میکروویو و ایستگاه پخش تلویزیونی، سیستم میکروویو و ایستگاه پخش امواج تلویزیونی، در حال انتشار امواج الکترومغناطیس هستند. امواج الکترومغناطیسی گستره وسیعی دارند و امواج با طول موج کوتاه و انرژی زیاد مثل امواج گاما و ایکس تا امواج با طول موج بلند و انرژی کم از قبیل امواج رادیویی را شامل می‌شوند. از طرفی سال‌ها است که در وسایل ارتباط جمعی همچون ضبط صوت، تلویزیون، رایانه، تلفن، بلندگو و حتی در خودروهای امروزی و دستگاه‌های تشخیص پزشکی از آهنرباها و یا میدان‌های مغناطیسی استفاده می‌شود. در پزشکی از میدان‌های مغناطیسی و امواج الکترومغناطیسی در زمینه‌های مختلف تشخیصی و درمانی استفاده می‌گردد (۲،۱).

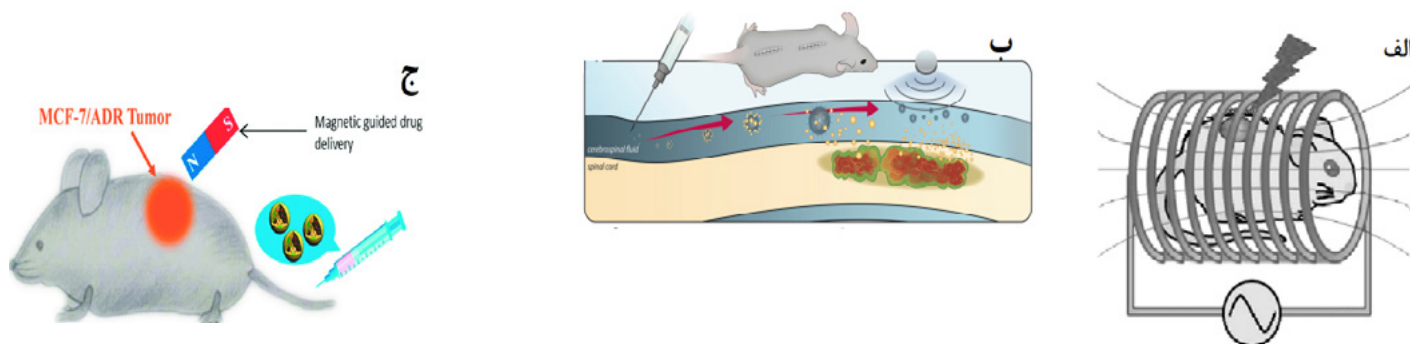
طیف الکترومغناطیسی شامل مجموعه‌ای از امواج الکترومغناطیسی مانند فرکانس کم (FLE)، فرکانس بسیار کم (FLV)، فرکانس رادیویی (FR)، مایکروویو، نور مادون قرمز (RI) نور مرئی، نور ماورا بنفش (VU)، اشعه ایکس و اشعه گاما می‌باشد از نظر فیزیکی امواج الکترومغناطیس از یک مولفه مغناطیسی و یک مولفه الکتریکی به صورت‌های میدان‌های عمود بر هم تشکیل شده است. امواج الکترومغناطیسی با پارامترهایی مانند فرکانس (f)، طول موج (λ) و قدرت میدان الکتریکی / مغناطیسی... مشخص می‌شوند (۳). «فرکانس» تعداد چرخه‌های کامل در ثانیه را توصیف می‌کند و هرتز (هرتز) واحد مشترک اندازه‌گیری است، در حالی که اصطلاح «طول موج» فاصله یک قله تا قله بعدی یا فاصله یک دره تا دره بعدی موج را توصیف می‌کند. همبستگی منفی بین طول موج و فرکانس وجود دارد: هرچه فرکانس بالاتر باشد، طول موج کوتاهتر است. هنگامی که یک بار الکتریکی، مثبت یا منفی وجود دارد، یک میدان الکتریکی تولید می‌شود، در حالی که هر بار الکتریکی متحرک یک میدان مغناطیسی تولید می‌کند. میدان الکتریکی (FE) محدوده‌ای از فضا است که در آن به ذره‌ی باردار نیرو وارد می‌شود. میدان الکتریکی ناشی از یک جریان الکتریکی است که این جریان می‌تواند به صورت مستقیم (CD) یا متغیر (CA) باشد. واحد جریان الکتریکی آمپر (A) است. اختلاف پتانسیل الکتریکی در یکای ولت محاسبه می‌گردد. دانسیته‌ی خطوط مغناطیسی (شدت میدان مغناطیسی) در واحد گوس (G) یا تسلا (T) اندازه‌گیری می‌شود که هر تسلا ۱۰۰۰۰ گوس می‌باشد (۴). قدرت نفوذ میدان مغناطیسی بیشتر است و برخلاف میدان الکتریکی از دیوارها و اجسام عبور می‌کند (۵).

افزایش میدان‌های الکترومغناطیسی ساخته شده توسط انسان تأثیر غیرقابل کنترل بر آلودگی بیولوژیکی، محیط زیست گذاشته است که این تأثیرات منفی با سرعت بالایی رو به گسترش است. الکترومغناطیس نوعی انرژی است که از خورشید نیز ساطع می‌شود و به شکل موج منقل می‌شود (۶). بخشی از امواج الکترومغناطیس که انرژی لازم جهت تأثیر بر سطح اتمی و خارج کردن الکترون از تقید هسته را دارد تابش یونیزان می‌نامند. بخشی از امواج الکترومغناطیس که انرژی لازم جهت تأثیر بر سطوح اتمی و کندن الکترون از اتم و مولکول را ندارد تابش غیر یونیزان نام دارد (۷). میدان‌های الکترومغناطیسی (sFME) با توجه به فرکانس به سه دسته: فرکانس خیلی پایین (FLE) امواج با فرکانس از ۰ تا ۳۰۰ هرتز (۸)، فرکانس بالا و امواج میکروویو (از ۳۰۰ مگا هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز) تقسیم می‌شوند (۹). امواج غیر یونیزان طول موج بالای ۱۰۰ نانومتر دارند انرژی این امواج کمتر از ۴/۲۱ الکترون ولت است و بسامد آن‌ها تا ۵۱۰۱ هرتز (ZH) می‌باشد (۲). امواج غیر یونیزان گستره وسیعی از نظر فرکانس دارند و از ۳ هرتز تا ۳۰۰ گیگا هرتز را شامل می‌شوند تابش غیر یونیزه توانایی نفوذ به بدن انسان و جذب و اثرات بعدی سلامتی را دارد (۱۰). هنگامی که امواج الکترومغناطیس به بدن انسان وارد می‌شود یک میدان تابشی حاصل می‌شود، به دلیل خواص الکتریکی بدن، میدان تغییر می‌کند. این تغییر به دلیل متفاوت بودن خصوصیات بدن انسان از محیط اصلی انتقال است. سطح بدن مقداری از انرژی امواج را منعکس می‌کند، در حالی که مقداری از انرژی امواج بافت‌های سطح نفوذ می‌کنند و معمولاً باعث تولید گرما در سطح می‌شوند. بدن انسان را می‌توان بصورت سه لایه با ضخامت معادل ۵۳/۰ سانتی متر برای پوست، ۱/۴۱ سانتی متر برای چربی و یک لایه برای عضلات تجسم کرد. از آنجا که فرکانس امواج تابیده شده متفاوت است، درصد انرژی جذب شده همچنین توزیع در بافت‌های مختلف متغیر است. مایکروویو تا عمقی تقریباً برابر با یک دهم طول موج نفوذ می‌کند. بنابراین، امواج میلی متری در پوست جذب می‌شوند، در حالی که امواج دسی متری تا عمق ۵-۱۰ سانتی متر نفوذ می‌کنند. عمیق ترین نفوذ در ۹/۰ گیگاهرتز رخ می‌دهد، در حالی که حداقل نفوذ بالاتر از ۹ گیگاهرتز است (۱۱).

مطالعات زیادی در باره اثرات میدان‌های مغناطیسی و امواج الکترومغناطیسی بر سیستم‌های زیستی صورت گرفته است

(۵۱-۲۱). اثرات امواج غیر یونیزان در فرکانس ها و طول موج های مختلف با هم متفاوت است یعنی اثرات بیولوژیک این امواج وابسته به نوع و شدت امواج الکترومغناطیس تاییده شده است. برای مثال برخلاف فرکانس های رادیویی، در فرکانس های بسیار کم، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی به طور مستقل پخش می‌شوند و محافظت از میدان الکتریکی بسیار ساده تر از میدان مغناطیسی است بنابراین بسیاری از مطالعات در مورد اثرات امواج الکترومغناطیسی توجه آنها را به اثرات زیستی ناشی از FME معطوف کرده است لازم به ذکر است که است که سطح نفوذ میدان مغناطیسی در بافتهای بیولوژیکی در فرکانسهای پایین تر بیشتر است (۵،۱۰). FME ها با فرکانس های بسیار کم (FLV) یا فرکانس های به شدت کم (FLE) هدف تلاش های تحقیقاتی قابل توجهی برای پرداختن به این سوال بوده اند که آیا می‌توانند باعث بیماری های حاد یا مزمن شوند. چندین مطالعه نشان می‌دهد که FME-FLE به عنوان آغازگر در روند سرطان زایی عمل نمی کند، زیرا انرژی تابش برای شکستن پیوندهای شیمیایی در مولکول های بیولوژیکی آنقدر قوی نیست. با این حال، حدس زده شده است که FME-FLE می‌تواند به عنوان مواد سرطان زا در ارتقا و پیشرفت سرطان نقش داشته باشد (۴،۱۱).

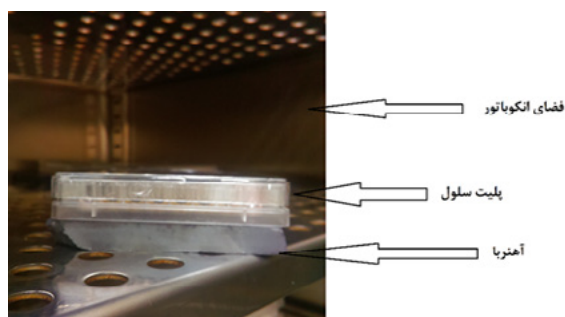
علاوه بر بررسی اثرات زیست میدان ها و امواج الکترومغناطیسی، این امواج و میدان ها کاربرد های درمانی از قبیل گرما درمانی (۶۱) انتقال دارو (۷۱)، انتقال ژن و نوکلئیک اسید (۸۱)، جداسازی سموم از مواد غذایی دارند (۹۱). همه این کاربردها و بررسی ها نیازمند دستگاه اعمال میدان هستند. در انتقال دارو از یک سامانه مغناطیسی که حاوی یک جزء مغناطیسی است استفاده می شود. جزء مغناطیسی معمولا یک نانو ذره مغناطیسی است. نانو ذرات مغناطیسی در میدان مغناطیسی ایستا جذب خطوط میدان متراکم تر می شوند و به خاطر این ویژگی قابلیت هدایت پذیری دارند و از این قابلیت برای انتقال دارو و ژن به بافت هدف استفاده می شود. انتقال ژن به کمک نانو ذرات مغناطیسی و میدان مغناطیسی را مگنتوفکشن می نامند (۱۰۲) که در این روش هم از یک سامانه یا وکتور مغناطیسی به کمک میدان مغناطیسی برای انتقال ژن یا هر نوع نوکلئیک اسیدی به بافت هدف استفاده می شود (۱۲). از میدان مغناطیسی متناوب و دستگاهی که این میدان را تولید می کند می توان در گرما درمانی استفاده کرد. در این روش نانو ذرات مغناطیسی در حضور یک میدان مغناطیسی شروع به نوسان میکنند و این نوسان تولید گرما می کند و گرمای بافت حاوی نانو ذره را افزایش می دهد و باعث مرگ بافت توموری میگردد (۲۲). همان طور که ذکر شد همه این موارد گفته شده نیازمند استفاده از دستگاه اعمال کننده میدان مغناطیسی میباشد. در روش درون تن که نیازمند استفاده از میدان مغناطیسی است به دو روش انجام می شود یا یک آهنربای دائمی به عنوان یک میدان مغناطیسی از بیرون بر موجد زنده اعمال می شود و یا درون بدن موجود زنده از به وسیله جراحی کار گذاشته می شود در روش دیگر موجود زنده در میدان مغناطیسی قرار داده می شود (شکل ۱).



شکل ۱ - روش های مختلف اعمال میدان مغناطیسی در مطالعات *in vivo* الف. موجود زنده درون دستگاه اعمال کننده میدان مغناطیسی (۲۳) ب. ایمپلنت دستگاه اعمال کننده میدان در بدن موش جهت انتقال هدفمن دارو (۲۴) ج. اعمال آهنربا از خارج از بدن به عنوان میدان مغناطیسی برای انتقال هدفمند دارو به بافت هدف (۲۵)

در مطالعات برون تن (*in vitro*) پلیت ها یا فلاسک های کشت سلول درون میدان مغناطیسی قرار داده می شوند و میدان با شدت ها و فرکانس های مشخص بر روی سلول ها اعمال می گردد در روش دیگر سلول ها روی صفحه آهنرباهای دائمی قرار داده می شوند. مهمترین چالش در مطالعات برون تن این است که رده های سلولی خارج از شرایط شرایط استاندارد انکوباتور (دمای ۳۷ درجه سانتی گراد، فشار گاز کربنیک ۵٪ و رطوبت مناسب) نمی توانند زنده بمانند بنابر این برای اعمال میدان مغناطیسی یا باید صفحه آهنربایی درون انکوباتور قرار بگیرد (شکل

۲) و یا دستگاه اعمال میدان مغناطیسی مجهز به انکوباتور ساخته شود (شکل ۳). ساخت دستگاه اعمال میدان مغناطیسی مجهز به انکوباتور هر چند چالش مرگ سلول‌ها را در شرایط خارج از انکوباتور برطرف می‌کند اما این دستگاه معضلاتی و مشکلاتی دارد یکی از مهمترین آنها این است که ساخت و نگه‌داری این دستگاه هزینه بر است. از دیگر معضلات این است که گروه کنترل این نوع تیمار در شرایط بدون میدان مغناطیسی است و بنابراین همزمان با اعمال میدان در این دستگاه‌ها به گروه‌های تیمار، گروه شاهد در انکوباتور مجزا و بدن میدان قرار می‌گیرد که این تفاوت در شرایط دشار است و ممکن است سنسورهای متصل به دستگاه دقیق عمل نکنند. بنابر این ساخت دستگاه اعمال میدان مغناطیسی که قابل حمل باشد و به راحتی در انکوباتور کشت سلول قرار بگیرد با کمترین هزینه ضروری است. هدف از انجام این مطالعه طراحی و ساخت دستگاه اعمال میدان مغناطیسی قابل حمل و قابل استفاده در فضای انکوباتور می‌باشد. دستگاه ساخته شده قابلیت استریل کردن و اتوکلاو کردن به منظور ممانعت از ایجاد آلودگی در محیط انکوباتور را دارد. برای بررسی میزان زیست‌سازگاری و عدم سمیت این دستگاه برای سلول‌ها از روش MTT استفاده شد.



شکل ۲- قرار گرفتن پلیت‌های سلولی بروی صفحه آهنربای دائمی درون انکوباتور



شکل ۳- دو نوع از دستگاه‌های اعمال میدان مغناطیسی ایستا مجهز به انکوباتور که در مطالعات قبلی از آنها استفاده شده است (۱۴،۲۶)

۲. روش تحقیق

۲-۱ طراحی و ساخت دستگاه اعمال میدان مغناطیسی

دستگاه اعمال میدان مغناطیسی ایستا طراحی و ساخته شد. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود این دستگاه شامل دو صفحه آهنربای دائمی هم‌اندازه و هم‌شکل است که هر کدام به دو صفحه‌ی چوبی متصل شده‌اند. صفحات چوبی، به وسیله ۴ پایه‌ی چوبی به هم متصل شده‌اند به طوری که صفحات آهنربایی متصل

به آن‌ها دقیقاً روبه روی هم قرار می‌گیرند. فاصله‌ی بین صفحات قابل تغییر است، یکی از صفحات چوبی ثابت است ولی صفحه‌ی روبه‌روی آن را می‌توان تغییر داد و می‌توان با تغییر فاصله صفحات از هم شدت میدان مغناطیسی ایستای دلخواه را ایجاد نمود. در این دستگاه همچنین جایگاهی برای قراردادن سلول است. این جایگاه به وسیله‌ی دوپایه پلاستیکی به صفحه‌ی چوبی متغیر متصل شده و از آن آویزان است به طوری که این جایگاه بین دو صفحه آهنربایی قرار می‌گیرد. فاصله جایگاه سلولی از صفحه متحرک نیز قابل تنظیم است. شدت میدان مغناطیسی ایجاد شده بین دو صفحه آهنربایی با استفاده از تسلامتر PHYWE Gottingen ساخت آلمان مدل ۱۳۶۱۰-۹۳ بررسی شد. شدت میدان ایجاد شده با نزدیک شدن به هر یک از صفحات بیشتر می‌شود و در مرکز دو صفحه تقریباً ثابت می‌شود. به همین دلیل جایگاه سلولی جوری تنظیم شد که در مرکز دو صفحه باشد که در این حالت میدان مغناطیسی ۲۰ میلی تسلا در این جایگاه ایجاد می‌شود. تمام مواد به کار رفته در این دستگاه میدان مغناطیسی (به استثنا دو صفحه آهنربایی) از چوب و پلاستیک است تا تأثیری روی خطوط میدان مغناطیسی نداشته باشد. اندازه این میدان طوری است که می‌توان آن را استریل کرد و در انکوباتور قرار داد و تأثیر میدان را در شرایط انکوباتور بررسی کرد (شکل ۴).

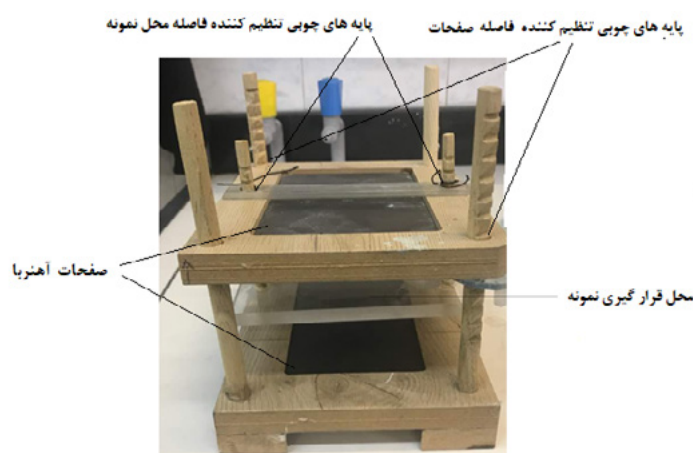
۲-۱ کشت سلول

سلولی سرطان سینه انسانی (MCF-7)، سلول های Hek293T و سلول های SKBR3 از انستیتو پاستور خریداری شدند و در فلاسک کشت سلول T25-SPL حاوی ۵ میلی لیتر محیط کشت D-Mem حاوی ۱۰ درصد سرم جنین گاوی (FBS) و ۱ درصد محلول ضد باکتریایی پنی‌سیلین-استرپتومایسین کشت داده شدند و به انکوباتور دارای دمای ۳۷° C و هوای مرطوب با غلظت ۵ درصد CO2 انتقال داده شدند. سلول ها در این شرایط رشد کردند و زمانی ۷۰ تا ۸۰ درصد کف فلاسک را پر کردند به نسبت های ۱:۲ و ۱:۳ با استفاده از تریپسین ۰/۲۵٪ واکشت شدند.

۲-۲ بررسی میزان زنده مانی

برای ارزیابی سمیت سلولی از آزمایش سنجش MTT استفاده شد. برای این از سلول های فلاسک کشت سلول که به اندازه کافی رشد کرده بودند و به جمعیت مناسبی رسیده بودند تعداد ۱۰۴ سلول در چاهک پلیت های ۹۶ کاشته شدند و به مدت ۲۴ ساعت (۳۷ درجه سانتیگراد، ۵٪ CO2) انکوبه شدند. سپس، محیط کشت روی پلیت ها خارج و با محیط جدید جایگزین شد سپس به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه میدان مغناطیسی ساخته شده که از قبل با الکل ۷۰ درصد و تابش UV استریل شده بود، قرار داده شد و دستگاه میدان مغناطیسی به انکوباتور منتقل شد. برای بررسی اثرات شدت های مختلف میدان مغناطیسی دستگاه بر زنده مانی سلولی، فاصله صفحات آهنربا را تغییر داده و با تسلامتر شدت میدان ایجاد شده اندازه گیری شد و فاصله صفحات به گونه ای تنظیم شد که میدان مغناطیسی ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی تسلا اعمال شود. یک پلیت دیگر در همان شرایط و میزان مشابه جمعیت سلولی به عنوان گروه کنترل اماده شد و در انکوباتور و در فاصله مناسب از دستگاه اعمال میدان قرار داده شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت پلیت ها از انکوباتور خارج و محیط رویی ان ها با ۱۰۰ میکرولیتر نمک ۰/۵ میلی گرم بر میلی لیتر MTT جایگزین شد و به مدت ۴ ساعت دیگر به انکوباتور منتقل شدند اینبار هر دو پلیت بدون اعمال میدان بودند. MTT نمک تترازولیم محلول در آب است. در اثر آنزیم های دهیدروژناز میتوکندریایی که فقط در سلول های زنده فعال می باشند، در حلقه MTT محلول شکستی ایجاد شده و به بلورهای آبی رنگ فورمازان غیر محلول تبدیل می شود؛ بلورهای فورمازان
$$\text{جذب تیمار} \times 100 = \frac{\text{درصد زنده مانی}}{\text{جذب کنترل}}$$
 حلال دی متیل سولفواکساید (DMSO) می باشد. بعد از سپری شدن ۴ ساعت زمان و تشکیل بلورهای فورمازون، محیط کشت حاوی نمک تترازولیم حذف گردید و به هر خانه پلیت ۹۶ خانه، ۱۰۰ میکرولیتر DMSO اضافه شد. بعد از ۱۰ دقیقه انکوبه شدن سلول ها در DMSO جذب سلول ها در دو طول موج ۵۴۰ و ۵۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه Elysa reader مدل BioTek قرائت گردید. سپس میانگین جذب هر یک از گروه ها تیمارشونده بر میانگین جذب گروه شاهد تقسیم گردید و در عدد ۱۰۰ ضرب شد که این عدد درصد زنده مانی هر یک از گروه ها را نسبت به گروه شاهد نشان می دهد. ، بنابراین برای به دست آوردن مرگ سلولی می بایست ابتدا نسبت جذب تیمار مورد نظر به جذب کنترل را به دست آورده و سپس طبق معادله ۱ درصد سلول ها ی زنده به دست می آید اختلاف عدد به دست آمده از معادله ۱ با صد، درصد مرگ سلولی را مشخص می کند.

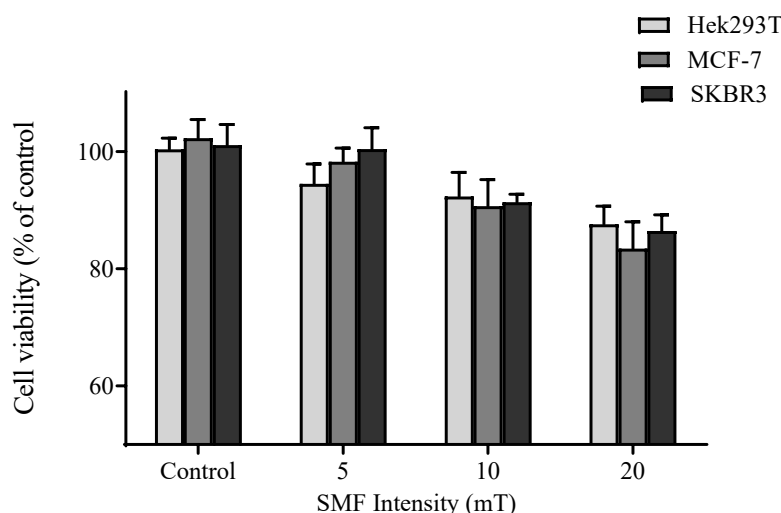
معادله‌ی ۱



شکل ۴- دستگاه اعمال میدان مغناطیسی طراحی شده و قسمت‌های مختلف آن

۳. نتایج و بحث

پس از ساخته شدن دستگاه میدان مغناطیسی به سه روش مختلف استریل شد. با استفاده از الکل ۷۰ درصد، دستگاه UV و با استفاده از اتوکلاو هیچ کدام از این روش‌ها باعث اختلال در دستگاه و عملکرد آن نشد. شدت میدان مغناطیسی ایجاد شده بین دوصفحه آهنربایی با استفاده از تسلامتر PHYWE Gottingen ساخت آلمان مدل ۹۳-۱۳۶۱۰ بررسی شد. شدت میدان ایجاد شده با نزدیک شدن به هر یک از صفحات بیشتر می‌شود و در مرکز دو صفحه تقریباً ثابت می‌شود. با تغییر فاصله صفحات از هم شدت میدان مغناطیسی ایجاد شده در بین صفحات و در محل قرار گیری نمونه از ۵ تا ۲۰ میلی تسلا متغیر بود. برای بررسی زیست سازگاری دستگاه و اینکه دستگاه منجر به شوک و یا اختلال در سلول‌های زنده نمی‌شود از تست MTT استفاده شد. نتایج از حاصل از MTT نشان داد که این دستگاه منجر به از بین رفتن سلول‌ها در اثر اختلال در عملکرد آنها و یا ایجاد مرگ همه جانبه برای سلول‌ها نمی‌شود. همانطور که در شکل شماره ۵ مشاهده می‌شود در شدت‌های کمتر (۵ میلی تسلا) اختلاف معنا داری با گروه کنترل در سه رده سلولی ندارد ولی در شدت‌های ۱۰ (به استثناء سلول‌های HeK293T) و ۲۰ این اختلاف معنا دار است. لازم به ذکر است که مرگ سلولی القا شده در شدت‌های بالاتر میدان مربوط به اثرات زیستی میدان مغناطیسی ایستا می‌باشد که این نتایج با مطالعات قبلی ما که درخصوص اثرات زیستی میدان مغناطیسی ایستا بدست آمده است سازگار است (۱۳،۲۷).



شکل ۵- میزان زنده مانی سه رده سلولی بعد از ۴۸ ساعت تیمار در دستگاه میدان مغناطیسی.

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه دستگاه اعمال میدان مغناطیسی ایستا طراحی و ساخته شد. زیست سازگاری دستگاه ساخته شده برای رده های مختلف سلول های نرمال و سرطانی بررسی شد که نتایج به دست آمده نشان داده که دستگاه سمیت نامتعارفی برای سلول ها ندارد. محل قرار گیری نمونه در دستگاه اعمال میدان یکنواخت است و در همه فضای محل قرار گیری نمونه شدت میدان مغناطیسی برابر است. این دستگاه به منظور اعمال میدان مغناطیسی در شرایط مشابه سلول ها و گروه های تیمار یعنی شرایط انکوباتور ساخته شده است. دستگاه به گونه ای طراحی شده است که به سهولت استریل می شود و در انکوباتور سلولی قرار داده می شود. در این مطالعه تست زنده مانی سلولی در شدت های مختلف انجام شد و دستگاه در انکوباتور سلوی آزمایشگاه قرار داده شد که همه شرایط سلول های کنترل به جز اعمال میدان مغناطیسی را دارا می باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که دستگاه میدان مغناطیسی ساخته شده به خوبی عمل کرده و اثرات نا مشخص و نامتعارفی به جز اثرات خود میدان مغناطیسی ایجاد شده بر سلول ها ندارد. در مطالعات بعدی از این دستگاه برای ترنسفکشن و انتقال نوکلئیک اسید به سلول به روش مگنتوفکشن استفاده شد (داده ها نشان داده نشده) که در این روش هم دستگاه عملکرد خوبی داشت. این دستگاه به خوبی نیاز ها ی تحقیقاتی آزمایشگاه را برآورده کرده و در سایر مطالعات آزمایشگاه هم قابل استفاده می باشد.

منابع

1. Mustafa BT, Yaba SP, Ismail AH. A review of the Effects of Magnetic Field on main blood cells: in vivo and in vitro experiments. ZANCO J Pure Appl Sci. 2019;31(6):40–50.
2. Ng K-H. Non-Ionizing Radiations-Sources, Biological Effects, Emissions and Exposures.
3. Albert EN, DeSantis M. DO MICROWAVES ALTER NERVOUS SYSTEM STRUCTURE? Ann N Y Acad Sci. 1975;247(1):87–108.
4. Ross CL, Siriwardane M, Almeida-Porada G, Porada CD, Brink P, Christ GJ, et al. The effect of low-frequency electromagnetic field on human bone marrow stem/progenitor cell differentiation. Stem Cell Res. 2015;15(1):96–108.
5. Roth BJ, Basser PJ. A Model of the Stimulation of a Nerve Fiber by Electromagnetic Induction MRI Project View project Diffusion exchange spectroscopic imaging for biological applications View project. 1990;

6. Mykhaylyk O, Zelphati O, Hammerschmid E, Anton M, Rosenecker J, Plank C. Recent advances in magnetofection and its potential to deliver siRNAs in vitro. In: siRNA and miRNA Gene Silencing. Springer; 2009. p. 1–36.
7. Gupta S, Sharma RS, Singh R. Non-ionizing radiation as possible carcinogen. *Int J Environ Health Res.* 2022;32(4):916–40.
8. Juutilainen J, Research SL-MR-R in M, 1997 undefined. Genotoxic, carcinogenic and teratogenic effects of electromagnetic fields. Introduction and overview. *infona.pl*.
9. Gaestel M. Biological monitoring of non-thermal effects of mobile phone radiation: Recent approaches and challenges. *Biol Rev.* 2010 Aug;85(3):489–500.
10. Hinrikus H, Bachmann M, Karai D, Lass J. Mechanism of low-level microwave radiation effect on nervous system. *Electromagn Biol Med.* 2017 Apr;36(2):202–12.
11. Johnson Liakouris AG. Radiofrequency (RF) sickness in the lilienfeld study: An effect of modulated microwaves? *Arch Environ Health.* 1998 May;53(3):236–8.
12. Kamalipooya S, Sabet A, Jouni FJ, Satari M, Abdolmaleki P, Soleimani H. Effect of Co-Treatment with Static Magnetic Field and Cis-diamminedichloroplatinum(II) on Apoptosis and Cell Cycle Progression in HeLa Cell Line and Hu02. *Cytol Genet.* 2021;55(2):162–70.
13. Satari M, Javani Jouni F, Abolmaleki P, Soleimani H. Influence of static magnetic field on HeLa and Huo2 Cells in the presence of Aloe Vera extract. *Asian Pacific J Cancer Prev.* 2021;22(S1):9–15.
14. Zafari J, Jouni FJ, ... PA-MJ of, 2018 undefined. Toxicity of Cisplatin under the Influence of Static Magnetic Field in Susceptible and Drug-Resistant Cells. *udd.modares.ac.ir* J Zafari, F Javani Jouni, P Abdolmaleki, MJ Khodayar, A JalaliModares *J Biotechnol* 2018•*udd.modares.ac.ir* [Internet]. [cited 2023 Aug 11]; Available from: https://udd.modares.ac.ir/browse.php?a_id=13684&sid=22&slc_lang=en
15. Anticancer effects of moderate static magnetic field... - Google Scholar [Internet]. [cited 2023 Aug 11]. Available from: https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=Anticancer+effects+of+moderate+static+magnetic+field+on+cancer+cells+in+vitro&btnG=
16. journal TK-B, 2011 undefined. Cancer hyperthermia using magnetic nanoparticles. *Wiley Online Libr KobayashiBiotechnology journal*, 2011•*Wiley Online Libr* [Internet]. 2011 Nov [cited 2023 Aug 11];6(11):1342–7. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/biot.201100045>
17. Dang Y, Guan J. Nanoparticle-based drug delivery systems for cancer therapy. *Smart Mater Med.* 2020;1:10–9.
18. Biopolymers - 2022 - Kazemi-Ashtiyani - Estimating the two graph dextran stearic acid spermine polymers based on iron oxide.pdf.
19. Javani Jouni F, Zafari J, Abdolmaleki P, Vazini H, Ghandi L, Satari M. Aflatoxin M1 detoxification from infected milk using Fe3O4 nanoparticles attached to specific aptamer. *J Nanostructure Chem.* 2018 Apr 1;8(1):13–22.
20. Plank C, Protocols JR-CSH, 2009 undefined. Magnetofection: the use of magnetic nanoparticles for nucleic acid delivery. *cshprotocols.cshlp.org* [Internet]. [cited 2018 Jan 20]; Available from: <http://cshprotocols.cshlp.org/content/2009/6/pdb.prot5230.short>
21. Krötz F, Sohn H, Gloe T, Plank C, vascular UP-J of, 2003 undefined. Magnetofection potentiates gene delivery to cultured endothelial cells. *karger.com* [Internet]. [cited 2018 Jan 23]; Available from: <http://www.karger.com>

com/Article/Abstract/73901

22. Satari M, Haghighat N, Javani Jouni F, Abdolmaleki P. The effects of synthesized superparamagnetic Iron Oxide nanoparticles and electromagnetic field on cell death of MCF-7 breast cancer cell line. *Multidiscip Cancer Investig.* 2018;2(1):13–21.
23. Ohki A, Tanoue M, Kobayashi S, Med KM-T, 2017 undefined. Magnetic particle imaging for quantitative evaluation of tumor response to magnetic hyperthermia treatment combined with chemotherapy using cisplatin. *scholar.archive.org* [Internet]. 2017 [cited 2023 Aug 11]; Available from: https://scholar.archive.org/work/sxius-7regnb6nkh6tjnafl74bm/access/wayback/https://www.jstage.jst.go.jp/article/thermalmed/33/2/33_39/_pdf
24. Kheirkhah P, Denyer S, Bhimani AD, Arnone GD, Esfahani DR, Aguilar T, et al. Magnetic Drug Targeting: A Novel Treatment for Intramedullary Spinal Cord Tumors. Vol. 8, *Scientific Reports.* 2018.
25. Bealer E, Kavetsky K, Dutko S, ... SL-I journal of, 2019 undefined. Protein and polysaccharide-based magnetic composite materials for medical applications. *mdpi.com* EJ Bealer, K Kavetsky, S Dutko, S Lofland, X Hu *International J Mol Sci* 2019•*mdpi.com* [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 11]; Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/21/1/186>
26. Satari M. The Effects of Synthesized Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles and Electromagnetic Field on Cell Death of MCF-7 Breast Cancer Cell Line. *Multidiscip Cancer Investig.* 2018;02(01):13–21.
27. Zafari J, Vazini H, Jouni FJ, Abdolmaleki P, Monajemi R, Shams E, et al. Anticancer effects of moderate static magnetic field on cancer cells in vitro. *rmm.mazums.ac.ir* J Zafari, H Vazini, F Javani-jouni, P Abdolmaleki, R Monajemi, E Shams, M Satari *Research Mol Med* 2018•*rmm.mazums.ac.ir* [Internet]. [cited 2023 Aug 11];

Design and manufacture of a portable and usable static magnetic field device in a cell culture incubator

Mohammad Sattari^{1*}, Parviz Abdulmaleki², Saman Hosseinkhani³

1. Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Malayer University, Malayer, Iran

2. Department of Biophysics, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3. Department of Biochemistry, Faculty of Biological Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail m.satari66@yahoo.com

Presenter's E-mail: m.satari66@yahoo.com

Abstract

With the increasing expansion of communications and mass communication equipment and other devices that are connected with magnetic fields, the concern of the harmful effects of these waves and fields on human health is increasing. Based on this, it is impossible to investigate the effects of electromagnetic waves and magnetic fields on living systems, including humans. One of the ways to investigate the effects of magnetic fields on human cells and any cultivable cells, including bacteria, in vitro is to place these cells in a magnetic field. The cells in the culture medium outside the incubator are not able to continue growing, and by placing the cells in the magnetic field device, they suffer cell death. The solution to this problem is the design of the magnetic field equipped with the incubator device, which has minimal conditions for the growth of cells, including Humidity, carbon dioxide 5% and temperature 37 °C. This solution also has problems, such as the high cost of making the device, the conditions of the cells under treatment are not the same as the cells of the control group, the conditions are not stable, and the conditions of cell culture are uncontrollable. To solve the mentioned problems and dilemmas, a portable magnetic field that can be autoclaved and sterilized and can be used and placed in a cell culture incubator was designed and built. This magnetic field consists of two magnetic plates facing each other, and the location of the sample is placed between these two plates. Both the location of the sample and the distance between the two plates can be adjusted, and by changing these distances, the intensity of the magnetic field at the location of the sample changes. The biocompatibility of the manufactured device was measured by the MTT method. The results obtained from the MTT test showed that the magnetic field device is biocompatible and the cell death caused at higher field intensities is related to the biological effects of the magnetic field.

Keywords: Static magnetic field, magnetic field device, design and manufacture of magnetic field device, MTT test

مروری بر سیستم‌های انکپسولاسیون مواد زیست فعال مبتنی بر نانوحامل‌های لیپیدی

محمد ستاری^{۱*}، ریحانه حسینی

۱. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده:

سیستم انتقال دهنده، محصول یا وسیله‌ای است که ترکیبات زیست‌فعال را به بدن وارد میکند، همچنین کارآیی محصول را به وسیله‌ی رهایش در بافت هدف با سرعت مناسب بهبود میدهد. سیستم‌های نانوحامل مواد زیستی عموماً بر پایه‌ی کربوهیدرات‌ها، پروتئین یا لیپیدها ایجاد میشوند. نانوحامل‌های لیپیدی به دلیل توان مناسبی که در افزایش قدرت انحلال پذیری و زیست دسترسی ترکیبات لیپید دوست و کم محلول در آب دارند، حامل‌های مهمی در سیستم‌های زیستی محسوب میشوند. انواع مختلفی از سیستم‌های انتقال نانوذرات براساس لیپیدها مانند: نانومولسیون‌ها، نانولیپوزوم‌ها، نانوذرات لیپیدی جامد، ریزلوله‌های لیپیدی، نانوکره‌های لیپیدی و حامل‌های لیپیدی نانوساختار وجود دارند. پرکاربردترین سیستم‌های انتقال نانوذرات با حامل لیپیدی شامل: نانوذرات لیپیدی جامد (SLN)، حامل‌های لیپیدی نانوساختار (NLC) و نانولیپوزوم‌ها میباشند. نانولیپوزوم‌ها دارای دو فاز آبی و لیپیدی هستند، از این رو میتوانند برای کپسولاسیون مواد محلول در آب، محلول در لیپید و دوگانه دوست مورد استفاده قرار گیرند. SLN در مقایسه با نانومولسیون‌ها و لیپوزوم‌ها مزایای مختلفی همچون: کارآیی کپسولاسیون بالا، امکان تولید و استریلیزاسیون در مقیاس وسیع دارند. NLC نسبت به SLN مزایایی از جمله: زیست تخریب پذیری، رهایش کند و عدم نیاز به حلال‌های آلی به هنگام تولید دارند. بنابراین سیستم انتقال مناسب بر اساس ویژگی‌هایی نظیر: انحلال‌پذیری، حفظ پایداری ترکیبات، ایمن بودن و کارآیی انکپسولاسیون، متناسب با هدف انتخاب میشود.

کلمات کلیدی: نانوحامل‌های لیپیدی، نانوذرات لیپیدی جامد (SLN)، حامل‌های لیپیدی نانوساختار (NLC) و نانولیپوزوم‌ها، انکپسولاسیون

۱- مقدمه

سیستم انتقال لیپیدی توانایی پوشش دهی مواد با درجه‌ی انحلال پذیری مختلف را دارند، همچنین در مقیاس صنعتی نیز قابل تولید میباشند (مظفری و مرتضوی، ۲۰۰۵). این سیستم‌های انتقال میتوانند در مقابل تجزیه بیولوژیکی یا تغییر شکل از ترکیبات زیست فعال محافظت کنند و کارآیی ترکیبات زیست فعال را افزایش و سمیت را کاهش دهند (فتحی و همکاران، ۲۰۱۲). از دیگر ویژگی‌های منحصر به فرد نانوحامل‌های لیپیدی می‌توان به انتقال هدفمند در بدن از طریق مکانیسم‌های فعال (برای مثال: از طریق مشارکت با آنتی بادی‌ها) و غیرفعال (بر پایه اندازه ذرات) اشاره کرد (مظفری و مرتضوی، ۲۰۰۵). سیستم انتقال در صورت نیاز میتواند به مواد محلول در آب ثبات ببخشد و همچنین با مواد محلول در لیپید نیز مطابقت داشته باشد (گویین ۲۰۰۴؛ سانترز و شک، ۱۹۹۶). علاوه بر این، چندین تحقیق گزارش شده که کپسولاسیون ترکیبات زیست فعال با نانوحامل‌های لیپیدی، توان ترکیبات درمانی را با تسهیل انتقال بین سلولی و طولانی کردن زمان حفظ آنها در سلول بهبود میبخشد (استون و اسمیت، ۲۰۰۴).

ترکیبات اصلی در فرمولاسیون سیستم‌های انتقال لیپیدی، شامل امولسیونسازها (مانند: پولوکسامر ۱۸۸، پلی سوربات ۲۰، لسیترین)، لیپیدها (مانند: تری گلیسیریدها، استروئیدها)، لیپیدهای دولایه ای (مانند: فسفولیپیدها) و لیپیدهای غیر دولایه (مانند: مونو، دی، و مخلوطی از تری گلیسیریدها) می‌شود (آتاما و همکاران، ۲۰۱۲). این نانوفرمول‌های لیپیدی را میتوان بر اساس طیف وسیعی از شرایط مانند: نوع بیماری، مسیر تجویز، ملاحظات اقتصادی، پایداری محصول، سمیت و کارآیی سازگار کرد (مظفری، ۲۰۰۶). تحقیقاتی که در مورد ایمنی و کارآیی حامل‌های لیپیدی منتشر شده‌اند این حاملها را برای کپسولاسیون نانوذرات، ترکیبات دارویی و غذایی مناسب دانسته‌اند. هدف از این تحقیق بررسی سیستم‌های انتقال بر پایه‌ی لیپیدها و روشهای تولید آنها میباشد.

۲- نانوذرات لیپیدی جامد (SLN)

SLN ذراتی با اندازه زیرمیکرون هستند و از لیپیدهای جامدی مانند: تترالکسیرونها، مومها و پارافینها تشکیل شده‌اند (جینگ و همکاران، ۲۰۰۰). ساختار آنها به صورت کلوئید آبی پراکنده در یک ماتریس با پوسته لیپیدی جامد است (مولر و همکاران، ۲۰۰۰). SLN نسل جدیدی از امولسیون‌های لیپیدی در اندازه‌ی زیرمیکرون است که در آن بر خلاف NLC لیپید مایع جای خود را به لیپید جامد داده است. SLN در مقایسه با نانوامولسیونها و لیپوزومها مزایای مختلفی از جمله: کارآیی کپسولاسیون بالا، امکان تولید و استریلیزاسیون در مقیاس بالا، قابلیت انعطاف در کنترل رهایش ترکیبات کپسول به دلیل داشتن ماتریس جامد، سرعت تجزیه کندتر، رهایش پیوسته و محافظت موثر از ترکیبات زیست فعال در مقابل تجزیه شیمیایی دارد (سائوپ و رادس، ۲۰۰۶). روشهای پرکاربرد تولید SLN شامل: هموژنیزاسیون پرفشار (HPH)، روش میکروامولسیون و روش اولتراسونیک میباشد.

۲-۱ تولید SLN با روش هموژنیزاسیون پرفشار (HPH)

هموژنیزاسیون پرفشار (HPH) روشی مناسب برای تهیه ی SLN محسوب میشود. هموژنایزهای پرفشار مایع را با فشار بالا (۲۰۰۰ - ۱۰۰ bar)، به درون یک شکاف باریک (در محدوده‌ی میکرون) وارد میکنند. مایع با شتاب زیاد (بیش از ۱۰۰۰ km/h) فاصلهای کوتاه طی میکند. نیروی تنش برشی^۱ بسیار بالا و کاویتاسیون^۲ ذرات را به محدوده‌ی زیرمیکرون می‌شکند. محدوده غلظتی ۵ تا ۱۰ درصد و حتی غلظتهای لیپید بالای ۴۰ درصد را نیز میتوان با این سیستم هموژنیزه کرد (لیپاچر و همکاران، ۲۰۰۰). برای تولید SLN دو روش اصلی هموژنیزاسیون وجود دارد: هموژنیزاسیون سرد و داغ (مولر و همکاران، ۱۹۹۵). در هر دو روش، ترکیبات زیست فعال را در لیپید ذوب شده، حل یا پراکنده میکنند. به طور خلاصه، در روش HPH داغ، ابتدا لیپید و ترکیبات زیست فعال ذوب میشوند (تقریباً ۱۰ درجه‌ی سانتیگراد بالای نقطه‌ی ذوب لیپید) و با یک محلول سورفاکتانت آبی در همان درجه مخلوط میشوند. مخلوط پیش امولسیونی داغ با هموژنیزاسیون در یک هموژنایزر پرفشار با کنترل دمایی در فشار ۵۰۰ bar^۳ (یا بیشتر) و تعداد دورهای از پیش تعیین شده فرآوری میشود. نانوامولسیون به دست آمده با سرد شدن در دمای اتاق مجدداً به شکل بلوری در می‌آید و نانو ذرات حامل لیپید، نانوساختار NLC و SLN را تشکیل می‌دهد. همین طور می‌توان با خشک کردن انجمادی^۴ نیز بلورسازی مجدد را انجام داد (مولر و همکاران، ۲۰۰۰). روش هموژنیزاسیون داغ برای ترکیبات حساس به گرما نیز مناسب است زیرا زمان قرارگیری در معرض دما تقریباً کوتاه است.

HPH سرد نیز تکنیکی مناسب برای فرآوری ترکیبات ناپایدار در گرما یا آب دوست محسوب می‌شود. در این روش، ذرات و لیپید با هم ذوب میشوند و سپس سریعاً در نیتروژن مایع پودر شده و تشکیل میکروذرات لیپیدی جامد میدهند. پس از این مرحله پودر در یک محلول سورفاکتانت سرد (کمتر از دمای اتاق) تحت شرایط هموژنیزاسیون پرفشار قرار میگیرد تا تبدیل به SLN و نانوذرات NLC شوند (لیپاچر و همکاران، ۲۰۰۲).

شوبرت و همکارانش^۴ BSA را در نانوذرات لیپید جامد با استفاده از لیپید پالم و تکنیک HPH انکپسولاسیون کردند. طبق نتایجی که گزارش دادند وارد کردن لسیترین تا ۳۰ درصد (w/w) در ماتریس لیپید، منجر به کاهش اندازه ذرات وابسته به غلظت تا ۱۰۰ نانومتر میشود. تنوع ترکیبات SLN منجر به ایجاد ذراتی با اندازه بین ۶۱ تا ۶۷۴ نانومتر شده که این ذرات به صورت نامتقارن و بلوری حاوی ۲/۵ تا ۱۵ درصد آلبومین بودند (شوبرت و همکاران، ۲۰۰۵). تسکا و کریستل با استفاده از هموژنیزاسیون پرفشار از طریق فرآیند ذوب، رزواترول را در کپسول SLN قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق قابلیت انحلال پذیری،

۱	Shear stress
۲	Cavitation force
۳	Lyophilization
۴	Bovine serum albumin

پایداری و انتقال سلولی رزوراترول با قرار گرفتن در SLN افزایش یافت. مشخصات رهایش رزوراترول، یک الگوی دوفازی را نشان داد و به طور موثر باعث کاهش تکثیر سلولی شد (تسکا و کریستل، ۲۰۱۰).

۲-۲- تولید SLN با روش میکرومولسیون

میکرومولسیون روشی دیگر برای تهیه SLN محسوب می‌شود، در این روش اضافه کردن میکرومولسیون به آب منجر به رسوب فاز لیپید و تشکیل ذرات می‌شود (گاسکو، ۱۹۹۷)، سپس آب اضافی از طریق فرایالایش (اولترافیلتراسیون) یا خشک کن انجمادی خارج می‌شود تا غلظت ذرات افزایش یابد (تسکا و کریستل، ۲۰۱۰). تیابونچای و همکارانش با استفاده از تکنیک میکرومولسیون، SLN با بار کورکومینوئید را در دمای ۷۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تولید کردند. این ذرات شکل کروی با میانگین اندازه ذرات ۴۵۰ نانومتر و کارایی ۷۰ درصد داشتند. آزمون‌ها در این پژوهش رهایش طولانی کورکومینوئید از SLN را تا ۱۲ ساعت نشان داد. علاوه بر این، کورکومینوئیدها نشان دادند که در زمان نگهداری ۶ ماهه، پایداری فیزیکی و شیمیایی خوبی دارند (تیابونچای و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۳- تولید SLN با روش اولتراسونیک

SLN را می‌توان با ترکیب تکنیک‌های اولتراسونیک و هموژنیزاسیون پرسرعت نیز تهیه کرد. نایاک و همکاران SLN دارای بار کورکومینوئید را با روش هموژنیزاسیون پرسرعت توسط پروب اولتراسونیک تولید کردند. ذرات بدست آمده به شکل کروی دارای اندازه‌های بین ۱۲۰ تا ۲۵۰ نانومتر بودند. کارایی انکپسولاسیون و ظرفیت بارگیری به ترتیب بین ۸۰ تا ۹۴ درصد و ۱ تا ۳ درصد گزارش شدند. طبق آزمایش‌ها SLN با بار کورکومینوئید در مقایسه با کورکومینوئید آزاد با دوزهای آزمایش شده یکسان فعالیت ضد مالاریایی دو برابر بیشتر داشت (نایاک و همکاران، ۲۰۱۰). لی و همکارانش با استفاده از اسید استئاریک و لستین سویا SLN دارای بار کورکومینوئید را با روش اولتراسونیک تهیه کردند. آنها اندازه متوسط ذرات را ۱۱۹ نانومتر گزارش کردند (لی و همکاران، ۲۰۱۱). ونیشتی و همکارانش SLN با بار کارودیلول ان-کربوکسی متیل با پوشش کیتوزان را از طریق هموژنیزاسیون پرسرعت و اولتراسونیک با استفاده از مونوگلیسرید به عنوان لیپید تهیه کردند. آنها اندازه ذرات را بین ۶۱ تا ۱۰۵ نانومتر و کارایی انکپسولاسیون را بین ۹۵ تا ۹۸ درصد گزارش کردند. طبق بررسی‌ها پس از سه ماه نگهداری نیز اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر باقی ماند، همچنین پایداری قابل ملاحظه‌ای در محیط اسیدی داشتند به طوری که آزاد سازی یک باره کارودیلول در آزمون‌های پس از نگه داری دیده نشد.

۳- نانولیپوزومها

لیپوزومها، وزیکولهای میکروسکوپی هستند که از دولایه فسفولیپیدی غشا مانند تشکیل شده و یک محیط آبی را محصور کرده‌اند. از لیپوزومها به طور گسترده‌ای در کپسولاسیون گسترده‌ی متنوعی از ترکیبات زیستی و غیر زیستی استفاده می‌شود. با توجه به این که لیپوزوم دارای دو فاز آبی و لیپیدی هستند، از این رو می‌توانند برای کپسولاسیون مواد محلول در آب، محلول در لیپید و آمفی فیل^۵ مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، برای کپسولاسیون و پایداری نگه داشتن مولکولهای زیست فعال در مقابل عوامل محیطی مختلف و محافظت از آنها در مقابل تجزیه شدن نیز موثر هستند (مظفری و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۳- دسته بندی لیپوزوم ها

لیپوزومها بر اساس تعداد لایه ها^۶ و اندازه به ترتیب زیر دسته بندی می شوند (نیو، ۱۹۹۰):

- ۱) تک لایه (ULV): لیپوزومهایی که تنها یک غشای دولایه دارند و به آنها وزیکول های تک لایه^۷ کوچک (کمتر از ۳۰ نانومتر) یا بزرگ (۳۰ تا ۱۰۰ نانومتر) گفته می‌شود.
- ۲) چند لایه (MLV): به لیپوزومهایی که از تعدادی غشای دولایه و هم مرکز تشکیل شده باشند وزیکول های چند لایه گفته می‌شود.
- ۳) چند وزیکولی (MVV): این دسته از وزیکولهای غیر متمرکز بسیار کوچک در یک غشای لیپیدی دولایه ساخته شده اند.

MLV ها و MVV ها برای به دام انداختن مواد محلول در لیپید مناسبترند اما ULV ها برای مواد محلول در آب مناسب تر می باشد. تشکیل لیپوزومها بر پایی واکنشهای آب گریزی-آب دوستی بین فازهای لیپید-لیپید و لیپید-آب انجام می‌شود (گویال و همکاران، ۲۰۰۵). نانولیپوزومها، نسخه‌های در ابعاد نانو از لیپوزومها هستند و بیشتر برای کپسولاسیون و سیستمهای رهایش کنترل شده استفاده می‌شوند. به لیپوزومها و نانولیپوزومهایی که می‌توانند دو ماده با قابلیت انحلال مختلف را به طور همزمان نگه داری و آزاد سازی کنند لیپوزومهای دومنظوره^۸ گفته می‌شود (سانترز و شک، ۱۹۹۶). نانولیپوزومها باید بتوانند ابعاد نانو و پایداری خود را در مدت نگهداری و همچنین تا پایان دوره مصرفشان حفظ کنند (مظفری و مرتضوی، ۲۰۰۵). وارد کردن انرژی منجر به آرایش مولکولهای لیپید به شکل وزیکولهای دولایه تا رسیدن به تعادل ترمودینامیک در فاز آبی می‌شود.

Amphiphilic	۵
Lamellae	۶
Unilamellar	۷
Bifunctional	۸



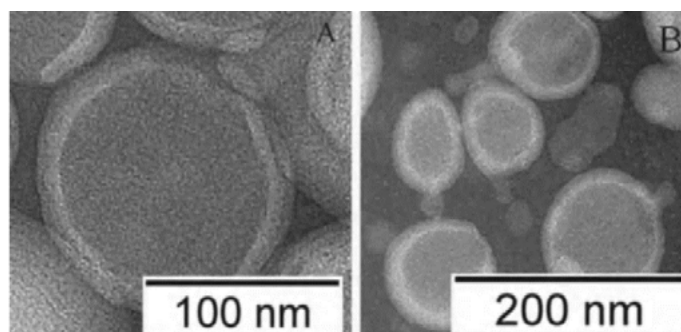
شکل ۱ - شماتیک انواع لیپوزومها بر اساس تعداد و نحوه ی قرارگیری لایهها (مظفری و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲- روشهای تولید لیپوزومها

از پرکاربردترین روشها برای وارد کردن انرژی مکانیکی میتوان به اولتراسونیکاسیون با شدت بالا، هموژنیزاسیون پرفشار، اکستروژن، هموژنیزاسیون غشایی و ریزسیالسازی اشاره کرد. روشهای غیرمکانیکی نیز شامل تبخیر فاز وارونه^۱، حذف دترجنتها از میسل ترکیبی دترجنت-لیپید و خشک کردن انجمادی پس از آب دهی^۱ میشوند (تایلور و همکاران، ۲۰۰۵). هیدراسیون فیلم نازک بانگام یکی از پرکاربردترین روشها برای تهیه MLV محسوب می شود. در این روش محلولی از لیپیدها به طوری که یک فیلم نازک در ته گرد فلاسک تشکیل شود، خشک شده و فیلم با اضافه کردن بافر آبی و حرکت چرخشی^{۱۱} هیدراته میشود. ترکیبهایی که باید در کپسول قرار گیرند بر اساس قدرت حلالیت به مخلوط بافر آبی یا حلال آلی و لیپید اضافه میشوند (بانگام و همکاران، ۱۹۶۵). روش گرمادهی مظفری روشی بدون حلال است که در آن از گلیسرول به عنوان عامل پراکندگی استفاده میشود و به حلالیت لیپیدها و ذرات کمک میکند. در این روش ترکیبهای لیپوزومی به مخلوط گرما دیدهی ذرات زیست فعال و گلیسرول (در دمای ۶۰ درجه ی سانتی گراد) افزوده میشوند. این مخلوط در اتمسفر نیتروژن هم زده شده و همزمان به آن گرمای بیشتری داده میشود تا MLV تشکیل شود. اگر وزیکولهای اندازه نانو (نانولیپوزوم ها) مورد نیاز باشند، نمونهها در دمای بالاتر از دمای انتقال فاز لیپوزومها (T_c) از فیلترهای غشایی عبور داده میشوند. در نهایت، این محصول برای تثبیت در دمای بالای (T_c) در نیتروژن قرار داده میشود (مظفری، ۲۰۰۵). اکستروژن، فرآیند دیگری است که در آن لیپوزومهای میکرونی (مانند MLV) از نظر ساختاری به گونه ای بر اساس منافذ فیلترهای مورد استفاده تغییر میابند که تبدیل به وزیکولهای تک لایه بزرگ (LUV) یا نانولیپوزوم شوند (برگر و همکاران، ۲۰۰۱).

۳-۳- سیستمهای نانولیپوزومی

در پژوهشی ماهرانی و همکاران با استفاده از روش هیدراسیون فیلم نازک و اکستروژن، کارنوزین را در فسفولیپیدهای مختلف، با تشکیل نانولیپوزوم بارگذاری کردند (شکل ۲). آنها اندازه ی ذرات را بین ۱۱۶ تا ۱۲۰ نانومتر، کارآیی بارگیری ۲۲ درصد و کارآیی کپسولاسیون را ۲۵ درصد گزارش کردند. آنها نتیجه گرفتند درجهی اشباع لیپیدها در غشای لیپوزوم باعث افزایش کارآیی کپسولاسیون می شود (ماهرانی و همکاران، ۲۰۱۲).



شکل ۲- میکروگراف میکروسکوپ الکترونی عبوری از نانولیپوزوم های ال-کارنوزین

کادنا و همکاران با استفاده از روش فیلم لیپیدی نازک و خشک کردن انجمادی، کوئرستین و رزوراترول را در لیپوزومهای دئوکسی کولات سدیم قرار دادند. قطر

Reverse phase evaporation	۹
Rehydration	۱۰
Vortex	۱۱

میانگین لیپوزوم‌های به دست آمده ۱۴۹ نانومتر و کارایی کپسولاسیون ۹۷ درصد گزارش شد (کادنا و همکاران، ۲۰۱۳). در پژوهشی کولاس و همکاران با استفاده از روش گرمادهی مظفری نایسین را انکپسوله کردند و کارایی کپسولاسیون را ۱۲ تا ۵۴ درصد گزارش کردند. علاوه بر این، نانولیپوزوم‌ها به مدت ۱۴ ماه در دمای ۴ درجه ی سانتیگراد و ۱۲ ماه در دمای ۲۵ درجه ی سانتیگراد پایدار بودند (کولاس و همکاران، ۲۰۰۷). راستی و همکاران با بارگذاری اسیدهای چرب چند غیر اشباع (PUFA) ها، دوکوزا‌هگزانوئیک اسید و ایکوزاپنتائوئیک اسید) در لیپوزوم‌ها با استفاده از فسفولیپیدهای سویا، روشهای هیدراسیون فیلم نازک بانگام و مظفری را با هم مقایسه کردند. بیشترین پایداری فیزیوشیمیایی در لیپوزوم‌های PUFA دیده شد که با روش مظفری تهیه شده بودند نسبت به نمونه‌هایی که با روش بانگام یا در PUFA با حجم بالا تهیه شدند. علاوه بر این، هیچ تغییر معناداری در پایداری فیزیوشیمیایی نمونه‌ها در مدت ۱۰ ماه نگهداری با دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد در تاریکی دیده نشد. PUFA در لیپوزوم‌های با اندازه ۵۰ تا ۲۰۰ نانومتر، بار سطحی، پایداری فیزیکی و پایداری اکسیداتیو بالاتری در مقایسه با لیپوزوم‌های بزرگتر از ۲۰۰ نانومتر داشتند (راستی و همکارانش، ۲۰۱۲).

به منظور تهیه‌ی نانولیپوزوم‌ها می‌توان از روشهای HPH و اولتراسونیکاسیون نیز استفاده کرد. ژیا و همکاران با تزریق اتانول و سونیکاسیون، نانولیپوزوم‌های کوآنزیم Q₁₀ تهیه کردند و به بهینه‌ی یابی فرمولاسیون آن پرداختند. آنها بهترین فرمول نانولیپوزوم‌های کوآنزیم Q₁₀ شامل فسفولیپید، کوآنزیم Q₁₀، کلسترول، توپین ۸۰ به ترتیب با نسبت‌های وزنی: ۱/۲، ۲/۵، ۰/۴، ۱/۸ و محلول بافر فسفات به عنوان محیط هیدراسیون گزارش کردند. در نسبت بهینه قطر متوسط لیپوزوم‌ها ۶۸ نانومتر و کارایی کپسولاسیون بالاتر از ۹۵ درصد به دست آمد. اندازه‌ی ذرات پس از نگهداری در دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد در تاریکی به مدت ۹۰ روز کمتر ۱۰ درصد تغییر داشت. پروپ فلوروسنت نشان داد که وارد کردن کوآنزیم Q₁₀، ویسکوزیته نانولیپوزوم‌ها را افزایش داده و مانع از پراکسید شدن فسفولیپیدها شده بود (ژیا و همکاران، ۲۰۰۶). لیو و پارک با تزریق مستقیم همراه با سونیکاسیون، نانولیپوزوم‌های کیتوسان دارای بار ویتامین C با استفاده از فسفاتیدیل کولین (PC) و کلسترول تهیه کردند. این محققان لیپوزوم‌ها را با استفاده از اتانول به عنوان حلال در نسبت‌های ۲ به ۳ و ۳ به ۲ (فسفاتیدیل کولین به کلسترول) تهیه کردند که قطر میانگین این نمونه‌ها به ترتیب ۹۷ و ۹۶ نانومتر بدست آمد. طبق نتایج منتشر شده لیپوزوم‌هایی که با نسبت ۲ به ۳ تهیه شده بودند کارایی بارگیری ۹۶ درصد و بار مفید^{۱۲} ۴۷ درصد داشتند که حامل‌های مناسبی به حساب می‌آیند که با افزایش وزن اولیه^{۱۳} ویتامین C می‌توان بار مفید را افزایش نیز داد. لیپوزوم‌هایی که با ۱۰۰ میلی گرم وزن اولیه ویتامین C تهیه شده بودند حداکثر کارایی بارگیری را داشتند، علاوه بر این، تاثیر بارگیری و بار مفید لیپوزوم‌ها تحت تاثیر غلظت کیتوسان قرار نداشت. لیپوزوم‌های آماده شده در شرایط بهینه به مدت ۱۵ هفته پایدار بودند و از ویتامین C در مقابل اکسیداسیون محافظت کردند (لیو و پارک، ۲۰۱۰).

ژیاو و همکارانش لیپوزوم‌های معمولی و پرولیپوزوم‌های ویتامین E پوشش دار شده با PEG به ترتیب با روشهای اولتراسونیک فیلم نازک و خشک کن انجمادی تهیه کردند. میانگین قطر و کارایی کپسولاسیون برای پرولیپوزوم‌ها به ترتیب ۱۶۴ نانومتر و ۸۴ درصد گزارش شد. ویتامین E قرار گرفته در پرولیپوزوم‌ها پایداری بیشتر از لیپوزوم‌های معمولی نشان داد و درصد نگهداری بار این نمونه‌ها در دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد پس از ۱۵ روز ۹۰ درصد گزارش شد (ژیاو و همکاران، ۲۰۱۱). الکساندر و همکاران در پژوهشی فیتوسترول‌ها را به فسفولیپیدهای سویا اضافه کردند و با استفاده از روش HPH اسید اسکوربیک را در این پوشش قرار دادند. استرول‌های گیاهی در نسبت‌های وزنی ۱ به ۱۴ و ۲ به ۱۳ با فسفولیپیدها ترکیب شدند. تمام لیپوزوم‌های تولید شده دارای قطر متوسط ۱۱۵ تا ۱۵۰ نانومتر بودند که طبق نتایج بدست آمده وارد کردن استرول‌های گیاهی اندازه وزیکول‌ها و کارایی کپسولاسیون را افزایش داد (الکساندر و همکاران، ۲۰۱۰).

۴- حامل‌های لیپیدی نانو ساختار (NLC)

حامل‌های لیپیدی نانو ساختار (NLC) حامل‌های کلونیدی هستند که دارای هسته‌ی لیپیدی جامد شامل: مخلوطی از لیپیدهای جامد، مایع و ذره‌هایی با قطر میانگین نانومتر می‌باشند. این حامل‌ها دارای ماتریس لیپیدی با ساختار نانو خاصی هستند که با کنترل لیپید مایع افزوده شده به فرمولاسیون آن، باز هم به حالت جامد باقی می‌ماند. NLC نسبت به SLN مزیت‌هایی از جمله: سمیت کم، زیست تخریب پذیری، رهایش کند و عدم نیاز به حلال‌های آلی به هنگام تولید دارد (هان و همکاران، ۲۰۰۸). این دسته از نانوحامل‌ها به دلیل پایداری مناسب و ظرفیت بارگیری بالایی که دارند، به طور گسترده در صنایع دارویی استفاده می‌شود (ژوانگ و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به این ویژگی‌ها با استفاده از این نانوحامل می‌توان به بار مفید بالا، کاهش دفع دارو و افزایش پایداری شیمیایی نانوداروها دست یافت.

۴-۱ روش‌های تولید حامل‌های لیپیدی نانو ساختار (NLC)

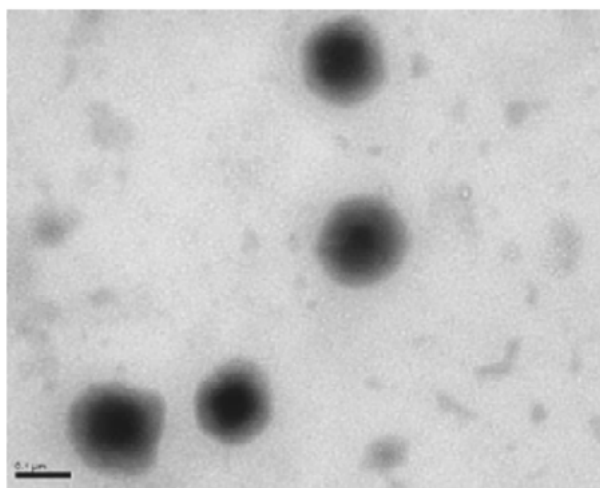
سورفاکتانت‌ها نقش مهمی در تشکیل NLC‌ها بازی می‌کنند. NLC را می‌توان مشابه SLN از طریق HPH سرد یا داغ به دست آورد. روش‌های دیگر تولید NLC شامل روش میکروامولسیون (گاسکو، ۱۹۹۳)، رسوبدهی (تروتا و همکاران، ۲۰۰۳) و مخلوط کردن با استفاده از اولتراسوند (دامب، ۱۹۹۳) می‌شود. برخی از محققان NLC‌ها را به عنوان نسل جدیدی از حامل‌های کلونیدی با توانایی بالا در نظر می‌گیرند. از ویژگی‌های کاربردی NLC‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- (۱) در مقایسه با امولسیون‌ها، با قدرت بیشتری داروها را تثبیت می‌کند و مانع از چسبندگی ذرات به دلیل داشتن ماتریس جامد می‌شوند (آنر، ۲۰۰۶).
- (۲) جنبش مولکول‌های دارو را کاهش می‌دهند.
- (۳) وجود ذرات لیپید مایع در ماتریس جامد، بار مفید دارو را در مقایسه با SLN‌ها افزایش می‌دهد.
- (۴) می‌توان NLC را با مخلوط کردن هر نوع لیپید جامد و مایع به دست آورد و با ترکیبات خاصی از لیپیدهای مایع و جامد با هم مخلوط کرد تا به جامد بیشکل دست یافت.

Payload	۱۲
Initial mass	۱۳

۴-۲ سیستم‌های لیپیدی نانوساختار (NLC)

تراناکای دیکول و همکاران با روش HPH، اسکوربیل پالمیتات را در حامل‌های لیپید نانوساختار قرار دادند. NLC با بار اسکوربیل پالمیتات، پایداری شیمیایی بالا و ماندگاری مناسبی نشان داد. نتایج ذخیره و نگهداری NLC در طول ۹۰ روز با دمای ۴ درجه سانتیگراد حاکی از حفظ ۸۵ درصد مقدار اسکوربیل پالمیتات بود (تراناکای دیکول و همکاران، ۲۰۰۷). هنشل و همکاران، NLC با بار بتا کاروتن را به وسیله HPH با استفاده از تویین ۸۰ به عنوان امولسیون‌ساز تهیه کردند. NLC تهیه شده دارای قطر میانگین ۱۴۴ تا ۲۴۹ نانومتر بود و با افزایش غلظت امولسیون‌ساز اندازه‌ی ذرات کاهش یافت. طبق نتایج تمام ذرات کوچکتر از ۱ میکرومتر بودند و میانگین اندازه‌ی ذرات در طول نگهداری ۹ هفته‌ای در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتیگراد و ۳۰ هفته‌ای در دمای ۴ درجه‌ی سانتیگراد ۰/۳ میکرومتر بود. علاوه بر این، افزایش مقدار توکوفرول، پایداری بتاکاروتن را در NLC بهبود بخشید (هنشل و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهشی ليو و وو با روش اولتراسونیکاسیون، لوتئین را در پوشش NLC قرار دادند و با استفاده از پرسیرول، میورول و پلورونیک، مخلوط پایدار NLC تهیه کردند. NLC تولید شده دارای شبکه بلوری ناقص و شکل کروی بود (شکل ۳). این محققان گزارش کردند که با افزایش زمان اولتراسونیکاسیون از ۲ به ۱۰ دقیقه اندازه NLC از ۲۲۸ به ۱۳۰ نانومتر کاهش یافت. NLC به طور موثری از لوتئین در مایع اسیدی معده محافظت کرد و به آرامی لوتئین را در مایع روده شبیه سازی شده آزاد کرد (لیو و وو، ۲۰۱۰).



شکل ۳- نگاره‌ی میکروسکوپ الکترونی عبوری از NLC با بار لوتئین در مقیاس ۱۰۰ نانومتر (لیو و وو، ۲۰۱۰)

در تحقیق دیگری ليو و همکاران NLC با بار کوآنزیم Q_{۱۰} از طریق روش HPH داغ با سرعت همزنی بالا (۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه) تولید کردند. NLC های تولید شده شکل بیضی با قطر متوسط ۹۶ نانومتر داشتند. کارآیی کپسولاسیون در این تحقیق ۹۸ درصد و نمونه‌ها پایداری شیمیایی و فیزیکی خوبی را نشان دادند (لیو و وو، ۲۰۱۲). در پژوهشی آدیتیا و همکاران NLC را با بار کروکومین و ژنیستئین تهیه کردند و تاثیر حاملها را بر زیست دسترسی کروکومین و ژنیستئین مورد ارزیابی قرار دادند. ظرفیت نگهداری NLC با بار کروکومین و ژنیستئین در این تحقیق بیش از ۷۵ درصد و قابلیت انحلالپذیری آنها در محیط شبیه‌سازی شده روده در مقایسه با ترکیبات بدون کپسول نزدیک به ۴ برابر گزارش شد. کروکومین و ژنیستئین پایداری بالایی (بیشتر از ۸۵ درصد) را تا ۶ ساعت در محیط شبیه‌سازی شده معده و روده نشان دادند. بار مشترک کروکومین و ژنیستئین هیچ تاثیری بر روی حلالیت و پایداری هیچ یک از این ذرات نداشت و حتی کارآیی بارگیری و مهار رشد سلولی را در سلول های سرطانی پروستات افزایش داد (آدیتیا و همکاران، ۲۰۱۳).

جدول ۱- مروری بر سیستم‌های لیپیدی نانوذرات

نوع	ترکیبات	ترکیبات هسته	اندازه	نتایج	منابع
(نانومتر)					
نانوذرات لیپیدی جامد	گلیسرل بهنات، روغن	رزوراترول	180	بهبود حلالیت، پایداری و تسکا و کریستل	انتقال درون سلولی (2010)
	سویای هیدروژنه و لسیتین				
	روغن پالم هیدروژنه	BSA	674 -	کاهش مسمومیت	
			61	سلولی در آزمایشگاه	
	اسید استئاریک و GMS	کورکومینوئیدها	450	رهایش طولانی و	تیاپونچای و همکاران (2005)
				افزایش پایداری در مدت	
				نگهداری	(2007)
	تری مریستین، تری	کورکومینوئیدها	120 و	ظرفیت نگهداری بالا	نایاک و همکاران (2010)
	استرین و GMS		250		
	ان-کربوکسیل متیل	کارودیلول	105 -	رهایش آهسته و	ونیشتی و همکاران (2012)
	کیتوسان، مونو گلیسرید و لسیتین		61	محافظت از محیط معده	
	اسید استئاریک و لسیتین	کورکومینوئیدها	119	افزایش زیست دسترسی	لی و همکاران (2011)
	سویا				
فایبرهای لیپیدی نانوساختار	گلیسرول مونولائورات،	کوآنزیم Q10	96	افزایش زیست دسترسی	لیو و همکاران (2012)
	گلیسرید استیل دار، اکتیل			و پایداری	
	و دسیل گلیسرل، پلی				
	گلیسرل-10 لائورات و لسیتین				
	GMS، روغن هسته زردآلو،	آسکوربیل	350	افزایش پایداری شیمیایی تیراناشایدیکول	و همکاران (2007)
	استر PEG-2، PEG-6	پالمیتات			
	استئارات و موم زنبور عسل				
	روغن آفتابگردان و	بتا کاروتن	249 -	افزایش پایداری	هنشل و همکاران (2008)
	مونواستئارات گلیکول		144		
	پروپیلن				
	میورول، پلورونیک،	لوتئین	228 -	رهایش مداوم	لیو و وو (2010)
	لائوریک، میریستیک،		130		
	پالمیتیک، استئاریک اسید				
	و پریسیرول AT05				

سديم داکسی کولات	کوئرتستين و	149	پایداری بیشتر	کادنا و همکاران
	رزوراترول			(2013)
فسفولیپیدها	کارنوزین	120 -	تغییرات شکل و کارایی	ماهرانی و
		116	فسفولیپیدهای مختلف	همکاران
				(2012)
فسفولیپیدهای سویا	EPA و DHA	200 -	بهبود پایداری فیزیکی و	راستی و
		50	اکسیداتیو	همکاران
				(2012)
فیتوسترول ها و	اسید	150 -	افزایش پایداری	آکساندر و
فسفولیپیدهای سویا	آسکوربیک	115		همکاران
				(2012)
گلیکول پلی اتیلن	ویتامین E	164	افزایش پایداری	ژائو و همکاران
				(2011)
فسفولیپید، کوآنزیم Q10،	کوآنزیم Q10	68	بهینه سازی فرمولاسیون	ژیا و همکاران
				(2006)
تویین 80				
فسفاتیدیل کولین و	ویتامین C	96 و 97	افزایش پایداری در زمان	لیو و پارک
کلسترول			نگهداری	(2010)

۵- نتیجه گیری

سیستم‌های رهایش نانوذرات لیپیدی ثابت کرده‌اند که یکی از بهترین پلتفرمها برای افزایش پایداری، زیستدسترسی خوراکی و تاثیرات بیولوژیکی ترکیبات زیست فعال مختلف محسوب میشوند. این سیستمها به خصوص برای صنایع دارویی و غذایی مناسب میباشند زیرا لیپیدهای خوراکی فراوان و امولسیونسازهای زیادی در این صنایع مورد استفاده قرار میگیرند. در طول دههی گذشته، تلاشهای بسیاری برای طراحی و تولید سیستمهای رهایش لیپیدی صورت گرفته و پیشرفت قابل توجهی نیز به دست آمده است. اصول طراحی اکنون کاملاً روشن است اما لازم است تا مطالعات بیشتری انجام شود تا تاثیرات بیولوژیکی و زیستدسترسی ترکیبات زیست فعال انکپسوله شده در بدن نیز به خوبی مشخص گردد. استفاده بالقوه از این سیستمهای لیپیدی در محصولات دارویی و غذایی همچنین تاثیر آنها بر روی سلامت انسان هنوز نیاز به تحقیقات بیشتر دارد.

Reference

1. Aditya NP, Shim M, Inae L, Lee YJ, Im M-H, Ko S (2013) Curcumin and genistein co-loaded nanostructured lipid carriers: in vitro digestion and anti-prostate cancer activity J Agric Food Chem 61(8): 1878–1883.
2. Alexander M, Lopez AA, Fang Y, Corredig M (2012) Incorporation of phytosterols in soy phospholipids nanoliposomes: Encapsulation efficiency and stability. LWT – Food Sci Technol 436–427:(2)47 .
3. Bangham AD, Standish MM, Watkins JC (1965) Diffusion of Univalent Ions across the Lamellae of Swollen Phospholipids. J Mol Biol 13(1):238–252.
4. Berger N, Sachse A, Bender J, Schubert R, Brandl M (2001) Filter extrusion of liposomes using different devices: comparison of liposome size, encapsulation efficiency, and process characteristics. Int J Pharmaceut 223(1):55–68.
5. Cadena PG, Pereira MA, Cordeiro RB, Cavalcanti IM, Neto BB, Pimentel MCCB, Filho JLL, Silva VL, Santos-Magalhaes NS (2013) Nanoencapsulation of quercetin and resveratrol into elastic liposomes. Biochem Biophys Acta 1828(2): 309–316.
6. Colas JC, Shi W, Rao VSN, Omri A, Mozafari MR, Singh H (2007) Microscopical investigations of nisin-loaded nanoliposomes prepared by Mozafari method and their bacterial targeting. Micron 38(8):841–847.
7. Domb AJ (1993) Lipospheres for controlled delivery of substances, United States Patent no: 23,518,883 Feb, 1993.
8. Gasco MR (1993) Method for producing solid lipid microspheres having a narrow size distribution. US Patent 5,250,236, 9 Oct 1993.
9. Gasco MR (1997) Solid lipid nanospheres from warm micro-emulsions. Pharm Technol Eur 58–9:52.
10. Gouin S (2004) Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends Food Sci Tech 15(7):330–347.
11. Goyal P, Goyal K, Kumar SGY, Singh A, Ktare OP, Mishra DN (2005) Liposomal drug delivery systems- clinical applications. Acta pharmaceut 55(1):1–25.
12. Han F, Li S, Yin R, Liu H, Xu L (2008) Effect of surfactants on the formation and characterization of a new type of colloidal drug delivery system: nanostructured lipid carriers. Colloids Surf A 216–210:(1)315 .
13. Hentschel A, Gramdorf S, Muller RH, Kurz T (2008) β -Carotene-Loaded Nanostructured Lip-

id Carriers. J food sci 73(2):N1-N6.

14. Jennings V, Schafer-Korting M, Gohla S (2000) Vitamin A-loaded solid lipid nanoparticles for topical use: drug release properties. J Control Release 66:115–126.

15. Lippacher A, Muller RH, Mader K (2000) Investigation on the viscoelastic properties of lipid based colloidal drug carriers. Int J Pharmaceut 196:227–230.

16. Lippacher A, Muller RH, Mader K (2002) Semisolid SLN Dispersions for Topical Application: Influence of Formulation and Production Parameters on Viscoelastic Properties. Eur. J. Pharm. Biopharm 53(2):155–160.

17. Li R, Qiao X, Li Q, He R, Ye M, Xiang C, Lina X, Guo D (2011) Metabolic and pharmacokinetic studies of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin in mice tumor after intragastric administration of nanoparticle formulations by liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry. J Chromatogr B 879(26):2751–2758.

18. Liu CH, Wu CT (2010) Optimization of nanostructured lipid carriers for lutein delivery. Colloid Surf A 353(2):149–156.

19. Liu, G. Y., Wang, J. M., & Xia, Q. (2012) Application of nanostructured lipid carrier in food for the improved bioavailability. Eur Food Res Technol 234:391–398.

20. Liu N, Park H-J (2010) Factors effect on the loading efficiency of Vitamin C loaded chitosan-coated nanoliposomes Coll Surf B: Biointerfaces 76(1):16–19.

21. Maherani B, Arab-Tehrany E, Kheirilomoom A, Cleymand F, Linder, M (2012) Influence of lipid composition on physicochemical properties of nanoliposomes encapsulating natural dipeptide antioxidant L-carnosine. Food Chem 134:632–640.

22. Mozafari MR (2006) Bioactive entrapment and targeting using nanocarrier technologies: an introduction. In: Mozafari MR (ed) Nanocarrier technologies, Springer, Netherlands, p 1–16.

23. Mozafari MR, Khosravi-Darani K (2007) An overview of liposome-derived nanocarrier technologies. In: Mozafari MR (ed) Nanomaterials and nanosystems for biomedical applications, Springer, Dordrecht, p 113–123.

24. Mozafari MR, Mortazavi SM (eds) (2005) Nanoliposomes: from Fundamentals to Recent Developments. Trafford Pub. Ltd., Oxford, UK.

25. Muller RH, Mader K, Gohla S (2000) Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery – a review of the state of the art. Eur J Pharm Biopharm 50(1):161–177.

26. Muller RH, Mehnert W, Lucks JS, Schwarz C, Muhlen AZ, Weyhers H, Freitas C, Ruhl D (1995) Solid lipid nanoparticles (SLN) – An alternative colloidal carrier system for controlled drug delivery. Eur J Pharm Biopharm 41(1):62–69.

27. Muller RH, Radtke M, Wissing SA (2002) Solid lipid nanoparticles (SLN) and nanostructured lipid carriers (NLC) in cosmetic and dermatological preparations. Adv Drug Deliver Rev 54:S131-S155.

28. Nayak AP, Tiyaboonchai W, Patankar S, Madhusudhan B, Souto EB (2010) Curcuminoids-loaded lipid nanoparticles: Novel approach towards malaria treatment. Colloid Surf B 81(1):273–263 .

29. New RRC (1990) Introduction. In Liposomes: A Practical Approach, Oxford University Press,

New York, USA.

30. Rasti B, Jina S, Mozafari MR, Yazid AM (2012) Comparative study of the oxidative and physical stability of liposomal and nanoliposomal polyunsaturated fatty acids prepared with conventional and Mozafari methods. *Food Chem* 135(4):2761–2770.
31. Saupe A, Rades T (2006) Solid lipid nanoparticles. In: Mozafari MR (ed) *Nanocarrier technologies*. Frontiers of nanotherapy, Springer, Dordrecht, p 41–50.
32. Schubert MA, Muller-Goymann CC (2005) Characterisation of surface-modified solid lipid nanoparticles (SLN): Influence of lecithin and nonionic emulsifier. *Eur J Pharm Biopharmaceutics*, 61:86–77 .
33. Stone WL, Smith M (2004) Therapeutic uses of antioxidant liposomes. *Mol Biotechnol* 27(3):230–217 .
34. Suntres ZE, Shek PN (1996) Alleviation of paraquat-induced lung injury by pretreatment with bifunctional liposomes containing α -tocopherol and glutathione. *Biochem Pharmacol* 52(10):1520–1515 .
35. Taylor TM, Weiss J, Davidson PM, Bruce BD (2005) Liposomal nanocapsules in food science and agriculture. *Crit Rev Food Sci* 45(7–8):587–605.
36. Teeranachaideekul V, Muller RH, Junyaprasert VB (2007) Encapsulation of ascorbylpalmate in nanostructured lipid carriers (NLC)-Effects of formulation parameters on physicochemical stability. *Int J Pharmaceut* 340(1):198–206.
37. Teska K, Kristl J (2010) The evidence for solid lipid nanoparticles mediated cell uptake of resveratrol. *Int J Pharmaceut* 390(1):61–69.
38. Tiyaaboonchai W, Tungpradit W, Plianbangchang P (2007) Formulation and characterization of curcuminoids loaded solid lipid nanoparticles. *Int J Pharmaceut* 337(1):299–306.
39. Trotta M, Debernardi F, Caputo O (2003) Preparation of solid lipid nanoparticles by a solvent emulsification-diffusion technique. *Int J Pharmaceut* 257(1):153–160.
40. Uner M (2006) Preparation, characterization and physico-chemical properties of solid lipid nanoparticles (SLN) and nanostructured lipid carriers (NLC): their benefits as colloidal drug carrier systems. *Pharmazie* 61(5):375–386.
41. Venishetty VK, Chede R, Komuravelli R, Adepu L, Sistla R, Diwan PV (2012) Design and evaluation of polymer coated carvedilol loaded solid lipid nanoparticles to improve the oral bioavailability: A novel strategy to avoid intraduodenal administration. *Colloid Surf B* 95:1–9.
42. Xia S, Xu S, Zhang X (2006) Optimization in the Preparation of Coenzyme Q10 Nanoliposomes. *J Agric Food Chem* 54(17):6358–6366.
43. Zhao L, Xiong H, Peng H, Wang Q, Han D, Bai C, Liu Y, Shi S, Deng B (2011) PEG-coated lyophilized pro-liposomes: preparation, characterizations and in vitro release evaluation of vitamin E. *Eur Food Res Technol* 232(4):647–654.
44. Zhuang CY, Li N, Wang M, Zhang XN, Pan WS, Peng JJ, Pan YS, Tang X (2010) Preparation and characterization of vinpocetine loaded nanostructured lipid carriers (NLC) for improved oral bioavailability. *Int J Pharmaceut* 394(1):179–185.

A review on the encapsulation systems of bioactive substances based on lipid nanocarriers

Abstract

A delivery system is a product or a device that introduces bioactive compounds into the body, and also improves the product's efficiency by releasing it into the target tissue at a suitable speed. Nanocarrier systems of biological materials are generally created based on carbohydrates, proteins or lipids. Lipid nanocarriers are considered important carriers in biological systems due to their ability to increase the solubility and bioavailability of lipid-loving and poorly water-soluble compounds. There are different types of nanoparticle delivery systems based on lipids, such as: nanoemulsions, nanoliposomes, solid lipid nanoparticles, lipid microtubules, lipid nanospheres, and nanostructured lipid carriers. The most widely used nanoparticle delivery systems with lipid carriers include: solid lipid nanoparticles (SLN), nanostructured lipid carriers (NLC) and nanoliposomes. Nanoliposomes have two phases, aqueous and lipid, so they can be used for the encapsulation of water-soluble, lipid-soluble and amphiphilic substances. Compared to nanoemulsions and liposomes, SLNs have various advantages such as: high encapsulation efficiency, the possibility of large-scale production and sterilization. Compared to SLN, NLC has advantages such as: biodegradability, slow release, and no need for organic solvents during production. Therefore, the appropriate transfer system is selected based on features such as: solubility, maintaining the stability of compounds, safety and encapsulation efficiency, according to the purpose.

گسترش کاربرد الگوریتم‌های یادگیری عمیق در قطعه بندی و شناسایی اتوماتیک تومورهای مغزی

الهه احمدی*، حمیدرضا صدر، منوچهر نائینی

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست پزشکی، دانشکده مهندسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران نویسنده مسئول

استادیار، گروه زیست پزشکی، دانشکده مهندسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

استادیار، گروه زیست پزشکی، دانشکده مهندسی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

تومور اساساً رشد کنترل نشده سلول‌های سرطانی در هر قسمت از بدن است، در حالی که تومور مغزی رشد کنترل نشده سلول‌های سرطانی در مغز است. تومور مغزی می‌تواند خوش خیم یا بدخیم باشد. تومور خوش خیم مغز دارای ساختار یکنواختی است و حاوی سلول‌های فعال (سرطانی) نیست، در حالی که تومورهای مغزی بدخیم ساختاری غیریکنواخت (ناهمگن) دارند و حاوی سلول‌های فعال هستند. در این مقاله، مدل‌های مبتنی بر یادگیری انتقال، علاوه بر یک شبکه عصبی کانولوشنال (CNN) به نام BRAIN-TUMOR-net که از ابتدا آموزش دیده‌اند، معرفی می‌شوند تا تصاویر تشدید مغناطیسی مغز را به تومور یا موارد عادی طبقه‌بندی کنند. مقایسه ای بین مدل‌های InceptionResNetV2، InceptionV3، و ResNet50 از پیش آموزش دیده و BRAIN-TUMOR-net پیشنهادی معرفی شده است. عملکرد مدل پیشنهادی بر روی سه مجموعه داده تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI) در دسترس عموم آزمایش می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که BRAIN-TUMOR-net بالاترین دقت را در مقایسه با مدل‌های دیگر به دست می‌آورد. برای سه مجموعه داده مختلف MRI به سطوح دقت ۹۷٪ و ۸۴/۷۸٪ دست می‌یابد. علاوه بر این، تکنیک اعتبارسنجی متقاطع k-fold برای امکان طبقه‌بندی قوی استفاده می‌شود. علاوه بر این، از سه تکنیک مختلف خوشه‌بندی بدون نظارت برای تقسیم‌بندی استفاده می‌شود.

هنگامی که سلول‌های تومور در مغز انسان تولید می‌شوند، احتمال مرگ و میر جدی ایجاد می‌شود. به دلیل پیچیدگی مسائل، تومورهای مغزی در غیاب راه حل‌های هوشمند بسیار ناپایدار و بالقوه کشنده هستند [۱]. تشکیل تومور در مراحل اولیه در مغز اتفاق می‌افتد و بعداً می‌تواند به تدریج به سایر عناصر بدن گسترش یابد. برای رویارویی با چنین مسائل پیچیده، انسان‌ها می‌توانند ماشین‌هایی ایجاد کنند که مانند موجودات زنده رفتار می‌کنند، قادر به یادگیری از تجربه و استفاده از تجربیات خود برای رسیدگی به مسائل نوظهور ناشی از تجمع سلول‌های تومور در مغز هستند [۲]. در این راستا، در زمینه تصویربرداری پزشکی، هوش مصنوعی و پردازش تصویر دیجیتال تأثیر زیادی توسط شبکه عصبی کانولوشن (CNN) ایجاد می‌شود [۳]. تشخیص خودکار نقص در تصویربرداری پزشکی به عنوان یک زمینه امیدوارکننده برای روش‌های مختلف تشخیص پزشکی ظاهر شده است. تشخیص و ردیابی تومورها در تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) بسیار مهم است زیرا جزئیاتی در مورد بافت‌های غیر طبیعی مورد نیاز برای مداخلات درمانی ارائه می‌دهد. تشخیص تومور مغزی با آم آری به دلیل پیچیدگی‌ها و اشکال متنوع تومورها یک کار پیچیده است. جمع‌آوری، سازماندهی و تجزیه و تحلیل تصاویر پزشکی در قلمرو دیجیتال امروزی دیجیتالی شده است [۴]. حتی با تکنولوژی پیشرفته، تفسیر کامل تصاویر پزشکی مشکلاتی را در زمان و دقت ایجاد می‌کند. این مشکل به ویژه در نواحی رنگ و شکل غیرعادی که رادیولوژیست‌ها باید برای تحقیقات آینده تشخیص دهند، شدید است. در ادبیات و عملکرد فعلی فضایی برای بهره‌گیری از پتانسیل CNN برای تکنیک‌های تجزیه و تحلیل تصویر مورد نیاز در تشخیص و تشخیص تومور مغزی وجود دارد [۵].

یکی از روش‌های قطع‌بندی تومور مغزی بر اساس شبکه‌های عصبی عمیق است. (۱۶) دلایلی که به ما انگیزه می‌دهد تا یک راه حل یادگیری ماشینی را به دست آوریم این است که از یک شبکه عصبی عمیق با ظرفیت بالای انعطاف پذیر که بسیار کارآمد است استفاده کنیم و مدل‌ها و معماری‌های مختلف بر اساس شبکه‌های عصبی کانولوشن را بررسی کرده و یک معماری شبکه عصبی کانولوشن برای انجام قطع‌بندی تومور مغزی پیشنهاد کنیم. نرم افزار MATLAB علاوه بر امکانات پردازش تصویر، پیاده‌سازی الگوریتم‌های یادگیری عمیق را حمایت می‌کند که اجرای الگوریتم‌های یادگیری عمیق را می‌تواند بسیار سرعت بخشد. [۲]

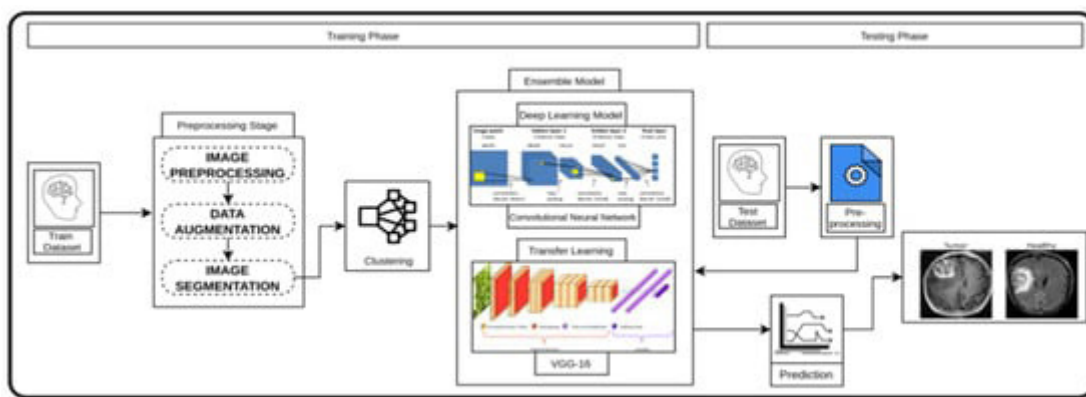
با در نظر گرفتن شدت مشکل، یک روش کاملاً خودکار برای تشخیص تومورهای مغزی مورد نیاز است. فرآیند دستی ارزیابی بسیاری از تصاویر به دست آمده در یک کلینیک پیچیده و برای درک رفتار تومورهای مختلف کافی نیست. به منظور درک و مداخله در این پدیده پیچیده، فناوری‌های تشخیص/تشخیص تومور مبتنی بر کامپیوتر دقیق‌تر مورد نیاز است. تلاش‌های متعددی برای بررسی تکنیک‌های یادگیری ماشین برای دیجیتالی کردن این روش در زمان‌های اخیر انجام شده است. روش‌های یادگیری عمیق اخیراً علاقه به تشخیص دقیق‌تر و سازگارتر سلول‌های تومور را برانگیخته است. [۶] با توجه به تقاضا برای یادگیری ماشینی پیشرفته، این تحقیق قصد دارد مدل CNN را با توجه به وضعیت فعلی دانش پیاده‌سازی کند و آموزش داده‌ها را برای رسیدگی به پیچیدگی‌های ناشی از تشخیص تومورهای مغزی در حین ارائه مداخلات پیشنهاد کند.

شبکه عصبی کانولوشنال (CNN)

پتانسیل هوش مصنوعی برای پر کردن شکاف بین توانایی‌های انسان و ماشین به طور قابل توجهی افزایش یافته است. برای ایجاد نتایج برجسته، هم دانشمندان و هم علاقه‌مندان بر چندین جنبه موضوعی تمرکز می‌کنند. دغدغه اصلی این رویکرد، در دست گرفتن کنترل ماشین و تفسیر جهان به همان روشی است که انسان‌ها انجام می‌دهند، اما سپس از این درک برای بسیاری از مشاغل مانند پردازش تصویر و بینایی رایانه، پردازش و طبقه‌بندی تصویر، مطبوعات رایج استفاده شود. سرگرمی، سیستم‌های خبره، پردازش زبان و غیره. پیشرفت‌ها در بینایی رایانه‌ای ایجاد و توسعه یافته‌اند که بیشتر از همه از طریق یک چارچوب ساختاریافته به نام CNN شناخته می‌شود. CNN یک فرآیند DL است که به چندین عنصر در یک تصویر نیاز دارد و اولویت بندی می‌کند و آنها را قادر می‌سازد از یکدیگر متمایز شوند. یک ConvNet نسبت به سایر تکنیک‌های طبقه‌بندی نیاز به پیش‌پردازش بسیار کمتری دارد. در حالی که روش‌های ساده فیلتر نیز موثر هستند، با آموزش کافی، آنها می‌توانند پسوندها را به عنوان ConvNet یاد بگیرند [۴]. ویژگی‌های منفرد در یک لایه کانولوشن به عنوان نوروں شناخته می‌شوند و خروجی یک نوروں با پیکسل‌های اطراف آن تعریف می‌شود. پرسپترون ناحیه ای از تراکم پیکسلی است که می‌تواند بر پاسخ نوروں تأثیر بگذارد [۲]. راندمان محاسباتی یک نوروں با افزایش مقدار عملیات کانولوشن در طراحی افزایش می‌یابد. لایه‌هایی که CNN را تقسیم می‌کنند دارای یک سیستم سلسله مراتبی هستند. CNN شامل ورودی، واحدهای پنهان، جنبه‌های کانولوشن و غیره است. همچنین شامل نرمال سازی دسته ای و لایه‌های پیچشی است. CNN به نسبت تعداد لایه‌های پیاده سازی شده، اندازه و نوع روش‌های فعال سازی استفاده شده متفاوت است. متغیرهای CNN به طور تجربی تعیین شده و از طریق آزمون و خطا پشتیبانی می‌شوند. نوروں‌ها فقط به تغییرات در بخشی از ناحیه بصری که به آن میدان پذیرنده می‌گویند واکنش نشان می‌دهند. اگر فیلدهای مشابه همدیگر را قطع کنند، کل ناحیه قابل مشاهده را پوشش خواهند داد. شکل ۱ ساختار یک شبکه عصبی کانولوشنال تک لایه را نشان می‌دهد.

تحلیل مقایسه‌ای

به طور مشابه، هیچ آمار کارایی یک استاندارد جهانی برای همه مطالعات ایجاد نمی‌کند. محققان از مجموعه‌ای از ارزیابی‌های عملکرد استفاده کردند، اما تفاسیر و توصیف ریاضی شاخص‌های عملکرد در جدول ۱ و یافته‌های جدول ۱ تعیین‌کننده بودند. همه آنها به نوعی با دقت تخمین پارامترها مرتبط هستند. وقتی نوبت به تشخیص می‌رسد، دقت و عملکرد عالی ضروری است. این مطالعه با هدف تشخیص خودکار تومورهای مغزی در اسکن مغزی MRI انجام شد. استراتژی پیشنهادی ما از CNN و ۱۶ VGG برای تشخیص تومورهای مغزی با استفاده از داده‌های MRI مغز استفاده می‌کند. با توجه به [۶۳] Devi، ۱۶ VGG را می‌توان یک رقیب برای روش‌های بهینه‌سازی دیگر، مانند AlexNet و Grid Search بهینه‌سازی، در حالی که تشخیص و طبقه‌بندی MRI تومور مغزی با CNN در نظر گرفت. با در نظر گرفتن منطق [۶۳، ۶۴] برای کاربرد هوش مصنوعی در تشخیص، چارچوب پیشنهادی به مراحل بسیاری تقسیم شد. تصویر MRI مغز به عنوان تصویر ورودی اولیه استفاده شد. عملیات داده، از جمله آستانه و عیب‌انکساری، برای کاهش نویز انجام شد. پایگاه داده تصاویر MRI مغز مورد تجزیه و تحلیل و بهبود قرار گرفت. سپس اندازه تصاویر برای استفاده به عنوان ورودی مدل تغییر داده شد. یک لایه پیش‌آموزش دیده VGG ۱۶ برای بهبود و افزایش دقت طبقه‌بندی به دو کلاس استفاده شد: بله و خیر. ۱۶ VGG نوع VGGNet عملکرد قابل توجهی بهبود یافته در میان پیشرفته‌ترین شبکه‌های طبقه‌بندی است. شکل زیر ساختار رویکرد پیشنهادی را نشان می‌دهد.



رویکرد پیشنهادی

یک روش تشخیص و طبقه‌بندی خودکار تومور مغزی در این تحقیق با استفاده از الگوریتم Faster CNN اجرا شد. سی‌ان‌ان سریع‌تر از معماری ۱۶ VGG به‌عنوان یک شبکه اولیه برای تولید نقشه‌های ویژگی کانونلوشنی استفاده کرد، سپس این نقشه‌ها را برای ارائه پیشنهادات ناحیه تومور طبقه‌بندی کرد. برای ارزیابی عملکرد از دقت پیش‌بینی استفاده شد. پس از نزدیک شدن به تصویر MRI، ابتدا یک روش پیش‌پردازش اعمال شد. CNN در تلاش است تا با ویژگی‌های طبقه‌بندی‌کننده‌های فردی سازگار شود، زیرا بزرگی در تصاویر MR دارای لبه‌های سیاه نامنظم است. نرمال‌سازی دامنه برای محدود کردن توزیع شدت به یک محدوده نرمال استفاده شد که به میانگین مقدار شدت صفر و واریانس استاندارد یک ختم شد. برای شروع، تصاویر در آستانه ۴۵ قرار گرفتند تا هر گونه تغییر شکل جزئی حذف شود و به دنبال آن یک سری محرومیت و گشاد شدن وجود داشت. سپس عکس‌ها با جمع‌آوری گسترده‌ترین خطوط هر تصویر و برش تصاویر در انتهای اضافی، پایین، چپ و راست کانتور عادی شدند.

جزئیات پیاده‌سازی شبکه عصبی کانونلوشن (CNN) و چارچوب شبکه ۱۶-VGG در نتیجه امکانات پنهان استفاده از هندسه تصاویر، برنامه‌های اصلی CNN در ویرایش عکس است. در تجزیه و تحلیل گراف، CNN از بسیاری از تکنیک‌ها بهتر عمل می‌کند. مفاهیم مختلف معماری با هم ترکیب می‌شوند: میدان‌های پذیرنده، نرمال‌سازی دسته‌ای و نمونه برداری فرعی مکانی یا زمانی. شکل ۷ ساختار مدل پیشنهادی CNN را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل نتایج و بحث

Models	Accuracy	Recall	F1-Score	Validation_Accuracy	Test_Accuracy
CNN	96%	89.5%	91.76%	87.34%	89.5%
VGG-16	98.15%	94.4%	92.6%	98.01%	97.6%
Ensemble Model	98.41%	91.4%	91.54%	91.29%	91.29%

آزمایشات بر روی رایانه شخصی با پلتفرم Linux ۴/۰/۰ LTS با Geforce R.T.X اجرا شد. یک سیستم کامپیوتری با شش گیگابایت حافظه رم، پردازنده گرافیکی^۲ مدل i۵ ۱۵ U-Intel® Core™ ۲۲۰۰@ ۲/۵۰GHz و پردازنده مرکزی^۳ مدل NVIDIA GeForce ۹۲۰M پیاده سازی شده است. داده‌های CNN، VGG ۱۶، ۸۰ درصد برای آموزش، ۱۰ درصد برای اعتبارسنجی، و ۱۰ درصد دیگر برای آزمایش، نرخ یادگیری ۰/۰۰۰۱ در ۸۰ دوره، اندازه دسته‌ای ۱۶، و آنتروپی متقابل طبقه‌بندی به عنوان خطا ذخیره شده است. نرخ برای آموزش شبکه استفاده شد. چارچوب پیشنهادی به ترتیب شامل CNN، VGG ۱ و Ensemble بود که با دقت قابل قبولی از طریق CNN در ۹۶٪، VGG ۱۶ در ۹۸/۵٪، و Ensemble Model در ۹۸/۱۴٪، همانطور که در جدول ۲ توضیح داده شده است، به دست آمد.

بحث

این مطالعه با ارائه راه حلی جدید برای تشخیص تومورهای مغزی در تصاویر MRI با دقت بیشتر، سعی در برآوردن چنین نیازهایی داشت. مدل پیشنهادی مدل‌های یادگیری عمیق و انتقال یادگیری را برای دستیابی به میزان دقت قابل‌توجهی یکپارچه می‌کند. در مقایسه با تکنیک‌های مشابه از ادبیات گذشته، در این مطالعه، بهینه‌سازی مدل‌های آموزشی برای کاهش نیاز به توان محاسباتی بالا افزایش یافت. [۵] متغیرهای ضروری بیان شده برای مدل پیشنهادی نشان داد که در یافتن نواحی تومور اصلی کارآمد است، در حالی که از مثبت کاذب جلوگیری می‌کند. اکثر رویکردهای فعلی بر روی کل ناحیه تومور تمرکز می‌کنند، که منجر به اندازه‌گیری عملکرد ضعیف برای نواحی هسته و تقویت می‌شود، که بر اهمیت طراحی توسعه‌یافته در این مطالعه تأکید می‌کند. روش‌های ارائه‌شده در ادبیات باید شامل روش‌های آماری و مبتنی بر یادگیری عمیق باشد که CNN در برخورد با پیچیدگی کار برتر است. با توجه به اهمیت بالینی مشکل تشخیص تومور، محدودیت زمانی، حساسیت و اثربخشی ضروری است. نتایج کارایی و کارایی روش‌های پیشنهادی را تأیید می‌کند، به‌ویژه از نظر مناطق بنیادی و تقویت‌کننده و مقادیر خاص، که در آن از روش‌های قبلی با حاشیه وسیعی بهتر عمل کرد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، یک CNN برای تشخیص تومورهای مغزی با استفاده از اسکن MRI مغز ساخته شد. این شبکه را می‌توان برای آموزش سریعتر و راحت تر با استفاده از مدل VGG ۱۶ از پیش آموزش دیده آموزش داد. VGG ۱۶ دارای شانزده لایه است و یک مدل حیاتی CNN برای ارزیابی اینکه آیا از یک مدل تجاری برای یک کار استفاده می‌کند یا خیر است. هدف این مقاله کشف تومور مغزی با استفاده از VGG ۱۶، معماری مدل CNN و وزنه‌های داده‌های آموزشی بود. دقت نتیجه ارزیابی شد. تصاویر MRI مغز برای شناسایی تومور، نوع داده ای است که ما برای مطالعه خود به دست آوریم. در مقایسه با روش‌های مرسوم، نتایج نشان داد که معماری شبکه پیشنهادی جذاب بوده و در تشخیص تومورها عملکرد فوق‌العاده‌ای دارد. عملیات پردازش مختلفی نیز برای افزایش کارایی مدل انجام شد. رویکرد پیشنهادی برای تشخیص تومور مغزی مبتنی بر یادگیری عمیق بود و رزونانس مغناطیسی مغز برای ارزیابی تومور با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی خودکار استفاده شد. برای بهبود تصویر و طبقه بندی بهتر، از مدل CNN در این مقاله استفاده شده است. این مطالعه با موفقیت نتایج بهتری به همراه داشت در حالی که به زمان محاسباتی کمتری نیاز داشت. محدودیت این تحقیق در تمرکز انحصاری آن بر تومورهای مغزی نهفته است که می‌تواند برای توضیح انواع حملات سرطان در تصاویر MRI گسترش یابد. تحقیقات آینده می‌تواند از انواع روش‌های تصویر و تکنیک‌های تقسیم‌بندی متنوع برای به دست آوردن بهترین تقریب از مناطق آسیب‌دیده در مغز برای جداسازی این مناطق از بخش‌های آسیب‌دیده مغز استفاده کند. روش‌های متفاوتی که دارای تمایز ثبت تصویر از یکدیگر هستند، می‌توانند برای ارائه ویژگی‌های تصویر گمشده در تصویر ثابت و انجام بهترین طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گیرند. برای دستیابی به دقت و دقت بالاتر، می‌توان از مجموعه ها بیشتر استفاده کرد.

(Random Access Memory (RAM	۱
(Graphic Processor Unit (GPU	۲
(Central Processor Unit (CPU	۳

منابع

- Anitha, V.; Murugavalli, S. Brain tumor classification using two-tier classifier with adaptive segmentation technique. IET Comput. Vis. ۲۰۱۶, 10, 9–11.
- Badillo, S.; Banfai, B.; Birzele, F.; Davydov, I.I.; Hutchinson, L.; Kam-Thong, T.; Siebourg-Polster, J.; Steiert, B.; Zhang, J.D. An introduction to machine learning. Clin. Pharmacol. Ther. ۲۰۲۰, 107, 871–885.
- Patil, R.B.; Ansingkar, N.; Deshmukh, P.D. Deep Learning Based Brain Tumor Segmentation: Recent Updates. In Rising Threats in Expert Applications and Solutions; Springer: Singapore, 2022; pp. 395–405.
- Menze, B.H.; Jakab, A.; Bauer, S.; Kalpathy-Cramer, J.; Farahani, K.; Kirby, J.; Burren, Y.; Porz, N.; Slotboom, J.; Wiest, R.; et al. The multimodal brain tumor image segmentation benchmark (BRATS). IEEE Trans. Med. Imaging ۲۰۱۵, 34, 1993–2024.
- Yaquub, M.; Feng, J.; Zia, M.S.; Arshid, K.; Jia, K.; Rehman, Z.U.; Mehmood, A. State-of-the-art CNN optimizer for brain tumor segmentation in magnetic resonance images. Brain Sci. ۲۰۲۰, 10, 427.
- Amin, J.; Sharif, M.; Yasmin, M.; Fernandes, S.L. A distinctive approach in brain tumor detection and classification using M.R.I. Pattern Recognit. Lett. ۲۰۲۰, 139, 118–127

ساخت آبروژل سلولزی و بررسی خواص کاربردی نمونه فشرده آن

میرمرتضی سادات ابراهیمی^۱، محمدحسین کربلاییاسمعیل^۲، داود صادقی گاریز^{*}

۱

مرکز علم و فناوری زیستشناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه جامع امام حسین علیه‌السلام، تهران، ایران

^۲ گروه سلولز و شیمی چوب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.ihu@kpsadeghi

ایمیل ارائه‌دهنده: ir.ac.ihu@sadatebrahimi

چکیده فارسی

در این تحقیق، ساخت آبروژل سلولزی از پالپ سلولز به‌منظور ساخت پروفیل‌های منعطف و فوق جاذب انجام گرفته و خواص فیزیکی کاربردی آنها بررسی گردید. پالپ چوب رنگ‌بری شده طی یک فرایند شیمیایی با ایجاد اتصالات عرضی بین زنجیرهای ماکرو مولکول با ایجاد پیوندهای شیمیایی با استفاده از مشتقات اپیکلروهیدرین برای ساخت آبروژل مورد استفاده قرار گرفت. از آبروژل به‌دست‌آمده برای ساخت نمونه فشرده پروفیل سیلندری به ابعاد (قطر 10 میلی‌متر و ضخامت 5 میلی‌متر) به کار گرفته شد. به‌موازات آن نمونه دیگری نیز تنها از شیت سلولز ساخته شده و آزمایش‌های بررسی خواص فیزیکی آن با نمونه‌های آبروژل مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمایش‌های نشان دادند که در هر دو روش، امکان پرس شدن و تولید پروفیل منعطف سیلندری از سلولز قابل انجام بوده و نمونه‌های ساخته شده دارای زمان بازگشت به اندازه اولیه در حدود 10 ثانیه و همچنین میزان جذب رطوبت حدود هزار درصد را دارا بودند.

کلیدواژه‌ها: سلولز، پالپ سلولز، آبروژل، رزین مقاومت‌تر

۱. مقدمه

خونریزی در اثر ایجاد زخم در بدن حاصل می‌شود. زخم، به هرگونه از دست رفتن یکپارچگی یا گسستگی انسجام لایه‌های پوست (اپیدرم، درم و هیپودرم) یا انسجام بافت‌های زیرپوستی اطلاق می‌شود. زخم ممکن است در اثر عوامل فیزیکی (برش جراحی، ضربه، فشار و اصابت گلوله) یا عوامل شیمیایی (سوختگی با اسید) ایجاد شود و نسج نرم (نسج نرم در بدن شامل پوست، عضلات، عروق خونی و اعصاب می‌باشد) یا استخوان را نیز درگیر کند.

به‌طورکلی خونریزی به دو صورت اتفاق می‌افتد: خونریزی داخلی و خونریزی خارجی، خونریزی داخلی در اندام‌های داخلی بدن اتفاق می‌افتد و قابل مشاهده نمی‌باشد. در این خونریزی، خون از درون عروق خارج شده، ولی داخل بدن باقی می‌ماند. از علل خونریزی داخلی می‌توان آسیب و ضربه در اثر تصادفات، ضربه‌ها، وارد شدن گلوله به درون احشاء، برخی بیماری‌های خاص مثل خونریزی گوارشی و اختلالات انعقادی اکتسابی و ارثی را نام برد.

در خونریزی خارجی، خون از بدن خارج شده و بیرون می‌ریزد و غالباً در نتیجه بریدگی، جراحات جنگی و شکستگی‌های باز استخوان‌ها ایجاد می‌شود. از علل خونریزی خارجی می‌توان به آسیب‌های ناشی از تصادفات، ضربه‌ها، بریدگی با آلات برنده و صدمات جنگی در اثر گلوله و ترکش و... اشاره کرد.

۲-۱ نوع خونریزی خارجی وجود دارد:

۱. خونریزی مویرگی، که شایع‌ترین خونریزی خارجی است و خون به بیرون چکه می‌کند و با یک فشار ساده قابل کنترل است مثل بریدگی انگشت.
 ۲. خونریزی وریدی، در این نوع خونریزی جریان خون یکنواخت است، خون وریدی به رنگ قرمز تیره است. خونریزی از وریدهای بزرگ ممکن است زیاد و تهدیدکننده حیات باشد. خونریزی وریدی با فشار مستقیم بر روی ناحیه خونریزی دهنده به مدت حداقل پنج دقیقه متوقف می‌شود.
 ۳. خونریزی شریانی (سرخرگی)، خطرناک‌ترین نوع خونریزی خارجی می‌باشد. خون شریانی از داخل زخم یا پارگی با هر ضربان قلب به بیرون می‌جهد. خون ناشی از خونریزی شریانی به رنگ قرمز روشن می‌باشد. فشارخون در شریان نسبت به مویرگ و ورید بسیار بیشتر است و عدم رسیدگی می‌تواند در مدت کوتاهی به علت از دست دادن خون به مرگ منجر شود. برای کنترل خونریزی شریانی از فشار مستقیم یا در صورت نیاز بالا گرفتن اندام استفاده می‌شود.
- بر اساس وضعیت زخم نوع پانسمان و نحوه درمان آن فرق خواهد کرد. انواع زخم‌های خارجی شامل خراشیدگی یا ساییدگی، بریدگی، پاره شدگی، کنده شدگی، سوراخ شدگی و قطع عضو می‌باشد.^۳
- بر اساس نظر مولر و همکاران، عمده تحقیقات بر روی بند آورنده‌های خونریزی، در یک دهه اخیر و به‌خصوص پس از جنگ آمریکا در افغانستان و عراق صورت پذیرفته است. با بررسی دقیق و آنالیز داده‌های آماری از مصدومین و میزان مرگ‌ومیر نیروهای ائتلاف شرکت‌کننده، مهم‌ترین عامل مرگ نیروهای عمل‌کننده خونریزی ناشی از اصابت گلوله به نیم‌تنه بالا تا گردن (۶۷ درصد)، نقاط اتصال پاها و گردن (۱۹ درصد) و مناطق انتهایی پاها (۱۳ درصد) می‌باشد. همچنین بر اساس تحقیق همین گروه نویسندگان، (۲۲-۱۱ درصد) از مرگ در مصدومین شهری خونریزی ناشی از ضربات به نواحی مختلف بدن می‌باشد.
- تحقیقات گسترده‌ای در مراکز معتبر تحقیقاتی-نظامی دنیا به جلوگیری سریع و موثر خونریزی به‌وسیله ارتقاء قابلیت‌های ابزارهای موجود و یا تولید محصولات جدید صورت گرفته است که از آنها می‌توان به تولید شریان‌بند‌های نسل جدید، فوم‌ها، اسپری و یا پودرهای بندآورنده خون و تولید پانسمان‌های نسل جدید با قابلیت‌های ویژه اشاره کرد که در این پانسمان‌ها از پلیمرهای طبیعی (مانند سلولز، کایتوزان، کایتین، آلژینات، هیالورنیک اسید، کلاژن و فیبرین) و پلیمرهای مصنوعی (مانند پلی لاکتیک اسید، پلی لاکتیک-کو-گلیکولیک اسید، پلی کاپرولاکتون، پلی وینیل الکل، پلی یورتان، پلی ارتو استر) جهت ارتقاء کارایی آنها استفاده می‌شود.

در نمونه‌های جدیدتر آنها استفاده از دانه‌های ساخته شده عمدتاً از بیوپلیمرها به شکل فزاینده‌ای به کار گرفته شده است. این دانه‌ها با حجم اولیه بسیار کم به محض مجاورت با خون و یا سایر ترشحات زخم، کاملاً باز شده و تا ۱۰ برابر وزن اولیه خود جذب می‌کند. ساخت فوق جاذب‌های سلولزی در ایران از سوابق تحقیقاتی کمی برخوردار می‌باشد که لزوم تحقیق در این زمینه را یادآور می‌شود. در این بین ساخت آبروژله‌های سلولزی منعطف و فوق جاذب لیگنوسلولزی از پالپ خمیر کاغذ از نوآوری‌های این پژوهش محسوب می‌گردد. پسماندهای تولیدشده از محصولات کشاورزی، مواد اولیه بالقوه‌ای هستند که امکان استفاده بهینه از آنها در زنجیره‌های تولید وجود دارد. این مواد صنعتی به دلیل سهولت دسترسی، غنی بودن از کربن و مشکلاتی که در حذف آنها از چرخه زیست‌محیطی وجود دارد، جایگزین مناسبی برای فرایندهای تخمیری هستند. پسماندهای

لیگنوسلولزی قابل تبدیل و استفاده بهینه در ایران از فراوانی بالایی برخوردار است لکن بسیاری از این پسماندها به صورت سوخت و کود استفاده شده و نابود می‌شوند که با توان استحصال آنها به پالپ رنگ‌بری شده علاوه بر افزایش ارزش افزوده میتواند به‌عنوان مواد اولیه تولید جاذبه‌های سلولزی در دسترس صنعت قرار گیرند.

آیروژل یا هواژل یک ماده تولیدی است که کمترین چگالی را در میان مواد جامد دارد. این ماده از یک ماده ژلگونه به دست می‌آید که طی فرایند قسمت مایع ژل با گاز جایگزین می‌شود. نتیجه این فرایند ماده‌های جامد با چگالی بسیار کم و درعین حال، ویژگی قابل توجه در زمینه عایق گرمایی است. فرایند تولید هواژل شامل استخراج بخش مایع ژل با استفاده از روش خشک کردن انجمادی می‌باشد. با استفاده از این روش مایع به آهستگی از درون شبکه جامد ژل خارج شده بدون آنکه به این شبکه آسیبی برسد و یا در اثر نیروی مویینگی در هم بشکند. آیروژل، یکی از سبک‌ترین مواد جامد شناخته شده در جهان است.

سلولز فراوان‌ترین پلیمر در طبیعت می‌باشد، یکی از منابع مهم استحصال سلولز، چوب و یا پنبه است. در اغلب گونه‌ها در حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد چوب خشک سلولز است که عمدتاً در دیواره ثانویه سلول متمرکز شده است. سلولز یک پلیساکارید تشکیل شده از واحدهای بتا دیگلوکوپیرانوز است که با پیوند گلیکوزیدی به ۴ به یکدیگر متصلند. مولکول سلولز خطی است و تمایل زیادی به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی دارند در نتیجه دسته‌هایی از مولکول‌های سلولز با یکدیگر مجتمع می‌شوند و ریزلیفچه‌ها را تشکیل می‌دهند. در ریزلیفچه‌ها نواحی منظم بلورین و نواحی نامنظم بیشکل به‌طور متناوب در مجاورت یکدیگر قرار دارند بر اثر همین ساختار لیفی و پیوندهای هیدروژنی، سلولز از مقاومت کششی بالا برخوردار بوده و در اکثر حلالها نامحلول است هر ۵ مولکول سلوبیوز با آرایش فضایی مکعبی شکل، بلور سلولز را به وجود می‌آورند و از مجموعه بلورهای سلولز، رشته ابتدایی یا میسل سلولز تشکیل می‌شود. مجموعه میسلها، میکروفیبریل سلولزی را به وجود می‌آورند که قطری حدود ۲۵ نانومتر دارد. از مجموع حدود ۲۰ میکروفیبریل، ماکروفیبریل سلولزی تشکیل می‌شود. جانوران گیاهخوار از سلولز موجود در مواد غذایی گیاهی به‌عنوان منبع انرژی استفاده می‌کنند، درحالی‌که بدن ما قادر به استفاده از انرژی سلولز نبوده و قسمت اعظم سلولز موجود در مواد غذایی گیاهی از بدن دفع می‌شود. سلولز از واحدهای دارای قطر ۳۵۰ آنگستروم تشکیل شده که آنها را رشته‌های ابتدایی می‌نامند. این قطر اغلب درست است اما قطعی نیست، مثلاً در برخی نمونه‌ها مثل سلولز جلیک والونی ۳۰۰ آنگستروم و در ترکیبات موسیلاژی برخی میوه‌ها تنها ۱ آنگستروم است. به‌این ترتیب تصور حالت همگن برای رشته‌های ابتدایی سلولز کنار گذاشته شد و اشکال مختلف (استوانه‌ای، منشوری با قاعده مربعی و یا روبان کم‌وبیش پهن) منظور گردید. دو عامل در محدودیت ابعاد این واحدها دخالت دارد: (۱) همیسلولز که همانند پوششی رشد جانبی رشته‌های سلولزی را محدود می‌کنند و (۲) آرایش یا سازمانیافتگی حاصل از مجموعه سلولز ستاز (آنزیم تولیدکننده سلولز) غشای سلولی که رشته‌های اولیه سلولزی را می‌سازد. سلولز در برابر تیمارهای آنزیمی و شیمیایی پلیمریزاسیون مولکول‌های پیش ساز مولکول‌های سلولز تشکیل می‌شود. پس از تشکیل مولکول‌های سلولز تجمع آنها به صورت بلورهای سلولز و رسیدن به حد میکروفیبرلها و ماکروفیبرل‌های سلولزی بر بنای پدیده خودآرایی با برقراری پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی است. سلولز ماده تشکیل دهنده دیواره سلولی گیاهان است. این ترکیب اولین بار در سال ۱۸۳۸م. مورد توجه قرار گرفت. در آن سال‌ها با اعمال تغییراتی در آن مانند نیتروژندار کردن در تولید نیتروسلولز مورد استفاده قرار گرفت. سلولز به صورت تقریباً خالص در رشته‌های پنبه وجود دارد که در تولید نخ و پارچه‌بافی و تولید پوشاک اهمیت به‌سزایی دارد، همچنین الیاف پنبه استرل در پزشکی کاربرد زیادی دارد. سلولز به صورت ترکیب با لیگنین و سلولز در تمام مواد گیاهی وجود دارد. سلولز در گذشته در ساخت باروت بدون دود مورد استفاده قرار میگرفت و امروزه از آن برای تولید نیترو سلولز که در ساخت مواد منفجره، پلاستیکساز، رنگ‌سازی و غیره استفاده می‌کنند. سلولز همچنین در آزمایشگاه به‌عنوان جزء عملکننده فاز جامد در کروماتوگرافی لایه نازک استفاده می‌شود. "

۱-۲- پالایش الیاف سلولزی (Refine)

عملی مکانیکی است که توسط دستگاهی به نام ریفاینر انجام می‌شود. بدین صورت که الیاف باز شده با درصد خشکی مناسب در آب وارد دستگاه شده و الیاف از بین صفحات چرخان و دارای زوایید عبور می‌کند که تحت نیروی مکانیکی بالایی قرار گرفته و در اثر آن دیواره سلولی الیاف پرزدار می‌شود که این امر باعث افزایش سطح ویژه الیاف شده و همچنین ایجاد گروه‌های هیدروکسیل آزاد و فیبریله کردن لیفچه‌ها باعث تغییر خصوصیات جذب الیاف می‌شود. ترکیبات پلیساکارید سلولز از اولین مواد به کاررفته به‌عنوان زخم پوش هستند که برای بهبود زخم‌های مزمن، کاهش درد و تسریع زمان بهبود استفاده می‌شوند. همچنین، در مراحل دانه‌دانه شدن و ایجاد بافت جدید روی زخم اثر می‌گذارند. هیدروکسی

آلکیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز همچنین به‌عنوان ماتریس در رهایش دارو کاربرد دارند.

هدف از تحقیق حاضر تولید آبروژل سلولزی از الیاف رنگ‌بری شده لیگنوسلولزی مشهور به پالپ و بررسی اثر رزین مقاومت‌تر در آن به‌منظور ساخت یک پروفیل سلولزی خاص بوده که میتواند در تولید محصولات فوق جاذب کاربردی در بنداورندهای خون مدرن به کار گرفته شود.

۲. روش تحقیق

۲-۱- مواد و وسایل مورد نیاز

الیاف سلولزی تهیه شده از پالپ چوب (ECF Softwood Kraft Pulp) از شرکت Arauco BKF, Argentine ، پلی‌آمیدوآمین اپیکلروهیدرین Rishab, India (PAE) خریداری شدند.

۲-۲- روشها

۲-۲-۱- ساخت آبروژل

شیت الیاف در دستگاه آسیاب (گریز از مرکز چهار تیغه، Braun T-154, Germany) به مدت ۳۰ ثانیه حلاجی و الیاف به‌صورت کامل جداسازی شد. (شکل ۲) الیاف جداشده در داخل کیسه‌های پلیاتیلنی قرار داده شدند. ۵/۰ گرم پالپ و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دیونایز در مخلوط‌کن (Tefal ۴۰۰ وات) کاملاً باز شده سپس در یک بشر ریخته شده و به‌وسیله دستگاه اولتراسونیک بدون ایجاد وقفه سونیکیت شد. پس‌از آن به مدت ۲۴ ساعت برای همگن شدن بر روی همزن مغناطیسی با دور ۴۰۰ rpm هم زده شد سپس در دمای ۸ - درجه سانتی‌گراد منجمد و بعد از آن به خشککن انجمادی به مدت ۷۲ ساعت منتقل شد. در نمونه‌های حاوی رزین مقاومت‌تر پس از مرحله سونیکیت، رزین مقاومت‌تر به غلظت موردنظر و به میزان ۲/۵ درصد وزن خشک الیاف به مخلوط آب و الیاف اضافه شد پس‌از آن به مدت ۲۴ ساعت برای همگن شدن سیستم بر روی همزن مغناطیسی با دور ۴۰۰ rpm هم زده شد سپس در دمای ۸ - درجه سانتی‌گراد منجمد شده و بعد از آن به خشککن انجمادی به مدت ۷۲ ساعت منتقل شد در نهایت ۳ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه برای فعال شدن رزین و خروج کامل آب به آون منتقل شد. آبروژل حاصل شده آماده تست و بررسی گردید.

۲-۲-۲- ساخت دانه‌های سیلندری فشرده

سیلندری فلزی با قطر سوراخ پرس ۱ سانتی‌متر را از آبروژل با وزن معین پر نموده و اهرم فشار را روی الیاف قرار می‌دهیم سپس نهایت فشرده‌سازی را تا زمان ۱ دقیقه ادامه می‌دهیم.

۲-۲-۲- جذب و انبساط طولی پیش‌آزمون‌ها

قرص‌های فشرده در ظرف شیشه‌ای با ۳ میلی‌لیتر آب در زمان ۳۰ ثانیه بازیابی طول اولیه و میزان جذب آب آن ارزیابی شدند.

۲-۳- شرایط آزمون

- روش استفاده از پالپ ساده که در آزمایش‌های با نماد A نمایش داده شده است .
- روش استفاده از پالپ و رزین مقاومت‌تر الیاف در آزمایش‌های با نماد B نمایش داده شده است.

۲-۳-۱- آزمون نمونه شاهد (A)

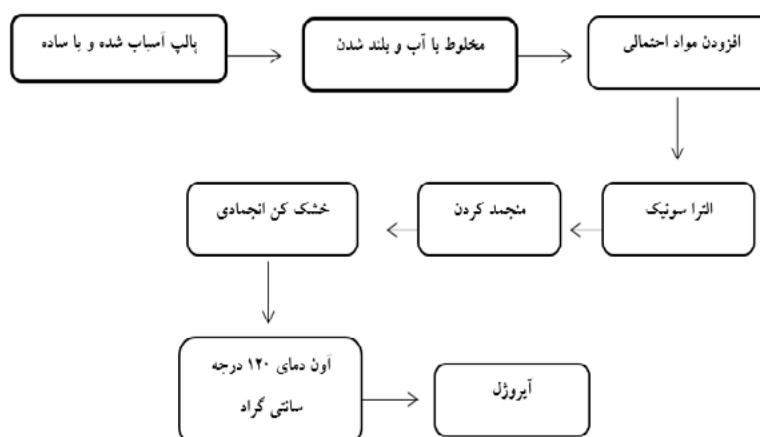
مقادیر (۰/۴، ۰/۵، ۱ گرم) از الیاف حلاجی‌شده را برای مرحله پرس آماده می‌کنیم. پس از عمل فشرده‌سازی و اندازه‌گیری ابعاد قرص تولیدشده را در فالكونی ۵۰ میلی‌لیتر قرار داده و درب آن با پارافلم پوشانده شد.

۲-۳-۲- آزمون‌های بررسی اثر رزین مقاومت‌تر (B)

الیاف پالپ تهیه شده با آب دیونایز در مخلوط‌کن تفال ۴۰۰ وات کاملاً بازشده سپس در یک بشر ریخته شده و به‌وسیله دستگاه اولترا سونیک، ۱۵ دقیقه سونیکیت شد. رزین مقاومت‌تر تهیه شده از شرکت ریشاب هندوستان به میزان درصد وزن خشک الیاف به مخلوط آب و الیاف (نمونه $B_1: 2.5\%$, $B_2: 5\%$, $B_3: 10\%$) اضافه شد پس از آن به مدت ۲۴ ساعت برای همگن شدن سیستم بر روی همزن مغناطیسی با دور ۴۰۰ هم زده شد سپس ۲۴ ساعت در دمای ۸ درجه زیر صفر منجمد شده و بعد از آن به خشک‌کن انجمادی به مدت ۷۲ ساعت منتقل شد در نهایت ۳ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه برای فعال شدن رزین و خروج کامل آب به آون منتقل شد.

۳. نتایج و بحث

مراحل ساخت آبروژل سلولزی در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- مراحل ساخت آبروژل سلولزی در این تحقیق



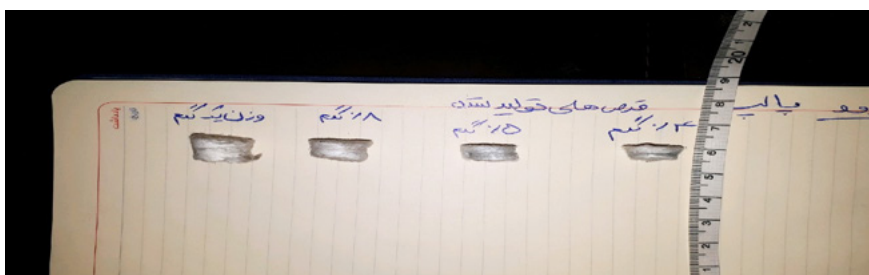
شکل ۲- نمونه اولیه پالپ چوب (چپ) و نمونه حلاجی‌شده آن (راست)

۳-۱- نتایج آزمون A

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد با افزایش وزن قرص به همان نسبت جذب آب و انبساط طولی افزایش یافت. در جدول ۱ نتایج حاصل نشان داده شده‌اند. در این پژوهش قرص ۴/۰ گرم به حداقل اندازه طول ۵/۳ میلی‌متر رسید که پس از جذب آب به میزان ۱ میلی‌لیتر تا ۱۳ میلی‌متر افزایش طول داشت شکل (۱) و (۲).



شکل ۳- پالپ پرس شده قبل و بعد از جذب آب



شکل ۴- نمونه آبروژل فشرده‌شده در اوزان مختلف

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون A

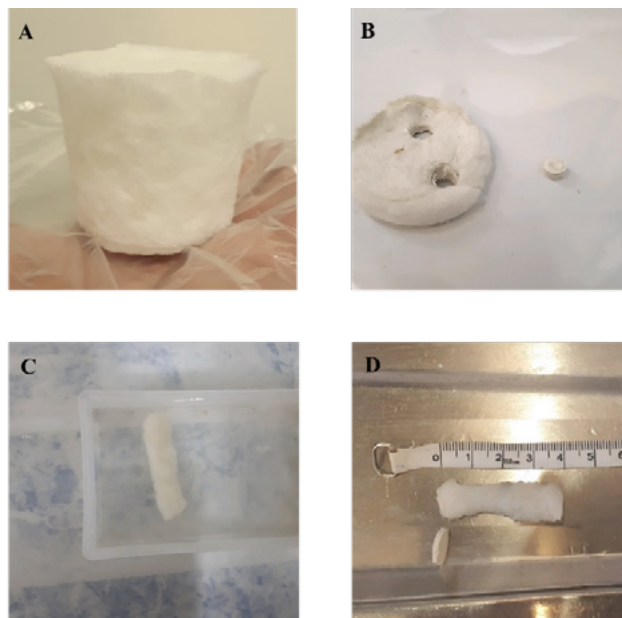
نمونه	وزن الیاف (gr)	طول قرص فشرده‌شده (mm)	قطر قرص فشرده‌شده (mm)	جذب آب (mL)	جذب آب (%)	طول قرص بعد از جذب (mm)	قطر قرص بعد از جذب (mm)
1	0.4	3.5	10	1.2±0.1	300±15	13±0.5	11
2	0.5	4.5	10	1.5±0.1	300±20	16±0.5	11.5
3	1	6.5	10	2.8±0.1	290±10	29±1	12

۳-۵ نتایج آزمون B

آیروژل به‌دست‌آمده از این روش دارای شکل هندسی نسبتاً منظم و تخلخل بالاتر از نمونه‌های A و جذب و پایداری بهتر بود . شکل (۵) و جدول ۲ نتایج آزمون B را نشان می‌دهد.



شکل ۵- آیروژل حاصل از روش B_1 (چپ) و روش B_2 (راست)



شکل ۶- نمونه آیروژل ساخته شده B_3 (A)، آیروژل فشرده‌شده با دستگاه پرس و نمونه سیلندر جداشده از آن (B) ، تصویر قرار گرفتن نمونه سیلندر در آب پس از ۱۰ ثانیه (C) و مقایسه افزایش طول نمونه اولیه و نمونه باز شده در آب (D)

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمون B

قطر قرص بعد از جذب (mm)	طول قرص بعد از جذب (mm)	جذب آب (%)	جذب آب (mL)	فشرده شده (mm)	طول قرص فشرده شده (mm)	رزین مقاومت‌تر (gr)	وزن الیاف (gr)	نمونه
11	23±0.5	790±15	3.1±0.1	10	3.5	0.0125	0.5	B ₁
11.5	29±0.5	1000±20	4.4±0.1	10	3.5	0.025	0.5	B ₂
12	37±1	1000±10	4.7±0.1	10	3.5	0.05	0.5	B ₃

نوع رزین مقاومت‌تر که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت ریشاب ۱۲/۵ درصد بود که تغییرات در میزان مصرف رزین در میزان مقاومت‌تر و همچنین کیفیت شکل‌گیری محصول مشاهده گردید که این نتایج با تحقیقات مشابه همخوانی دارد. استفاده از رزین بین ۲ تا ۱۰ درصد نتایج مناسبی را در جذب آب و استحکام دانه‌ها فراهم نمود. اما یکی از دلایل استفاده نکردن بیشتر از رزین مقاومت‌تر ایجاد شبکه‌ای زرد رنگ و رسوب‌کرده در انتهای محصول می‌باشد که نشان‌دهنده بالا بودن میزان رزین آزاد در سوسپانسیون الیاف بوده که با ایجاد تجمع نموده و شبکه‌ای از رزین را ایجاد می‌کند. این امر باعث ایجاد ضعف و کاهش کیفیت در محصول شد. (نتایج اینجا آورده نشده‌اند). فشار و زمان پرس در میزان جذب آب و سرعت باز شدن کاملاً مشهود بود. با افزایش میزان فشار و زمان، کاهش محسوسی در سرعت و میزان جذب آب مشاهده شد. با توجه به پیش‌آزمون‌های صورت گرفته نقاط بهینه پرس برای آبروژل‌ها ۵۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم به مدت ۳۰ ثانیه تعیین شد. شایان‌ذکر است پس از گذشت مدت زمان ۲ ماه از پرس شدن نمونه‌ها پدیده برگشت ضخامت مشاهده نشد. (نتایج اینجا آورده نشده‌اند)

تولید آبروژل‌های سلولزی انعطاف‌پذیر با استفاده از پالپ که عموماً آبروژل‌های تولیدشده در صنایع سلولزی به خاطر شکل‌گیری فیلم مانند، از شکنندگی بالایی برخوردار است همچنین استفاده از حلال‌های سلولز و پودر کریستال سلولز بر هزینه‌های تولید این محصول افزوده است در صورتی که در فرآیندهای ذکرشده در این پژوهش استفاده از ماده اولیه خمیر کاغذ با هزینه به مراتب کمتر از فرآیندهای عمومی تولید آبروژل بر اهمیت استفاده از آن می‌افزاید. همچنین تولید این آبروژل‌های سلولزی ابر جاذب می‌تواند به عنوان نسل جدیدی از نوع دیگری از بند آورنده‌های خون به کار گرفته شود برای توضیح این امر می‌توان به یکپارچگی و عدم وجود خلل و فرج‌های بزرگ در بدنه آبروژل‌های ساخته شده اشاره نمود که باعث عدم تشکیل لخته خون‌های به نسبت بزرگ و خطر برگشت آن به سیستم گردش خون از محل جراحی رگ‌های آسیب‌دیده اشاره نمود که می‌تواند کشنده باشد. همچنین با توجه به سرعت و قدرت جذب بالایی که وجود دارد عیب کمبود مقاومت مکانیکی در حالت تر را با تغییر در روش خارج‌سازی قرص‌ها در محل شکاف زخم با استفاده از ساکشن کردن به جای خارج کردن دستی جبران نمود.

۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش ساخت آبروژل‌های سلولزی منعطف به صورت مستقیم از پالپ خالص رنگ‌بری شده

به‌منظور ساخت دانه‌های جاذب سلولزی کاربردی در بند آورنده‌های خون مدرن انجام شد. خواص فیزیکی کاربردی مانند میزان جذب آب و زمان بازگشت به اندازه اولیه نمونه دانه‌های سلولزی بدون رزین مقاوم‌تر و در نمونه‌های حاوی رزین مقاوم‌تر، سرعت بازگشت به اندازه اولیه دانه‌ها و میزان جذب مایعات اندازه‌گیری شدند. قرص‌های جاذب سلولزی حاوی رزین مقاوم‌تر در اندازه بهینه خود، توانایی جذب آب تا ۱۰۰۰ درصد از وزن اولیه و زمان بازگشت به اندازه اولیه ۱۰ ثانیه مشاهده شد. استفاده از مواد لخته کننده خون مانند کایتوزان در ساخت این دانه‌ها و بررسی خواص فیزیکی کاربردی آن برای تحقیقات بعدی موردنظر می‌باشد.

منابع

۱. Zahedi P., Rezaeian I., Ranaei Siadat S.O., Jafari S., and Supaphol P., A Review on Wound Dressings with an Emphasis on Electrospun Nanofibrous Polymeric Bandages, *Polym. Adv. Technol.*, ۹۵-۷۷, ۲۱, ۲۰۱۰.
۲. E. van Oostendorp, E. C. T. H. Tan, L. M. G. Geeraedts. Prehospital control of life-threatening truncal and junctional haemorrhage is the ultimate challenge in optimizing trauma care; a review of treatment options and their applicability in the civilian trauma setting. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* ۲۰۱۶ ۱۲۳-۱۱۰, ۲۴.
۳. Afaghi E. and Mahmoudi H., The Role of Moist Dressings in Wound Healing, *Edu. J. Baqiyatallah Uni. Nurs. Faculty*, ۱۶-۱۱, ۱۵, ۲۰۱۵, (Persian).
۴. Genevieve R. Mueller, BS, Teresa J. Pineda, BS, Hua X. Xie, MD, Jeffrey S. Teach, RN, Andrew D. Barofsky, JD, MBA, James R. Schmid, DSc, PA-C, US Army, MHCS, and Kenton W. Gregory, MD, Portland, Oregon. A novel sponge-based wound stasis dressing to treat lethal noncompressible hemorrhage. *J Trauma Acute Care Surg.* ۱۳۹-۱۳۴, (۲)۷۳, ۲۰۱۲.
۵. Alipour H., Koosha M., Sarraf Shirazi M.J., and Jebali A. Modern Commercial Wound Dressings and Introducing New Wound Dressings for Wound Healing: A Review. *Polymerization Quarterly*, (۴) ۶, ۲۰۱۶ ۸۰-۶۵.
۶. USAMRMC. Extremity Trauma. Combat Casualty Care Research Program (CCRP). ۲۰۱۰; US Army Medical Department/Medical Research and Material Command. Available at: <https://mrmmc.detrack.army.mil>.
۷. Buchholz FL., Graham, AT., (۱۹۹۸). *Modern Superabsorbent Polymer Technology*. WileyVCH. NewYork, Ch: ۲۱۷-۲, ۹۷.
۸. Erkey C., Türk M., *Supercritical Fluid Science and Technology*, Chapter ۳ - Support materials, Elsevier, Volume ۳۰-۱۹, ۲۰۲۱, ۸.
۹. Miyamoto, T., Takahashi, S, Ito, H., Inagaki, H., Nioshiki, Y. (۱۹۸۹). Tissue biocompatibility of cellulose and its derivatives. *J. Biomed. Mater. Res.*, ۱۳۳-۱۲۵, (۱) ۲۳.
۱۰. Czaja, W.K., Young, D.J). Kawecki, M, Malcolm Brown, R. (۲۰۰۷). The future prospects of microbial cellulose in biomedical applications. *Biomacromolecules*, ۱۲-۱, (۱) ۸.
۱۱. Sannino, A., Demitri, Ch., Madaghiele, M. (۲۰۰۹). *Biodegradable Cellulose-based Hydrogels: Design and Applications*, Materials ۳۷۳-۳۵۳, ۲.
۱۲. Anisha, S., Pramod, KSh., Vipin Kumar Garg, GarimaGarg. (۲۰۱۰). *HYDROGELS: A REVIEW*, Volume ۴, Issue ۲, September - October.
۱۳. S.T. Nguyen, J. Feng, N. Le, A.T. Le, N. Hoang, H.M. Duong, Cellulose aerogel from paper waste for crude oil spill cleaning, *Ind. Eng. Chem. Res.* ۱۸۳۹۱-۱۸۳۸۶ (۲۰۱۳) ۵۲.

Fabrication of Cellulose Aerogel and Investigation of the Functional Properties

Mir-Morteza Sadat Ebrahimi^۱, Mohammad-Hossein Karbalaee Esmail^۲, Davoud Sadeghi Gariz^{۱*}

^۱Biology Dept., Faculty of Basic Sciences, Imam Hossein University, Tehran, Iran

^۲Chemistry of Cellulose Dept., Science & Research branch of the Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: kpsadeghi@ihu.ac.ir

Presenter's E-mail: sadatebrahimi@ihu.ac.ir

Abstract

In this research, cellulose aerogel was made from cellulose pulp in order to make flexible and super absorbent sponge and their physical properties were investigated. The decolored wood pulp was used to make aerogel during a chemical process by creating transverse connections between macromolecule chains by creating chemical bonds using epichlorohydrin derivatives. The obtained aerogel was used to make a compressed sample of a cylindrical profile with dimensions (diameter ۱۰ mm and thickness ۵ mm). Parallel to that, another sample was made only from cellulose sheet and its physical properties were compared with aerogel samples. The results of the tests showed that in both methods, it was possible to press and produce a flexible cylindrical profile from cellulose, and the manufactured samples had a time to return to the original size in about ۵ seconds and also had a moisture absorption rate of about ۱۰۰۰٪.

Keywords: Cellulose, Cellulose pulp, Aerogel, Wet strength resin.

مطالعه آماده سازی نمونه برای آزمون XRD عبوری با استفاده از

ورق پلیمری نازک شفاف

سیدعلیرضا حسینی^{*}، رسول عصمتی، ابوالقاسم فوجی، حسن الهداگی

^۱ دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

* sar.hosseini@hsu.ac.ir

چکیده

روش پراش اشعه‌ی X برای نمونه‌های پودری با دو هندسه بازتابی و عبوری قابل انجام است. روش عبوری اطلاعات جامع‌تر و دقیق‌تری در رابطه ساختار ماده به خصوص در مورد نمونه‌های مایع، ژل مانند، مواد دارویی و زیستی بدست می‌دهد. در روش عبوری، اشعه X از داخل نمونه نازک و شفاف عبور کرده و در اثر برهمکنش با صفحات اتمی موجود در ساختار، تفرق رخ می‌دهد. این نمونه‌ی نازک یا بصورت پودر داخل لوله‌های موئین و یا بصورت پودرهای تثبیت شده بر روی یک ورق پلیمری قابل تهیه است. با توجه به هزینه‌های بالای لوله‌های موئین، استفاده از ورق نازک پلیمری چسبنده مانند چسب کپتون می‌تواند هزینه‌های آماده سازی آزمون XRD تا حد قابل توجهی کاهش دهد. در این تحقیق نگهدارنده نمونه‌ی ورق نازک برای دستگاه XRD عبوری طراحی و ساخته شد و نتایج آزمون پراش اشعه X برای نمونه‌های پودری اکسیدی مورد مطالعه قرار گرفته و با نتایج مربوط به لوله موئین مقایسه گردید. انجام آزمون‌های پراش برای نمونه‌های استاندارد نشان می‌دهد که شدت پیک‌های پراش در این روش بیشتر از روش لوله موئین است و مکان پیک‌ها کاملاً با هم تطابق دارد. همچنین با جابجایی صفحه نگهدارنده با پیچ تنظیم تعبیه شده می‌توان انتقال پیک را اصلاح نمود. همچنین نتایج نشان داد اگر از چسب کپتون (پلی‌کپتون) به جای چسب نواری معمولی (پلی‌پروپیلن) استفاده شود پیک‌های مربوط به زیرلایه ورق پلیمری مشاهده نخواهد شد.

کلید واژه‌ها : پراش اشعه‌ی X، XRD عبوری، نگهدارنده صفحه‌ای، لوله موئین، چسب کپتون.

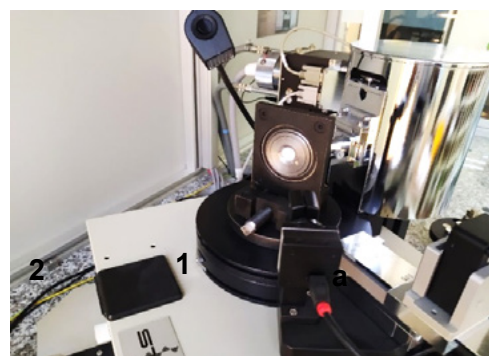
۱. مقدمه

روش پراش اشعه ایکس (XRD) یکی از مهمترین روشهای مشخصه‌یابی مواد است که در اکثر تحقیقات حوزه تولید و شناسایی مواد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش قابلیت‌های مختلفی از قبیل تعیین نوع ساختار فازی مواد، نوع ساختار کریستالی و تعیین فاصله صفحات، تعیین اندازه دانه، تعیین درصد کیفی عناصر و درصد عیوب در ساختار کریستالی را دارد (۱). آزمون XRD به دو روش عبوری (Transmission) و انعکاسی (Reflection) قابل انجام است. در روش انعکاسی، اشعه X تابیده شده به سطح نمونه با زاویه برابر با زاویه برخورد بازتابیده میشود و اطلاعات را به آشکارساز (Detector) دستگاه انتقال میدهد. اما در روش عبوری معمولاً از نمونه‌های نازک استفاده میشود که اشعه‌ی X از داخل نمونه عبور کرده و در سمت مقابل پراشیده میشود. با آن که روش انعکاسی بطور وسیعتری انجام میشود، ولی میتوان گفت روش عبوری دقت بالاتری برای بررسی ساختار نمونه دارد. (۲) در روش عبوری ضخامت لایه بسیار بر شدت اشعه وارد شده بر آشکارگر تاثیرگذار است. برای ایجاد نمونه‌ی پودری نازک در روش عبوری دو روش اصلی وجود دارد. یکی استفاده از لوله‌های موئین (Capillary) و قرار دادن پودر در داخل آن و دیگری استفاده از ورقهای نازک پلیمری نصب شده روی نگهدارنده‌های صفحه‌ای (Flat plate) است. لوله‌های موئین معمولاً از شیشه‌های بوروسیلیکات با ضخامت پایین که جذب پایین و قیمت بالایی دارند، تهیه میشود.

با توجه به هزینه‌های بالای تهیه لوله‌های موئین برای آنالیز پراش اشعه X برای نمونه‌های پودری، عملاً انجام آزمون برای محققان هزینه‌ی سنگینی ایجاد میکند. با جایگزینی نوع نگهدارنده نمونه‌های پودری از حالت لوله موئین به صفحه‌ای با لایه نازک پلیمری، عملاً هزینه خرید لوله موئین در آماده سازی نمونه حذف خواهد شد. لذا در این پژوهش، قطعه نگهدارنده نمونه پودری بصورت صفحه‌ای برای دستگاه XRD دانشگاه حکیم سبزواری طراحی و ساخته شده است تا نیاز به تامین لوله موئین گران قیمت رفع و هزینه‌های آماده‌سازی نمونه کاهش یابد. نتایج آزمونه‌های پراش برای نمونه‌های استاندارد با تثبیت روی ورق پلیمری نازک مورد مطالعه قرار گرفت تا کارکرد قطعه نگهدارنده برای انجام آنالیز ساختار نمونه‌های پودری مورد ارزیابی قرار گیرد. از دو نوع چسب پلیمری نواری پلی ایمید (کپتون) و پلی پروپیلن (چسب نواری معمولی) بعنوان بستر برای پودرها استفاده شد. همچنین یک سیستم متحرک برای تنظیم محل دقیق پودرها در مرکز دایره هندسی بین آشکارساز و تکفام ساز (Monochromator) طراحی شده است که تاثیر محل قرارگیری پودرها بر الگوی پراش اشعه‌ی X مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

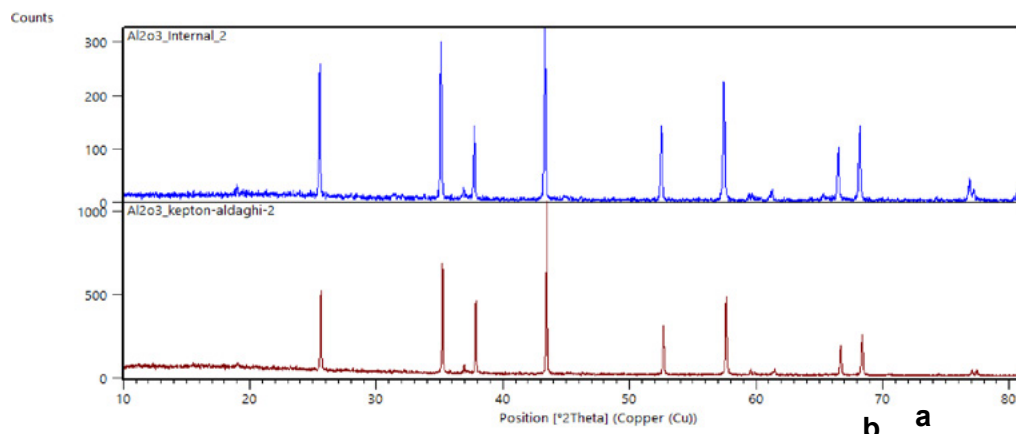
در شکل ۱-ا تصویر دستگاه عبوری ساخت شرکت STOE مدل STADI P مورد استفاده در این تحقیق آمده است. قسمت های اصلی این دستگاه شامل لامپ اشعه X و تکفام ساز (قسمت ۱)، نگهدارنده نمونه لوله موئین (قسمت ۲) و آشکارساز (قسمت ۳) است (۳). در این تحقیق قطعه نگهدارنده نمونه صفحه‌ای جایگزین نگهدارنده لوله موئین شده و نمونه‌های پودری با فویل پلیمری روی نگهدارنده تثبیت شدند (شکل ۱-ب). برای بررسی عملکرد روش جدید آماده سازی، آزمون پراش اشعه X برای پودرهای آلفا آلومینا (Al_2O_3) با قطر متوسط حدود ۳ میکرون با استفاده از لامپ مس با طول موج ۰/۱۵۴ نانومتر انجام شده است.



شکل ۱ دستگاه پراش اشعه X ساخت شرکت STOE مدل STADI P (a) با نگهدارنده لوله موئین و (b) به همراه قطعه نگهدارنده صفحه‌ای طراحی شده در این پژوهش که جایگزین نگهدارنده لوله موئین شده است.

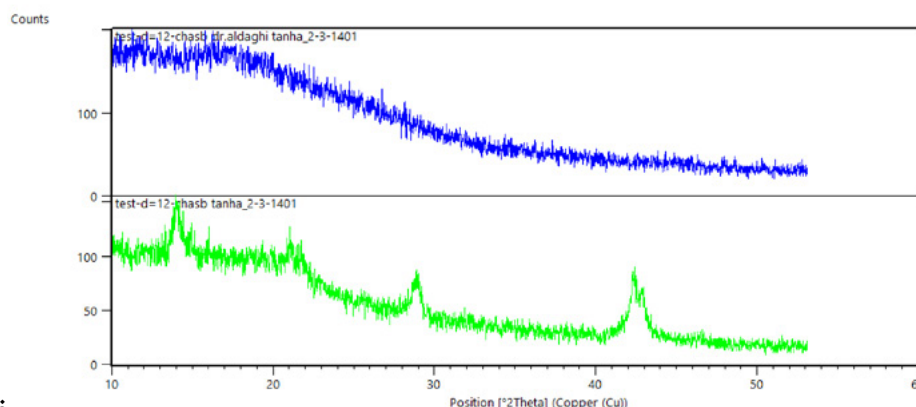
۳. نتایج و بحث

۱.۳ مقایسه نتایج آزمون XRD با دو روش آماده‌سازی: آزمون پراش اشعه X برای نمونه پودر آلومینا با استفاده از دو روش آماده‌سازی نمونه با لوله موئین و لایه‌ی نازک پلیمری توسط دستگاه XRD عبوری انجام شد که الگوی پراش در این دو حالت در شکل ۲ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود محل پیکها در هر دو حالت تقریباً یکسان هستند. البته یک تفاوت مهم، شدت بالاتر پیکها در روش لایه‌ی نازک پلیمری است که تقریباً سه برابر حالت لوله موئین است در حالی که ضخامت لایه پودر در هر دو روش تقریباً برابر هستند. این امر می‌تواند به افزایش دقت آنالیز پودرها کمک نماید. با توجه به اینکه در روش لوله موئین اشعه از داخل دو دیواره‌ی شیشه عبور میکند ولی در روش صفحه‌ای از یک لایه نازک پلیمری، این افزایش شدت قابل توجیه است.



شکل ۲ مقایسه‌ی الگوی XRD پودر آلومینای آلفا برای دو روش آماده‌سازی: (a) روش لوله موئین و (b) لایه‌ی نازک پلیمری.

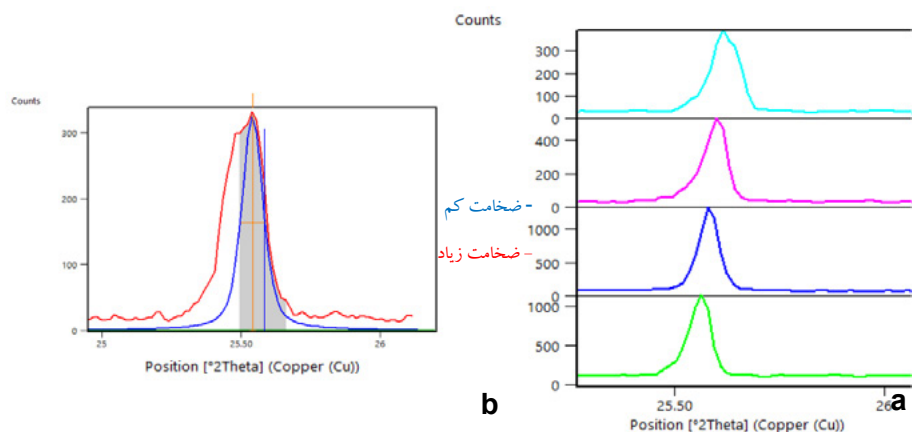
۲.۳ اثر نوع چسب نگهدارنده: از دو نوع چسب -لایه نازک پلیمری چسبنده- بعنوان بستر پودرها استفاده شد. در نمونه‌های پودر تثبیت شده روی چسب نواری معمولی پیکهای ضعیفی در زوایای ۱۴ و ۲۱ علاوه بر پیک‌های اصلی مشاهده شد. لذا از این بسترها بدون حضور پودر آلومینا، پراش اشعه‌ی X تهیه گردید. در شکل ۳-a پیکهای مربوط به ساختار کریستالی پلی‌پروپیلن در چسب نواری معمولی در زوایای ۱۴، ۲۱، ۲۹ و ۴۲ کاملاً مشخص است. برای پرهیز از حضور این پیکها، معمولاً از چسبهای با ساختار آمورف مثل کپتون که نوعی چسب حرارتی بر پایه پلی‌ایمید است می‌توان استفاده نمود. همانطور که در شکل ۳-b مشخص است چسب کپتون ساختار آمورف دارد و پیکهای کریستالی در آن مشاهده نمی‌شود. لذا استفاده از چسب کپتون برای ثابت کردن پودر در نگهدارنده پیشنهاد می‌شود.



شکل ۳ مقایسه الگوی پراش زیرلایه نازک پلیمری: (a) چسب نواری پلی پروپیلن و (b) چسب کپتون.

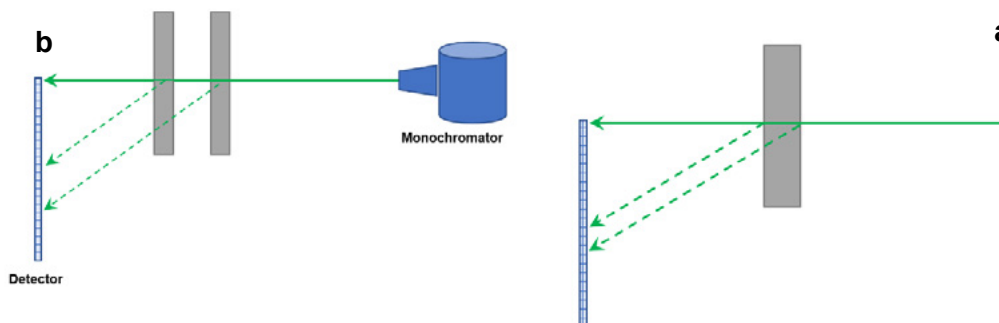
۳.۳ اثر تغییر موقعیت نمونه پودری با پیچ تنظیم: یک مزیت قطعه نگهدارنده طراحی شده در این پژوهش این است که قابلیت تغییر موقعیت نمونه وجود دارد و می‌توان محل نمونه را نسبت به نقطه مرکز هندسی دستگاه تغییر داد. این تغییر در محل نمونه خود باعث انتقال پیک به زوایای دیگر می‌شود. همانطور که در شکل ۴-a نشان داده شده است با تنظیم پیچ نگهدارنده و تغییر محل صفحه محل قرارگیری نمونه به سمت آشکارساز، پیک به زوایای پایینتر انتقال می‌یابد. شماتیک پراش در شکل ۵-a علت این

پدیده را نشان می‌دهد. از این امکان میتوان در اصلاح نمودار پراش و اصلاح انتقال قله‌ها (peak shift) استفاده نمود.



شکل ۴ (a) اثر تغییر موقعیت صفحه نگهدارنده (نزدیک به آشکارساز در جهت فلش) و (b) ضخامت پودر روی زیرلایه بر الگوی پراش.

۴.۳ اثر ضخامت پودر: میزان پودر روی چسب نیز میتواند بر نتایج تاثیرگذار باشد. بطور کلی میزان عبور اشعه X به ضخامت و میزان جذب ذاتی ماده وابسته است (۱). نتایج نشان داد با فقط ایجاد یک لایه نازک روی چسب (ریختن پودر بدون فشار و لرزش برای حذف ذرات اضافی) میتوان به یک الگوی پراش قابل قبول دست یافت. نسبت به روش بازتابی، حجم پودر مورد نیاز بسیار پایینتر است که میتواند برای حوزه‌ی نانوفناوری بسیار کاربردی باشد. البته در مقادیر خیلی کم عملا شدت پیکها کاهش مییابد. همچنین افزایش بیش از حد ضخامت پودر باعث افزایش وسعت پیک میشود (شکل ۴-ب). لذا یک مقدار بهینه برای مقدار پودر روی چسب وجود دارد. این افزایش ضخامت میتواند مرکز هندسی را در نقاط مختلف ایجاد کند که نهایت پیک را وسیعتر خواهد نمود که شمای آن در شکل ۵-ب مشاهده میشود. در این حالت در بازه وسیعتری اشعه‌ی X پراشیده شده توسط آشکارساز دریافت میشود.



شکل ۵ تغییر موقعیت پراش و پیک‌ها (a) با تغییر مکان نمونه و (b) افزایش ضخامت آن.

۴. نتیجه‌گیری

آماده‌سازی نمونه با فویل پلیمری از جنس کپتون، نتایج مشابهی نسبت به روش لوله موین برای نتایج آزمون پراش اشعه‌ی X نشان میدهد. لایه پودر با ضخامت کم روی زیرلایه نازک پلیمری الگوی پراش مناسب را ایجاد نمود. استفاده از چسب کپتون به عنوان ثابت کننده پودر میتواند اثر پیکهای زیرلایه را حذف نماید. با تغییر مکان صفحه عمودی نگهدارنده میتوان موقعیت پیکهای پراش را تغییر داد. این پدیده، امکان تصحیح الگوی پراش را ایجاد و میتواند به آنالیز ساختاری نمونه‌ها کمک نماید.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر مصطفی علیشاهی و همکاران محترم در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه حکیم سبزواری سپاسگزاری میشود.

1. B. D. Cullity, Elements of X-ray Diffraction. Addison-Wesley Publishing, 1956.
2. <http://imserc.northwestern.edu/downloads/crystallography-instruments-stadip-user-manual.pdf>
3. <https://www.stoe.com>

Sample preparation for transmission XRD test using transparent polymeric foil

S.A. Hosseini*, R. Esmati, A. Fovji, H. Alehdaghi

²Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

*sar.hosseini@hsu.ac.ir

Abstract

Powder X-ray diffraction method is carried out by reflection and transient geometry. In the transient geometry can be achieved more accurate and comprehensive information about solution, gel, drug and biological materials. In this method X-ray beam passes through thin and transparent matter and interacts to atomic plates leading to the diffractions. The thin samples can be prepared in a capillary glasses or polymer sheets containing with fixed powder. The former is expensive to use due to be disposable, therefore we developed handmade sheet holder and used a polyimide tape with Kapton brand. The final results were compared capillary as a standard sample and showed the presented system can be a good alternative for XRD analysis.

Keywords: X-ray, transient XRD, sheet holder, polymer sheet, kapton tape

بررسی خواص آبگریزی لایه‌های اکسید قلع به روش اسپری فراصوت بخار مرطوب (UMVD)

بهروش آبورز^۱، حسن الهداگی^{۲*} و محمد زیرک^۲

^۱ دانشجو فیزیک ماده چگال، دانشکده فیزیک دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

^۲ استاد، دانشکده فیزیک دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

^{۲*} ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.hsu@alehdaghi,h

چکیده:

در این مقاله ابتدا لایه‌های SnO_2 به روش اسپری فراصوت بخار مرطوب (UMVD) لایه نشانی شده است. لایه‌های نازک SnO_2 بدلیل پایداری بالا و صرفه اقتصادی توجه زیادی بخود جلب کرده است. اسپری UMVD یک روش ساده برای لایه نشانی است که با کنترل دقیق پارامترها و بهینه سازی آن خواص گوناگونی برای لایه‌ها شکل میگیرد. به همین منظور در این کار لایه‌های SnO_2 در دماها و زوایای پاشش مختلف و به روش UMVD تهیه شده و زبری سطوح نانومتری تهیه شده و طیف عبور نمونه‌ها و همچنین میزان آبدوستی و آبگریزی آنها بررسی میشود. در این پژوهش بعد از قرار گیری نمونه‌های SnO_2 در اسید استئاریک با افزایش دما از ۳۰۰ تا ۴۵۰ میزان عبور تغییر چندانی نداشته است، زبری و همچنین زاویه تماس نمونه‌ها با افزایش دما افزایش میابد. و با کاهش زاویه پاشش از ۰ تا ۴۵ میزان عبور از لایه ها بیشتر میشود، زبری و زاویه تماس نیز با کاهش زاویه افزایش میابد و تمامی نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در اسیداستئاریک آبگریز است.

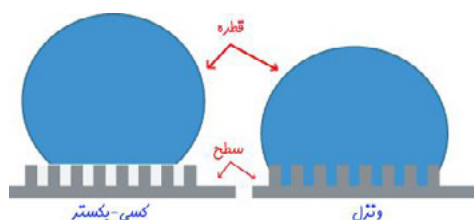
کلید واژه‌ها: اسپری فراصوت بخار مرطوب (UMVD)، SnO_2 ، Stearic acid، آب گریزی

مقدمه:

در سالهای اخیر، ترشوندگی سطوح جامد به دلیل اهمیت تجاری و صنعتی به طور قابل توجهی توسط محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است. تغییر میزان ترشوندگی سطح موجب ایجاد خواص آبدوستی و یا آبگریزی روی سطوح میگردد [۱]. ایجاد زبری و ایجاد تخلخل در سطح موجب افزایش انرژی ویژه سطحی از طریق افزایش مساحت سطح ویژه میگردد. افزایش مساحت سطح ویژه در یک سطح ذاتاً آب دوست و سپس اصلاح سازی آن با ماده‌ای با انرژی سطحی کم میتواند موجب تشکیل سطحی آب گریز شود. یکی از روش‌های افزایش مساحت سطح ویژه اعمال پوششی زبر روی سطح مورد نظر میباشد [۲ و ۳]. اسحاقی و همکاران در سال ۲۰۱۹ با اعمال پوششی کامپوزیتی حاوی ذرات نانو و میکرو توانستند زبری سطح را افزایش داده و سپس با اصلاح سازی سطح به خاصیت آب گریزی دست یابند [۴].

اکسید قلع بدلیل شفافیت اپتیکی بالا در ناحیه مرئی، رسانندگی شبه فلزی و ثابت شیمیایی بزرگ، دارای کاربردهای متنوع و فراوانی است [۵]. از این ترکیب میتوان برای ساخت ابزارهای ایتوالکترونیکی مانند نمایشگرهای صفحه تخت، سلولهای خورشیدی و قطعات پیزوالکتریکی استفاده نمود [۶]. لایه‌های نازک و همچنین آلاییده اکسید قلع به سرعت توسعه یافته و به عنوان مثال برای ساخت حسگرهای گازی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۷].

در این پژوهش لایه‌های اکسید قلع (SnO_2) به روش اسپری UMVD لایه نشانی شده است که این لایه‌ها با دمای 300°C تا 450°C درجه سیلیسیوس و زاویه 0° تا 45° درجه لایه نشانی شده و میزان آبدوستی آن بررسی شده و سپس خاصیت اسید استئاریک روی لایه های بررسی شده که اسید استئاریک منجر به اصلاح سطح و آبگریزی لایه‌ها میگردد. با توجه به شکل زیر در نمونه SnO_2 ، قطره آب به نسبت روی سطح نمونه پایدار است و بسرعت روی سطح نمیغلند در نتیجه سطح نمونه از نوع ونزل میباشد.



۱- روش تحقیق:

1-1 مواد

در این تحقیق از $\text{Cl}_2\text{Sn}_2\text{H}_2\text{O}$ (شرکت مرک آلمانی)، Stearic acid (شرکت مرک)، اتیل الکل (۹۶/۵٪)، اسیدکلرید، آب مقطر بعنوان حلال وبستر شیشه ای بعنوان زیر لایه استفاده میشود.

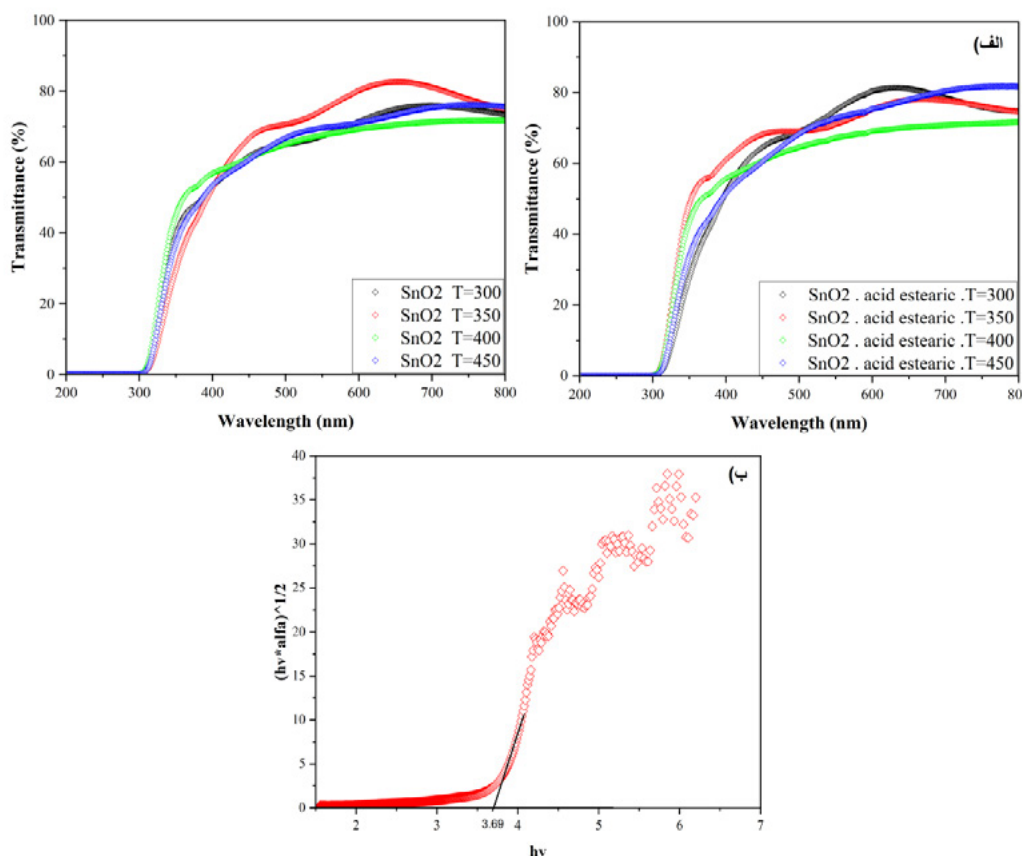
1-2 روش کار

برای ساخت لایه نازک SnO_2 به روش اسپری UMVD یک محلول ۵۰ میلی مولار (۵/۶۴ گرم SnO_2 در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر) تهیه شده و بمدت ۱۰ دقیقه روی همزن مغناطیسی (در دمای اتاق) قرار داده و ۱۰ ml اسید کلرید اضافه میشود تا یک محلول یکنواخت و شیری رنگ بدست آید. حال با اسپری UMVD در دماهای 300°C ، 350°C ، 400°C و 450°C و با زاویه ثابت 25° لایه نشانی شده و سپس برای لایه نشانی در زوایای 0° و 45° دما را ثابت و 400°C در نظر گرفته میشود. و زمان لایه نشانی برای هر یک از لایه ها ۱۵ دقیقه و فاصله cm است. زیر لایه‌های شیشه‌ای قبل از انجام لایه‌نشانی با آب و مایع و سپس با آب مقطر و اتانول کاملاً شسته میشوند، و به روش UMVD روی سطوح لایه نشانی می شود. ماده Stearic acid را با غلظت ۸ میلی مولار (۰/۴۵ گرم اسید استئاریک در ۲۰ میلی لیتر اتیل الکل)، در مدت ۱۵ دقیقه و دمای 40°C روی همزن مغناطیسی هم خورده و یک محلول کاملاً شفاف شکل میگیرد و لایه‌های بالا بمدت ۴ ساعت در این محلول قرار گرفته، سپس لایه‌ها در دمای 100°C به مدت ۱۰ دقیقه خشک میشوند.

در این آزمایش از میکروسکوپ نوری کانفوکال نانوفوکوس برای بررسی ساختار سطح در اندازه میکروسکوپی و از دستگاه تیفسنج UV، (DLAB(SP-UV1100)) برای بررسی خواص نوری لایه ها و از آنالیز زاویه تماس (دوربین دست ساز) برای میزان آبدوستی سطح استفاده شده است. که تست های کانفوکال و UV نمونه ها قبل از قرار گرفتن در اسید استئاریک با بعد از آن یکسان است و نتیجه گرفته شده که موفولوژی سطح نمونه ها بعد از قرار گرفتن در اسید استئاریک با قبل از آن یکسان میماند.

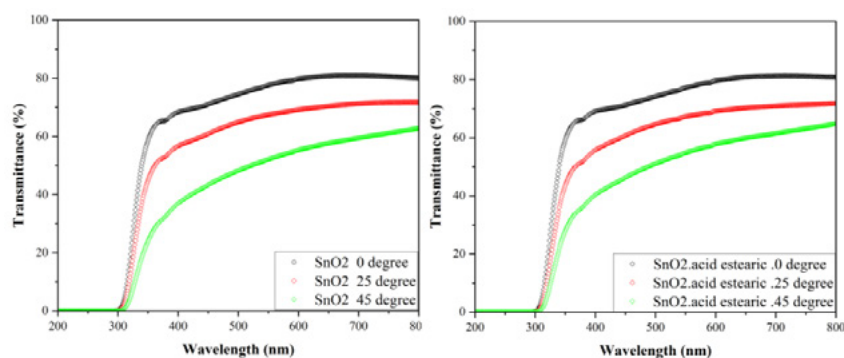
۲- نتایج و بحث:

طیف عبور بدست‌آمده در (شکل ۱) نشان می‌دهد که در نمونه SnO_2 عبور در دماهای ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰ و ۴۵۰°C تقریباً یکسان می‌باشد، با توجه به لبه جذب هر چهار نمودار که تقریباً شروع افت چهار نمودار شبیه به هم است پس نتیجه می‌شود که دما تاثیری بر لبه جذب و گاف انرژی نداشته و تغییرات اندک آن قابل چشمپوشی است (گاف انرژی بصورت مستقیم اندازه‌گیری شد و ۶۷۳/۶۹ می‌باشد). و با توجه به شکل نمودار در نمونه با دمای ۳۰۰ و ۳۵۰°C و ۴۵۰°C که شکل موجی مانند دارد، نشان می‌دهد لایه‌ها کاملاً یکنواخت و فشرده است درحالی که شکل نمودار SnO_2 در دمای ۴۰۰°C هرچه صافتر باشد نشان می‌دهد لایه کدر و غیر یکنواخت‌تر می‌باشد. (قبل و بعد از قرارگرفتن در اسید استتاریک اثر چندانی بر روی طیف عبور ندارد)



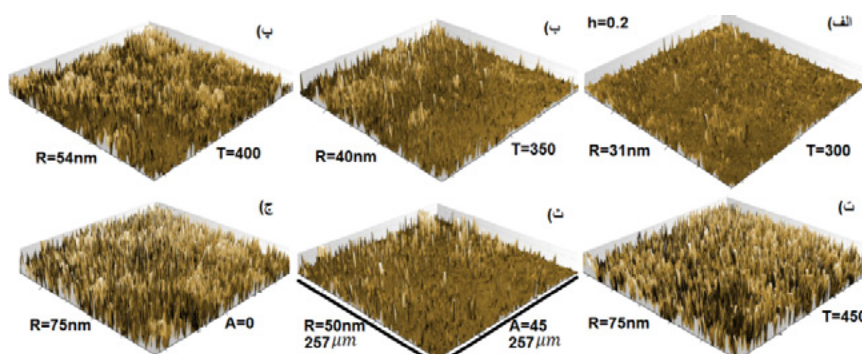
شکل ۱- الف) طیف عبور نمونه‌های تهیه شده SnO_2 به روش UMVD در دماهای ۳۰۰ و ۳۵۰ و ۴۰۰ و ۴۵۰°C. ب) گاف انرژی. طیف عبور برای نشان دادن میزان عبور و شفافیت نمونه و بدست آوردن گاف انرژی نمونه استفاده می‌شود.

طیف عبور بدست‌آمده در (شکل ۲) نشان می‌دهد که در نمونه SnO_2 در زاویه ۰، ۲۵ و ۴۵° عبور بیشتر، از زاویه ۰° است و در نتیجه شفاف تر از SnO_2 در دمای ۲۵ و سپس ۴۵° می‌باشد، با توجه به لبه جذب هر چهار نمودار که تقریباً شروع افت چهار نمودار شبیه به هم است پس نتیجه می‌شود که زاویه تاثیری بر لبه جذب و گاف انرژی نداشته و تغییرات اندک آن قابل چشمپوشی است. و با توجه به شکل نمودار در نمونه زاویه ۰، ۲۵ و ۴۵° که شکل نمودار هرچه صافتر باشد نشان می‌دهد لایه به نسبت کدر و غیر یکنواخت‌تر می‌باشد. و مشاهده می‌شود که در SnO_2 نمودار عبور قبل و بعد اسید استتاریک تغییری نمی‌کند و اسید استتاریک تاثیری روی مورفولوژی سطح نمی‌گذارد.



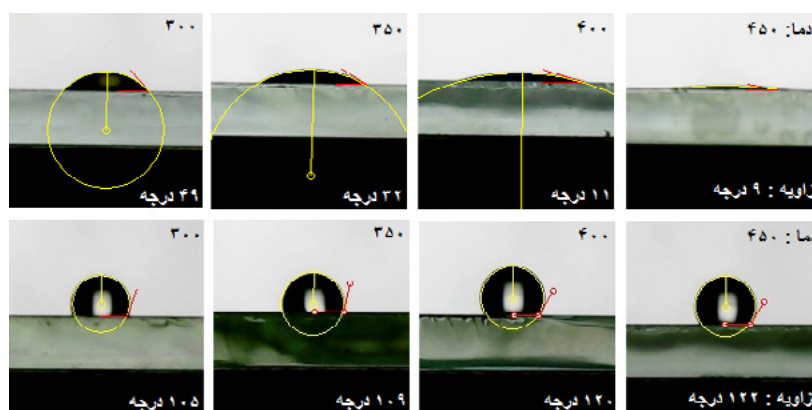
شکل ۲- طیف عبور نمونه‌های تهیه شده SnO_2 به روش UMVD در زاویه‌های 0° و 25° و 45° طیف عبور برای نشان دادن میزان عبور و شفافیت نمونه و بدست آوردن گاف انرژی نمونه استفاده میشود.

عکسه ای کانفوکال برای نشان دادن زبری سطح و مورفولوژی نمونه در ابعاد ماکرو استفاده می شود. عکس کانفوکال بدست آمده برای نمونه SnO_2 در دمای 300°C تا 450°C و زاویه 0° تا 45° در (شکل ۳) نشان میدهد که زبری سطح با افزایش دما در نمونه (الف) تا (ت) افزایش میابد. و با کاهش زاویه زبری بیشتر میشود که در زاویه 45° زبری 50 nm و در 25° زبری 54 nm و 0° زبری 75 nm است. و دارای ماکرومورفولوژی سوزنی با نرخ توزیع بسیار یکنواخت است.



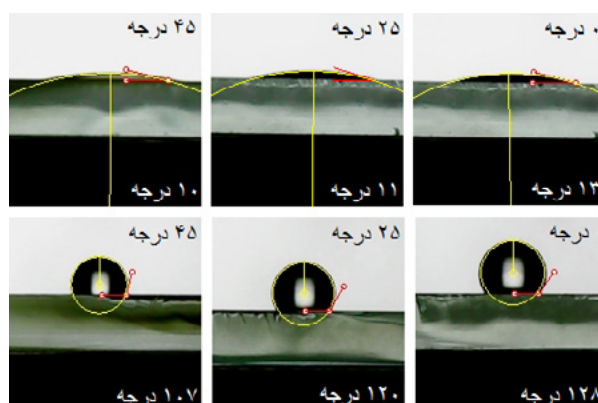
شکل ۳- عکسهای کانفوکال نمونه‌ی تهیه شده به روش UMVD. که دما و زاویه و میزان زبری روی تصویر مشخص است. عکسهای کانفوکال برای نشان دادن زبری سطح و مورفولوژی نمونه در ابعاد ماکرو استفاده می شود.

تصاویر زاویه تماس برای نشان دادن میزان آبدوستی سطح میباشد؛ که در (شکل ۴) نشان میدهد که با افزایش دما از 300°C تا 450°C در SnO_2 زاویه تماس کمتر و انرژی سطحی نمونه بیشتر میشود، SnO_2 وقتی در محلول اسید استئاریک قرارمیگیرد انرژی سطحی کاهش یافته و لایهها آبگریز میشوند. که با توجه به (شکل ۳) زبری سطح با افزایش دما افزایش یافته هرچه دما بالاتر میرود بخار ایجاد شده روی سطح سریعتر تبخیر میشود و لایه یکنواختتر است و SnO_2 روی سطح بصورت منظم تر شکل میگیرد در نتیجه زاویه تماس بیشتر است. و همین طور زاویه‌تماس نیز بعد از قرار گرفتن نمونهها در اسید استئاریک که به عنوان اصلاح کننده استفاده میشود با افزایش دما افزایشی شد.



شکل ۴- عکسهای زاویه تماس نمونه‌های SnO_2 تهیه شده به روش UMVD که ردیف بالا SnO_2 خالص می‌باشد و دمای هریک از نمونه‌ها با زاویه تماس آنها روی نمونه مشخص شده. و ردیف پایین تاثیر اسید استتاریک روی SnO_2 را نشان می‌دهد.

(شکل ۵) نشان می‌دهد که با کاهش زاویه از ۴۵ تا ۰° در SnO_2 زاویه تماس بیشتر و انرژی سطحی نمونه کمتر می‌شود، SnO_2 وقتی در محلول اسید استتاریک قرار می‌گیرند آبگریزی لایه‌ها بیشتر می‌شود، هرچه زاویه تماس بیشتر می‌شود بخار ایجاد شده مستقیم و سریعتر روی سطح قرار می‌گیرد و یکنواختی نمونه کمتر است در نتیجه زاویه تماس کمتر می‌باشد. که با توجه به (شکل ۳) با کاهش زاویه، زبری سطح افزایش یافته و میزان آبگریزی نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در اسید استتاریک افزایش یافته است.



شکل ۵- عکسهای زاویه تماس نمونه‌های SnO_2 تهیه شده به روش UMVD که ردیف بالا SnO_2 خالص می‌باشد و زاویه هریک از نمونه‌ها بالای شکل و زاویه تماس پایین شکل آنها روی نمونه مشخص شده. و ردیف پایین تاثیر اسید استتاریک روی SnO_2 را نشان می‌دهد.

۳- نتیجه گیری:

در این پژوهش نتیجه گرفته شد که بعد از قرار گیری نمونه‌های SnO_2 در اسید استتاریک با افزایش دما میزان عبور تغییر چندانی نداشته است، زبری و همچنین زاویه تماس نمونه‌ها با افزایش دما افزایش می‌ابد. و با کاهش زاویه پاشش میزان عبور از لایه‌ها بیشتر می‌شود (کاملاً طبیعی است که با افزایش زاویه پاشش، محلول بطور مستقیم روی سطح نمونه قرار می‌گیرد و ضخامت لایه بیشتر، در نتیجه میزان عبور از لایه کمتر می‌شود)، زبری و زاویه تماس نیز با کاهش زاویه افزایش می‌ابد.

- [1] W. C. Xu, J. Z. Shi, D. L. Li, G. R. Cao, M. K. Feng & K. T. Wang, Application of surface modification in hydrophobic and oleophobic materials research, *Materials Research Innovations*, 19(2015) 207-210.
- [2] A. V. Rao, S. S. Latthe, D. Y. Nadargi, H. Hirashima, V. Ganesan, Preparation of MTMS based transparent superhydrophobic silica films by sol-gel method, *J. Col. Int.Sci.* 332(2009)484-490.
- [3] T. Fei, H. Chen, J. Lin, Transparent superhydrophobic films possessing high thermal stability and improved moisture resistance from the deposition of MTMS-based aerogels, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 443(2014)255-264.
- [4] Akbar Eshaghi, Abbas Ali Aghaei, Transparent hydrophobic micro-nano silica-silica nano- composite thin film with environmental durability, *Materials Chemistry and Physics* (2019), doi:10.1016/j.matchemphys.2019.02.029.
- [5] H. Wang , Y. Yan , Y. SH. Mohammed ,X .Du , K. Li , H. Jin , (2009) , *J. of Magnetism And Magnetic Material*, 321,337-342.
- [6] A. L. Dawar, J. C. Joshi, (1984) , *J. Mater. Sci*, 19,1.
- [7] H. Rezvani, (2008),“ Second Conference on Nanostuctures”, 11-14 March, Kish Univercity, Iran.

Investigation of hydrophobicity properties of tin oxide thin film by ultrasonic mist vapor deposition

Behnoosh Abvarz¹, Hassan Alehdaghi^{2*}, Mohammad Zirak

Tin oxide thin (SnO_2) film is a robust and stable layer against scratch and acidic environments. Here, SnO_2 thin films were prepared on the glass by ultrasonic mist vapor deposition. With keen control of growth parameter and improving of them, different morphology was occurred. For the different parameter, hydrophobicity of SnO_2 was studied that after dipping in stearic acid, their contact angles were increased. Our results showed the growth temperature does not affect on the contact angles measurement while substrate angle in the method is important.

Keywords: Ultrasonic mist vapor deposition, Stearic acid , SnO_2 , hydrophobicity

تأثیر سرعت نوسانی نازل در دستگاه ساخته شده برای لایه نشانی لایه های اکسید قلع آلائیده شده با فلئور به روش بخار مرطوب سرد

عادل زارع طزرقی^۱، دکتر حسن اله داغی^{۲*}، دکتر محمد زیرک^۱

نویسنده مسئول: h.alehdaghi@hsu.ac.ir

چکیده

لایه های نازک رسانای شفاف FTO (فلوراید تین اکسید) با سطح یکنواخت بر روی بستر شیشه‌ای با روش لایه نشانی بخار مرطوب مافوق صوت (UMVD) سنتز شد. در این مقاله با استفاده از میکروسکوپ کانفوکال میکروسکوپ الکترونی روبشی طیف EDX و طیف عبور و شناساگر چهار نقطه ای fpp به بررسی سنتز و بهینه سازی لایه های پرداخته شد. ساختار ریخت شناسی، خواص نوری و الکتریکی فیلم ها مورد بررسی قرار گرفت. سرعت نوسان بازو دستگاه لایه نشانی در بیان فرکانس دور بر دقیقه برای رشد لایه FTO بررسی شد. در نهایت مقاومت کمینه $10\ \Omega$ در دمای رشد 350°C و زاویه ی 25° فاصله ی 5 cm و فرکانس 14 Hz (ولتاژ 9 V) برای این لایه ها ایجاد شد.

کلمات کلیدی: FTO، میکروسکوپ هم کانونی، UMVD ، نوسان نازل

در سال‌های اخیر، به منظور کاهش هزینه و دستیابی به تولید صنعتی لایه‌های نازک¹ FTO، بسیاری از محققان از جمله نویسندگان این مقاله، به بررسی ساخت لایه‌های آنها پرداخته‌اند [۱]. بر اساس مقالات منتشر شده اسپری پیرولیز² (SPD) به علت مقرون به صرفه بودن یکی از پرکاربردترین روش‌ها در تهیه صنعتی لایه FTO است [۲]، با این حال، تهیه فیلم‌های FTO با لایه‌های نشانی بخار مرطوب مافوق صوت³ (UMVD) کمتر گزارش شده است. این روش با توجه به کنترل پذیری بهتر نسبت به روش اسپری پیرولیز معمولی از مزایای بیشتری برخوردار است. در لایه‌های نشانی به روش SPD نازل ثابت و زاویه‌ی آن عمود بر سطح است اما در لایه‌های نشانی به روش UMVD نازل بر روی زیر لایه حرکت کرده و زاویه‌ی آن با سطح قابل تنظیم است. مزیت‌های این روش نسبت به روش SPD این است که نا تغییر زاویه‌ی نازل و بستر ما قادر به لایه‌های نشانی با مورفولوژی‌های مختلف بوده و یک پارامتر دیگر به نام زاویه‌ی نازل هم برای کنترل بهتر سنتز در اختیار داریم. در روش SPD چون نازل ثابت است محلول هنگام قرار گرفتن روی بستر فرست خشک شدن را پیدا نمی‌کند و بلافاصله لایه‌ی بعدی روی این لایه قرار می‌گیرد اما در سنتز به روش UMVD به دلیل این که نازل حرکت کرده و ثابت نیست محلول بعد از قرار گیری روی بستر فرست پیدا می‌کند که خشک شود و پس از خشک شدن و رسوب روی سطح لایه‌ی بعدی روی سطح قرار می‌گیرد. این فرایند باعث یک نواخت تر شدن و یک دست شدن لایه‌ی سنتز شده می‌شود. واضح است که تغییر پارامترهای اسپری تأثیر تعیین کننده‌ای بر ویژگی‌های لایه‌های نازک FTO ایجاد شده دارد. بر این اساس، مطالعات متعددی انجام شده است که در آنها تأثیر پارامترهای اسپری مانند دما [۳]، حجم م حلول [۴] و بازیخت [۵] با روش UMVD بررسی شده است. ریخت شناسی سطحی نمونه‌ها در لایه‌های نازک FTO از مهم‌ترین قسمت‌های آنالیز است که در اینجا توسط میکروسکوپ غیرمخرب هم کانونی صورت می‌گیرد. توسط این میکروسکوپ می‌توان در ابعاد بزرگتر نسبت به میکروسکوپ نیروی اتمی سطح را مورد آنالیز قرار داد. در این کار ما به دنبال سطحی یکنواخت به دور از جزیره‌های بزرگ یا دره‌های متعدد و زبری سطحی کم هستیم. در این تحقیق پارامتری که ما آن را مورد بررسی قرار داده ایم فرکانس نازل (سرعت رفت و برگشت نازل) که کمتر در لایه‌های نشانی UMVD مورد بررسی قرار گرفته است. این روش جهت کمینه شدن زبری سطح و در نتیجه یکنواخت بودن سطح که در نهایت منجر به کمینه شدن مقاومت سطحی می‌شود، مورد بررسی قرار گرفت.

روش تحقیق

شیشه‌های آزمایشگاهی به ابعاد 1 inch^2 که به خوبی تمیز شده بودند به عنوان زیر لایه در نظر گرفته شد. برای تهیه محلول پیش ساز در مرحله‌ی اول ابتدا $4/95 \text{ g}$ دی هیدرات کلرید قلع ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) به 400 ml آب اضافه کرده و در پایان 10 ml اسید کلریدریک (HCl -37%) اضافه و به مدت نیم ساعت هم زده شد. در نتیجه $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ با وجود HCl حل شد و محلول شفاف‌ی تهیه شد. به خوبی شناخته شده است که وجود HCl می‌تواند پیوندهای یونی قوی موجود در SnCl_2 را بشکند و واکنش پیرولیز و رشد لایه اکسید قلع را بر روی بستر تسهیل کند [۶]. منبع فلئور در این مقاله آمونیوم فلئورید (NH_4F) بوده است. غلظت قلع Sn در این محلول برابر 50 mM و غلظت فلئور 30 mM قرار داده شد. سپس محلول در مخزن شکل ۲ قرار گرفت و سنتز انجام شد.

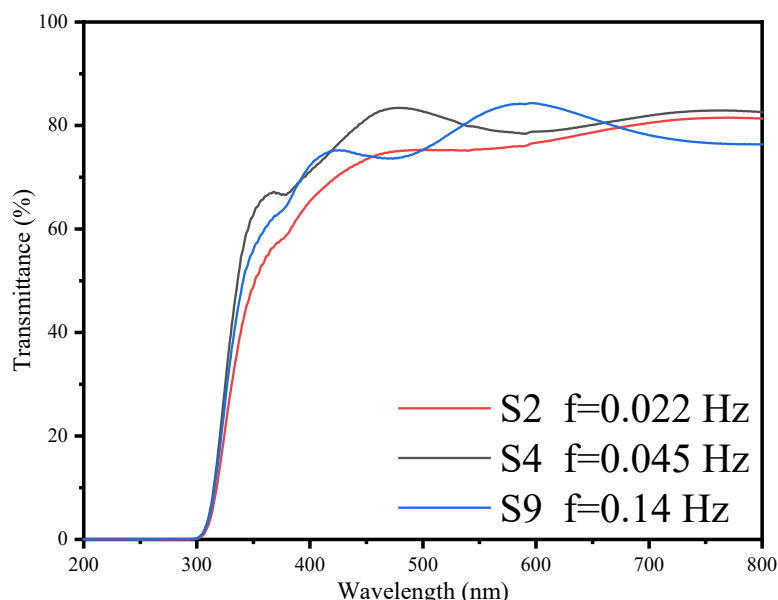
ابزار و وسایل: در این مقاله برای آنالیز نمونه‌ها از دستگاه Vis-UV برای طیف عبور و جذب، میکروسکوپ هم کانونی (کانفوکال) مدل نانو فوکوس برای عکس برداری از سطح و دیدن مورفولوژی سطح و از دستگاه زاویه تماس سطح دست ساز برای تعیین آب گریزی و یا آب دوستی سطح استفاده شد.

نتایج و بحث

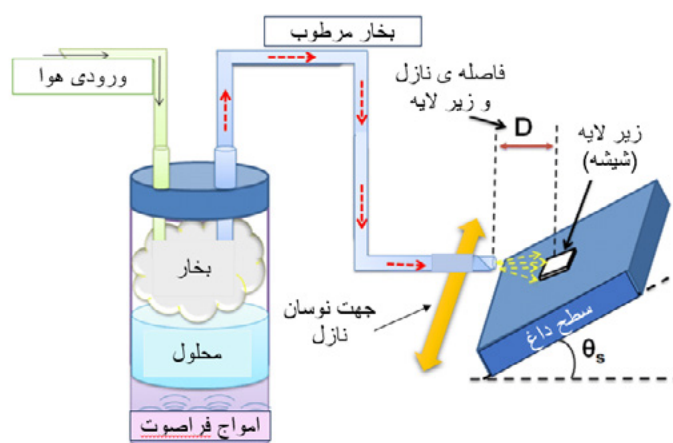
Error! Reference source not found. طیف عبور اپتیکی نمونه‌ها را در محدوده مرئی-فرابنفش نشان می‌دهد. با افزایش ولتاژ بازوی نازل، تعداد قله‌های طیف عبور زیادتر می‌شود که به معنی ایجاد تداخل‌های نوری متعدد است. این تداخل‌ها فقط در لایه‌های یکنواخت در طیف عبور قابل مشاهده است. لایه‌های نشانی با سرعت نوسان بیشتر، لایه‌ای ضخیم تر و یکپارچه تر ایجاد می‌کند.

در شکل ۲ شماتیکی از دستگاه UMVD رسم شده است و جهت نوسان نازل بر روی شکل نمایش داده شده است. مطابق جدول ۱ افزایش ولتاژ موتور به معنی افزایش سرعت عرضی نازل و در نتیجه افزایش فرکانس نازل است. با افزایش ولتاژ در نمونه‌ها همان طور که مشاهده می‌کنید زبری کاهش یافته و لایه‌ها یک نواخت تر شده‌اند. به دلیل این که نازل با سرعت زیاد تری در ولتاژ بالا حرکت می‌کند و فرصت لازم به قطرات ریز محلول داده می‌شود تا روی سطح داغ خشک شوند و قطرات بعدی روی لایه خشک شده قرار می‌گیرند و در نتیجه زبری لایه کمتر می‌شود. در واقع چون نازل با سرعت زیادی حرکت می‌کند محلول پس از پاشش کاملاً خشک شده و سپس لایه‌ی بعدی روی لایه‌ی خشک شده می‌نشیند و سطح

یک نواخت تر می‌شود. لایه‌هایی که با ولتاژ بالاتری سنتز شدند زبری کم‌تری داشتند. وقتی لایه یک نواخت تر و دارای زبری کم‌تری باشد گپ‌های هوایی کم‌تری در این لایه‌ها به دام می‌افتد و آب می‌تواند به طور کامل روی این لایه‌ها پخش شود به همین علت لایه‌ها آب دوست‌تر می‌شوند که در جدول ۲ کاملاً این گفته را نشان می‌دهد. شکل ۱ نمودارهای عبور این سه نمونه را نشان می‌دهد. با افزایش ولتاژ بازوی نازل، تعداد قله‌های طیف عبور زیادتر می‌شود که به معنی ایجاد تداخل‌های نوری متعدد است. این تداخل‌ها فقط در لایه‌های یکنواخت در طیف عبور قابل مشاهده است. این بیان در تصویر هم کانونی مربوط به این سه نمونه در شکل ۱ کاملاً مشهود است. افزایش ولتاژ باعث بالا رفتن فرصت خشک شدن پیش ماده‌ها می‌شود که در نتیجه سطحی صاف خواهیم داشت. در اینجا نیز تصویر میکروسکوپ هم کانونی بخوبی روند لایه‌نشانی را و کیفیت کار را نشان می‌دهد.



شکل ۱: طیف عبور برای سه لایه با فرکانس‌های متفاوت نازل.

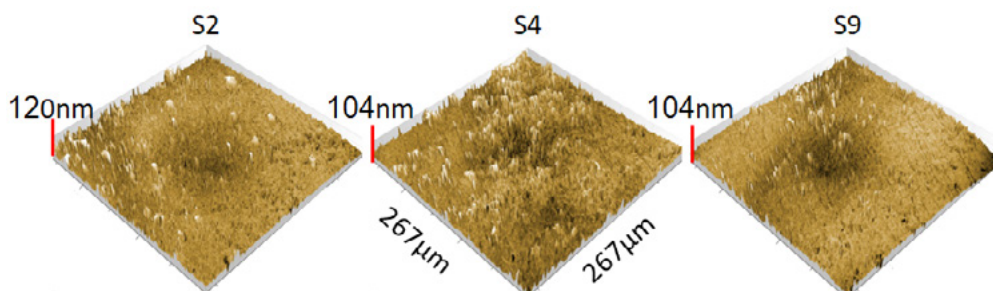


شکل ۲: شماتیکی از دستگاه DVMU و بازوی متحرک آن

name	S2	S4	S9
V (v)	2	4	9
f (Hz)	0.022	0.045	0.14

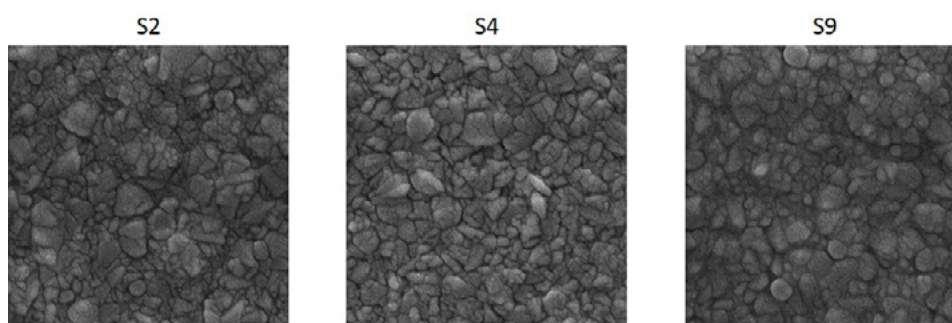
جدول ۱: تغییرات فرکانس بازو بر حسب ولتاژ

اثر فرکانس نوسان نازل (ولتاژ) بر ظاهر سطحی نمونه‌ها با تصاویر میکروسکوپ هم‌کانونی بررسی گردید و نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. میانگین مربعی زبری سطح نمونه‌ها (Rq) بدست آمده از این تصاویر در **Error! Reference source not found** ذکر شده است. افزایش فرکانس موتور به معنی افزایش سرعت عرضی نازل است. با افزایش فرکانس در نمونه‌ها همان‌طور که مشاهده می‌شود، زبری کاهش یافته و لایه‌ها یک نواخت‌تر شده‌اند. به دلیل این‌که نازل با سرعت زیاد تری در ولتاژ بالا حرکت می‌کند و فرصت لازم به قطرات ریز محلول داده نمی‌شود تا روی سطح داغ خشک شوند و قطرات بعدی روی لایه نسبتاً قرار می‌گیرند و شرایط برای حرکت قطره‌ها و پرکردن پستی و بلندی‌ها مهیاتر است. در نتیجه لایه یکدست‌تر شده و زبری لایه کمتر می‌شود.



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپ کونفوکال

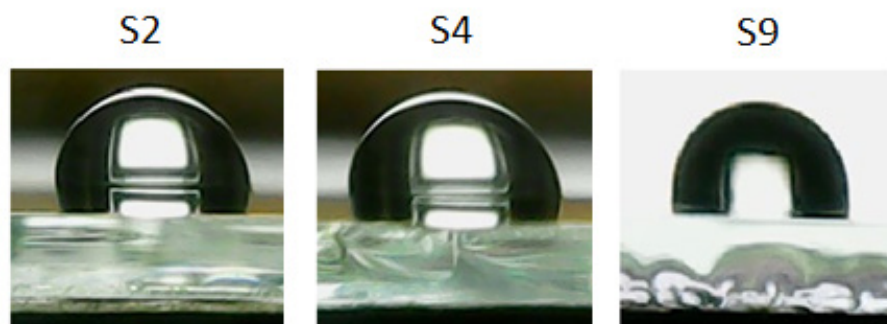
با توجه به تصاویر SEM شکل ۴ با افزایش فرکانس و زیاد شدن سرعت رفت و برگشت بازوی نازل بلورینگی لایه افزایش یافته است و تخلخل لایه کم‌تر شده است که این عامل باعث کم‌تر شدن گپ‌های هوایی داخل لایه می‌شود و لایه با افزایش فرکانس لایه نشانی آب دوست‌تر می‌شود. که جدول ۲ و شکل ۵ این گفته را تایید می‌کند. افزایش بلورینگی علاوه بر افزایش آبدوستی باعث افزایش رسانایی نیز می‌شود زیرا مطابق شکل با افزایش فرکانس تماس بین مرز بلورک‌ها افزایش یافته در واقع بلورک‌ها داخل هم رفته‌اند و فضا‌های خالی تا حد زیادی پر شده است در نتیجه حامل‌های بار آسان‌تر می‌توانند درون ماده حرکت کنند.



شکل ۴: تصاویر SEM لایه‌های سنتز شده با فرکانس و ولتاژ متفاوت

زبری و ریخت‌شناسی سطحی لایه‌ها بر خواص ترشوندگی آنها نیز تاثیر می‌گذارد. اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب (θ) بر روی لایه‌های سنتز شده (**Error! Reference source not found**) نشان می‌دهد که کمترین زاویه تماس (یعنی بیشترین آبدوستی) هنگامی حاصل شده است که بیشترین فرکانس به موتور نازل اعمال شده باشد. وقتی لایه یک نواخت‌تر و دارای زبری کم‌تری باشد (نمونه S9)، گپ‌های هوایی کم‌تری در این لایه‌ها به دام می‌افتد و آب می‌تواند به‌طور کامل روی این لایه‌ها پخش شود به همین علت لایه‌ها آب دوست‌تر می‌شوند. این بیان در تصویر هم‌کانونی مربوط به این سه نمونه در **Error! Reference source not found** کاملاً مشهود است. همین عامل باعث شده است که نمونه S9 کمترین مقاومت الکتریکی سطحی را از خود نشان دهد (**Error! Reference source not found**), که نمونه‌ای مناسب برای کاربردهای

عملی یک رسانای شفاف می‌باشد. همانطور که نیز در این جدول مشخص است، زبری سطحی مربوط به لایه به فرکانس بیشتر از لایه های دیگر نیز کمتر است که به علت یکنواختی سطحی بیشتر است.



شکل ۴: زاویه ی تماس قطرات آب با نمونه ها

جدول ۲: مشخصات زبری، مقاومت و زاویه ی تماس نمونه هایی با سرعت های نازل مختلف

name	S2	S4	S9
$R_q(\text{nm})$	21	23	18
$R(\Omega)$	23	49	10
$\Theta(^{\circ})$	93	98	88

نتیجه گیری

در این کار مشخص شد که افزایش ولتاژ نازل به طور مستقیم باعث کم شدن زبری و تغییر مورفولوژی سطح می‌شود. میکروسکوپ هم‌کانونی به خوبی نشان‌دهنده روند و کیفیت لایه نشانی است که در مقوله لایه نشانی کمتر به آن توجه شده است. به کمک میکروسکوپ هم‌کانونی بخوبی نشان‌دهنده روند و کیفیت لایه نشانی است که در مقوله لایه نشانی کمتر به آن توجه شده است. به کمک این میکروسکوپ و آنالیزهای کمکی رسانایی و طیف عبور، مشخص شد که فرکانس نازل در ۱۴/۰ (ولتاژ ۷۹) بهترین شرایط برای لایه های رسانای شفاف FTO با مقاومت ۱۰ اهم است.

- [۱] E. Elangovan and K. Ramamurthi, Applied surface science (2005) Vol. 249 Issue 1-4 Pages 183-196
- [۲] S. I. Noh, H.-J. Ahn and D.-H. Riu, Ceramics International (2012) Vol. 38 Issue 5 Pages 3735-3739
- [۳] D. Miao, Q. Zhao, S. Wu, Z. Wang, X. Zhang and X. Zhao, Journal of Non-Crystalline Solids (2010) Vol. 356 Issue 44-49 Pages 2557-2561
- [۴] A. Moholkar, S. Pawar, K. Rajpure, C. Bhosale and J. Kim, Applied Surface Science (2009) Vol. 255 Issue 23 Pages 9358-9364
- [۵] L.-j. Huang, N.-f. Ren, B.-j. Li and M. Zhou, Materials Letters (2014) Vol. 116 Pages 405-40
- [۶] M. A. Aouaj, R. Diaz, A. Belayachi, F. Rueda and M. Abd-Lefdil, Materials Research Bulletin 2009 Vol. 44 Issue 7 Pages 1458-1461

The effect of oscillating speed on fluor doped tin oxide thin deposition in nozzle in ultrasonic mist vapor deposition method

Transparent conductive thin films of FTO (fluoride doped tin oxide) with uniform surface were synthesized on glass substrate by ultrasonic mist vapor deposition (UMVD) method. In this article, the synthesis and optimization of layers were investigated using confocal microscope, scanning electron microscope, transmission spectrum and four-point probe analysis. For the first time, the effect of oscillating speed of nozzle in UMVD investigated in point of views of the morphological structure, optical and electrical properties in FTO. Finally, a minimum resistance of 10Ω was created for these layers at frequency of 0.14 Hz for oscillating speed of nozzle, growth temperature of 350°C , an angle of 25° , a distance of 5 cm.

ساخت غشاء مسطح پلی کاپرولاکتون با روش الکتروریسی و استفاده از آن در حذف ترکیبات شیمیایی در پساب‌ها به عنوان یک پلیمر زیستی

سجاد نوبهاری^۱، ساناز باباپور^۲، افسانه ملاحسینی^{۳*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

^۳ عضو هیات علمی دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: amollahosseini@iust.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: Sajad.nowbahary@gmail.com

چکیده

در دهه‌های اخیر، توجه به جایگاه پلیمرهای زیستی در حوزه فناوری‌های پیشرفته به دلیل خواص بیولوژیکی، تجزیه‌پذیری طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی افزایش یافته است. الکتروریسی، به عنوان یک روش نوین و قابل تجزیه و تحلیل برای ساخت و اصلاح ساختار پلیمرها، توانسته است تا از تنوع گسترده‌ای از مواد بهره‌برداری کرده و خواص زیستی و فیزیکی آن‌ها را بهبود بخشد. پلی کاپرولاکتون (PCL) از جمله پلیمرهای زیستی است که به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود، در مقایسه با سایر پلیمرها، استفاده‌های گسترده‌ای در زمینه‌های پزشکی و بیومواد دارد. [1] در این مقاله به بررسی روش‌های الکتروریسی پرداخته می‌شود. نتایج این مطالعه نه تنها ارتقاء اطلاعات ما از الکتروریسی پلی کاپرولاکتون را تسهیل می‌کند، بلکه باعث می‌شود تا این پلیمر زیستی به عنوان یک جایگزین موثر در برنامه‌های آینده فناوری و صنعت مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: پلی کاپرولاکتون، زیستی، الکتروریسی، غشاء، پلیمر

۱. مقدمه

امروزه نگرانی‌های جهانی متعددی درباره آلودگی محیط‌زیست و تأثیرات آن بر سلامت انسان و اکوسیستم‌ها بروز یافته است. از جمله مشکلات اساسی در این حوزه، تخلیه پساب‌های صنعتی و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی به وسیله ترکیبات شیمیایی مختلف می‌باشد. این ترکیبات معمولاً از فرآیندهای تولید، پسماند و فاضلاب‌های صنعتی به آب‌ها منتقل می‌شوند و می‌توانند برای محیط‌زیست و سلامت انسان خطرات جدی ایجاد کنند [1]. بنابراین، توسعه روش‌هایی برای حذف و جداسازی این ترکیبات از آب‌های آلوده امری ضروری به نظر می‌رسد. در این زمینه، استفاده از غشاءهای پلیمری به عنوان فیلترهای جداسازی و حذف ترکیبات آلوده از آب‌ها، توجه محققان را به خود جلب کرده است. یکی از پلیمرهای جذب‌کننده که به‌ویژه در این حوزه مورد توجه قرار گرفته است، پلی کاپرولاکتون (PCL) می‌باشد. PCL به دلیل ویژگی‌هایی چون پایداری شیمیایی، قابلیت تغییر شکل و استحکام مکانیکی مناسب، تخلیص پذیری آسان از غشاءها، و قابلیت تجزیه طبیعی، به‌طور گسترده در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد [2].

در این مقاله، ما به بررسی روش الکتروریسی برای ساخت غشاء مسطح پلی کاپرولاکتون می‌پردازیم. الکتروریسی به عنوان یک روش پیشرفته تولید غشاء، از اصول الکتروشیمیایی استفاده می‌کند تا پلیمر را به صورت غشایی روی سطح الکتروود (جمع‌کننده) تشکیل دهد. این روش می‌تواند به عنوان یک راهکار کارآمد و پایدار برای کاهش آلودگی محیط‌زیست مورد استفاده قرار گیرد.

در ادامه، به توضیح فرآیند الکتروریسی برای ساخت غشاء، و بررسی نتایج استفاده از این غشاءها در حذف ترکیبات شیمیایی خواهیم پرداخت. این مقاله نقش مهمی در ارتقاء استفاده از پلیمرهای زیستی و دوستدار محیط‌زیست در فناوری حذف و تصفیه آب ایفا می‌کند [3].

۲. روش تحقیق

مواد و تجهیزات

همزن مغناطیس مدل MR 3001 ساخت شرکت هیدولف

(آلمان)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

مجهز به تیفسنج انرژی پراکندگی پرتو ایکس (EDX)

مدل SIGMA ساخت شرکت زایس

(آلمان)، ترازو با دقت ۰/۰۰۰۰۱ گرم مدل BP211D ساخت شرکت ساتریوس

(آلمان)، دستگاه الکتروریسی تهیه شده در آزمایشگاه مجهز به منبع تغذیه با ولتاژ ۳۰ Kv، دستگاه تیفسنج زیر قرمز-تبدیل فوری (FT-IR)

مدل 8400s در گستره‌ی فرکانسی ۴۰۰-۴۰۰۰ c ساخت شرکت شیمادزو (ژاپن)، پلی کاپرولاکتون، کلروفرم و استون از شرکت مرک (Merck).

شرایط ساخت غشاء پلیمری

برای الکتروریسی محلول پلیمری پلی کاپرولاکتون از دستگاه الکتروریسی ساخته شده در آزمایشگاه با طول درام جمع‌کننده ۵ سانتی‌متر و قطر ۳ سانتی‌متر استفاده شد. برای کاهش مزاحمت فشار هوا در حین الکتروریسی، دستگاه در یک محفظه بسته قرار گرفت. دستگاه الکتروریسی ساخته شده شامل سه بخش اصلی می‌باشد که عبارتند از پمپ سرنگی جهت تزریق یکنواخت پلیمر و جمع‌کننده از جنس استیل ضد زنگ ساخته شده در آزمایشگاه و منبع الکتریکی با ولتاژ بالا. سازوکار کارکرد دستگاه به این صورت است که پلیمر پکنواخت و ویسکوز در یک سرنگ ۵ میلی‌لیتری قرار گرفته، سپس سرنگ حاوی پلیمر در داخل پمپ سرنگی قرار داده شد، سپس یک فویل آلومینیومی با ابعاد مشخص شده بر روی جمع‌کننده قرار داده شد و قطب مثبت منبع ولتاژ بالا به نوک سرنگ و قطب منفی به جمع‌کننده متصل شد؛ سپس دستگاه روشن شد. برای بررسی عوامل مورد نظر، سرعت جریان محلول پلیمری به میزان ۰/۰۲ میلی‌لیتر بر دقیقه ثابت نگه داشته شد.

الف- بهینه‌سازی ولتاژ اعمالی: به منظور بهینه‌سازی ولتاژ، به ترتیب ولتاژهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلوولت به محلول پلیمری با غلظت ۱۸ درصد وزنی- وزنی در کلروفرم پلی کاپرولاکتون اعمال شد، در حالی که فاصله الکتروریسی ۲۰ سانتی‌متر بود.

ب- بهینه‌سازی غلظت پلیمرحامل: به این منظور، غلظت‌های ۱۵، ۱۸ و ۲۰ درصد وزنی- وزنی پلیمر حامل پلی کاپرولاکتون تهیه و الکتروریسی در ولتاژ ۲۰ کیلوولت و فاصله الکتروریسی ۲۰ سانتی‌متر صورت گرفت.

د- بهینه‌سازی فاصله الکتروریسی: به منظور بهینه‌سازی فاصله الکتروریسی، الکتروریسی در فواصل ۱۵، ۱۸ و ۲۰ سانتی‌متر و در

ولتاژ ۲۰ کیلو ولت و با غلظت ۱۸ درصد وزنی-وزنی پلی کاپرولاکتون انجام شد.

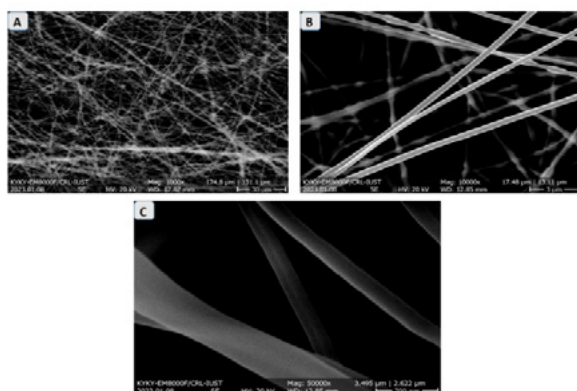
پس از ساخت غشاء، ابتدا از غشاهای بدست آمده تصاویر SEM گرفته و به این ترتیب پارامترهای بهینه انتخاب شدند.

۳. نتایج و بحث

در این بخش به منظور شناسایی و تعیین ساختار غشاء PCL از چندین روش استفاده شده است.

نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM) غشاء PCL

با استفاده از تصاویر FE-SEM می‌توان به مورفولوژی سطح، ضخامت، تعیین اندازه ذرات، میزان تخلخل غشاء سنتز شده پی برد. شکل (۱)، تصاویر با بزرگنمایی‌های مختلف از غشاء پلی کاپرولاکتون را نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است غشاءهای سنتز شده دارای مورفولوژی یکنواخت و ساختار متخلخل بوده و بدون گلوله است.



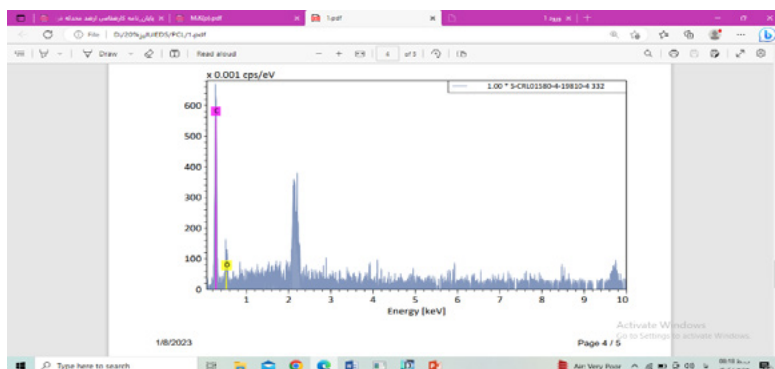
طیف‌سنجی انرژی پراکندگی پرتو ایکس (EDS)

آزمون نقشه برداری عنصری به منظور تشخیص نوع عناصر و درصد وزنی یا اتمی آن‌ها در نمونه‌های جامد، چگونگی پراکندگی عناصر در بزرگنمایی بالا و بررسی نمایی تغییرات غلظت عناصر بین نواحی مختلف نمونه صورت گرفت. در جدول (۱)، درصد جرمی و اتمی عناصر تشکیل دهنده غشاء PCL گزارش شده است.

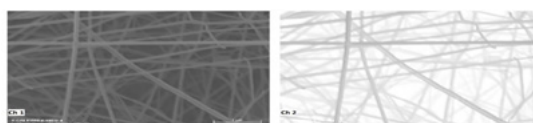
جدول ۱-عناصر تشکیل دهنده غشاء پلی کاپرولاکتون

نوع عنصر	کربن	اکسیژن
درصد جرمی عنصر	۶۹/۴۴	۳۰/۵۶
درصد اتمی عنصر	۷۵/۱۷	۲۴/۸۳

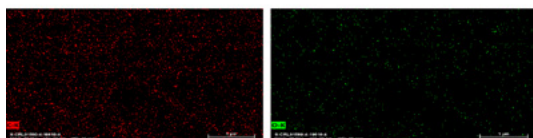
در شکل (۳)، طیف سنج انرژی پراش پرتو ایکس این غشاء را نشان می‌دهد که مشخص می‌کند که غشاء پلی کاپرولاکتون به درستی الکتروریسی و ساخته شده است.



شکل ۲- تصویر پراش انرژی پرتو ایکس غشاء پلی کاپرولاکتون



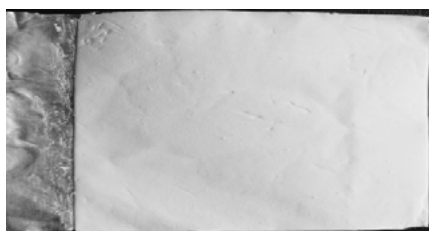
تصاویر مربوط به نقشه برداری آزمون EDS غشاء PCL که نشانگر توزیع فراوانی و یکنواختی عناصر کربن و اکسیژن در سطح غشاء است در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- تصاویر نقشه برداری EDS غشاء PCL

شکل ۵- تصویر AFM غشاء PCL

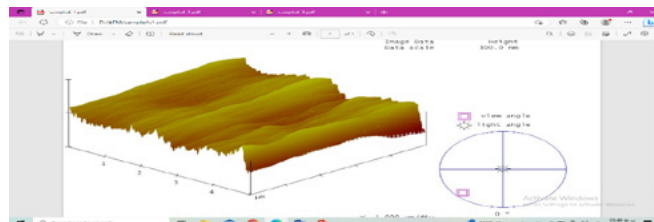
در شکل (۴) نمونه ای از غشاء الکتروریسی شده پلی کاپرولاکتون نشان داده شده است که دارای ضخامت یکنواخت و سطح مقطع مناسب جهت استفاده به عنوان غشاء در حذف و جداسازی می‌باشد.



شکل ۴- غشاء نانو الیافی الکتروریسی شده پلی کاپرولاکتون روی فویل آلومینیومی

میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)

جهت بررسی زبری و ناهمواری سطح غشاء از تصویربرداری AFM استفاده شده است. شکل (۵)، تصویر AFM غشاء PCL را نشان می‌دهد. با اسکن سطح غشاء در مقیاس $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ زبری و ناهمواری در سطح غشاء قابل مشاهده است. که این امر باعث تماس کمتر قطرات آب با سطح غشاء می‌شود.



شکل ۵- تصویر AFM غشاء PCL

با توجه به نتایج حاصل از الکتروریسی پلی کاپرولاکتون می‌توان گفت که این غشاء به خوبی الکتروریسی شده و تجمع یکنواخت نانو الیاف‌ها در سطح فویل آلومینیومی و همچنین تخلخل کافی برای جذب و عبور مواد، یک غشاء کارآمد جهت استفاده در حذف آلودگی‌های آب و پساب با روش‌هایی مانند فیلتراسیون غشایی، جذب سطحی، اسمز معکوس و نانوفیلتراسیون می‌باشد. این غشاء بر خلاف بسیاری از غشاءهای الکتروریسی شده دارای استحکام بالا و شکل پذیری مناسب می‌باشد که امکان استفاده در اشکال مختلف از آن را فراهم می‌سازد که آن را از سایر پلیمرهای تولید شده با این روش متمایز می‌کند. همچنین خاصیت زیست تخریب پذیر بودن این غشاء آن را در زمره برترین غشاءهای الکتروریسی شده قرار می‌دهد [3].

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه نانو الیاف PCL با روش الکتروریسی تهیه شد. همچنین خواص فیزیکی، شیمیایی و ساختاری نانو الیاف با استفاده از آنالیزهایی مانند تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM)، میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)، طیف سنجی انرژی پراکندگی پرتو ایکس (EDS) مورد بررسی قرار گرفت. بستر نانو الیافی الکتروریسی شده با خاصیت زیست تخریب پذیری، به دلیل داشتن نانو الیاف و ساختاری با منافذ بسیار ریز و متخلخل قابلیت بکارگیری در فیلتراسیون و حذف آلاینده‌های شیمیایی و ذرات نانومتری در آب و پساب‌ها را دارا می‌باشد. از غشاء تولید شده می‌توان در زمینه پزشکی، دفاعی، ساخت غشاء پوشش‌های محافظ و ماسک‌های تنفسی نیز استفاده کرد. در پایان قابل ذکر است که با توجه به کاربرد نانوفیلترها در زمینه‌های مختلف، توسعه آزمایشگاهی این غشاءها و نانو الیاف‌های زیست تخریب پذیر می‌تواند نویدبخش باشد. و توسعه این فناوری می‌تواند مانع از صرف هزینه برای واردات این محصولات باشد [4].

۱-baburaj MS, Midhu George Veeran, Diksha Painuly, Sreelekshmi S, Rajkumar RJ, Abi Santhosh Aprem. Fabrication and characterisation of polycaprolactone/gelatin/chitosan (PCL/GEL/CHI) electrospun nano-membranes for wastewater purification. Desalination ۲۰۲۳ October; Volume ۵۶۳

۲-Nivedita S, Joseph S. Performance of polycaprolactone/TiO_۲ composite membrane for the effective treatment of dairy effluents. Water Sci Technol. ۲۰۲۱ May; ۲۴۸۵-۲۴۷۷:(۱۰)۸۳. doi: ۱۰.۲۱۶۶/wst.۲۰۲۱.۱۴۳. PMID: ۳۴۰۳۲۶۲۴.

۳-Topuz F. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from water through degradable polycaprolactone electrospun membrane. Turk J Chem. ۲۰۲۲ Oct ۴; ۴۶(۶):۲۰۸۰-۲۰۸۹. doi: ۱۰.۵۵۷۳۰/۱۳۰۰-۰۵۲۷.۳۵۰۴. PMID: ۳۷۶۲۱۳۴۳; PMCID: PMC۱۰۴۴۶۹۱۹.

۴-Juárez Sánchez MA, Meléndez Lira MÁ, Rodríguez Nava CO. Polycaprolactone based membranes for the degradation of diclofenac present in water samples using ZnO nanoparticles as the active agent. MRS Advances. Materials Research Society; ۲۰۲۰; ۵(۶۱):۳۱۵۳-۶۱.

Fabrication of polycaprolactone flat membrane by electrospinning method and its use in the removal and of chemical compound s in wastewater as a biopolymer

^۱-sajad nowbahary, ^۲sanaz babapour, ^{۳*} Afsaneh Mollahosseini

1

¹ Master's student of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

² Master's student of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

³ Faculty member of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: amollahosseini@iust.ac.ir

Presenter's E-mail: sajad.nowbahary@gmail.com

Abstract

In recent decades, the attention to the significance of biodegradable polymers in advanced technological realms has increased due to their biological properties, natural degradability, and reduced environmental impacts. Electrospinning, as an innovative and analyzable method for the construction and modification of polymer structures, has harnessed a wide range of materials and improved their biological and physical properties. Among these, Poly(ϵ -caprolactone) (PCL) stands out as a biopolymer with unique characteristics, enabling extensive applications in medical and biomaterial fields compared to other polymers. In this article, we delve into the exploration of the latest advancements and research findings related to Electrospinning of poly(ϵ -caprolactone). In this article, different electrospinning methods are reviewed. The outcomes of this study not only facilitate the enhancement of our understanding of Electrospinning of poly(ϵ -caprolactone), but also position this biopolymer as an effective alternative for future technology and industry applications.

Keywords: Polycaprolactone, biological, electrospinning, membrane, polymer.

صرفه جویی اقتصادی در کاربرد استفاده از گاز مشعل جهت جلوگیری از انتشار آلودگی در محیط زیست

سید محمد حجتی خراسانی^۱

۱- گروه مهندسی شیمی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، ایران

m_hajji_khorasani@yahoo.com

چکیده:

در سالهای اخیر توجه بیشتری به صرفه جویی انرژی و حفظ محیط زیست در صنایع گوناگون شده است. بخصوص در حوزه پالایشگاه های پارس جنوبی بزرگترین مسئله محیط زیستی آلودگی هوا از طریق گازهای حاصل از احتراق مشعل پالایشگاه است در اینجا سعی بر ارائه روشی با بیشترین بازده و کمترین هزینه اولیه جهت کم کردن هر چه بیشتر گازهای مشعل و از طرفی استفاده از آنها شده است و میزان صرفه جویی اقتصادی برای آن بررسی گردیده است. در این پژوهش گازهای مشعل فاز دوازده پارس جنوبی مورد مطالعه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی:

ارزش فلرینگ، فرآیند احتراق، مشعل، پارس جنوبی

۱. مقدمه

سالانه بالغ بر ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز در جهان تحت عنوان فلرینگ (یا سوزاندن گازها توسط مشعل) به مواد آلاینده تبدیل می‌شود که طبق آمارهای بانک جهانی این رقم چیزی معادل یک سوم مصرف گاز کل اروپا است. این اتفاق در تضاد با توسعه پایدار است. از کل حجم گازهای آلاینده، ۷۵ درصد آن متعلق به ۱۰ کشور است که متأسفانه ایران با رتبه چهارم جهانی (و رتبه اول خاورمیانه) جزو این ۱۰ کشور به حساب می‌آید. در جدول ۱ رتبه بندی کشورها را بر اساس فلرینگ نشان می‌دهد. [۱] در واحدهای بهره بردار نفت و گاز به دلایل مختلف از جمله مشکلات عملیاتی و خرابی ادوات، ملاحظات ایمنی و سوخته شدن گازها در شرایط راه اندازی مقدار زیادی گاز به محیط تخلیه می‌شود که سهم گاز متان که به عنوان دومین عامل تشکیل دهنده گازهای بخش انتقال صنعت گاز طبیعی با ۳۷٪ کل گاز اتلافی، گلخانه ای شناخته می‌شود بسیار زیاد است. [۱] طبق گزارش EPA بیشترین سهم را در کل بخش‌ها (تولید، فراورش، انتقال و توزیع) به خود اختصاص می‌دهد در اینجا مطالعه موردی در مورد فاز ۱۲ پارس جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است. [۲]

جدول ۱: میزان فلرینگ کشورهای جهان [2]

کشور	2011	2012	تخیر
۱ روسیه	۳۷.۴	۳۴.۸	۲.۶
۲ نیجریه	۱۴.۵	۱۴.۷	۰.۲
۳ آمریکا	۷.۱	۱۱.۶	۵.۴
۴ ایران	۱۱.۷	۱۰.۷	۰.۷
۵ عراق	۹.۴	۱۰.۳	۱
۶ الجزایر	۵	۴.۹	۰.۱
۷ قزاقستان	۴.۷	۴.۶	۰.۱
۸ ونزوئلا	۳.۵	۴.۳	۰.۸
۹ عربستان	۳.۷	۳.۹	۰.۲
۱۰ انگولا	۴.۱	۳.۸	۰.۳
۱۱ لیبی	۲.۲	۳.۲	۱
۱۲ کانادا	۲.۴	۳	۰.۶
۱۳ اندونزی	۲.۲	۲.۵	۰.۳
۱۴ عمان	۱.۶	۲.۱	۰.۵
۱۵ چین	۲.۶	۲.۱	۰.۵
۱۶ مکزیک	۲.۱	۲	۰.۱
۱۷ قطر	۱.۷	۱.۸	۰.۱
۱۸ مصر	۱.۶	۲	۰.۴
۱۹ مالزی	۱.۶	۱.۵	۰.۱
۲۰ اکوادور	۱.۳	۱.۵	۰.۲
مجموعه بیست کشور	۱۲۰	۱۲۵	۱۲۰
سایر کشورها	۲۰	۱۶	۲۰
کل جهان	۱۴۰	۱۴۴	۱۴۰

۲. مقدار و ارزش فلرینگ

ابتدا لازم است مقدار واقعی فاز داوزده پارس جنوبی مورد بررسی قرار گیرد که در شرایط کنونی حدود ۳۰۰ تن بر ساعت می‌باشد، بیشتر آن به علت فقدان کمپرسورهای مورد نیاز که به دلیل دسترسی به آن سخت تر از معمول بوده اما با ورود کمپرسورها و فرض شرایط نرمال پالایشگاه به گفته کارشناسان در این فاز بیست تا سی تن فلرینگ خواهیم داشت. با توجه به قیمت گاز صادراتی ایران که به ترتیب به پاکستان ۵۵ سنت به ترکیه ۵۰ سنت به عراق ۴۴ سنت است. [۲] با توجه به آن که هر ۱/۳۵ متر مکعب گاز حدود یک کیلوگرم است پس هر بیست تن گاز حدود ۲۷۰۰۰ متر مکعب می‌شود که با قیمت تقریبی ۴۰ سنت حدود ۱۰۸۰۰ دلار می‌شود.

جدول ۲ میزان فلرینگ فازهای مختلف پارس جنوبی (برحسب میلیون متر مکعب استاندارد در روز) [1]

	phase 1	phase 2&3	phase 4&5	phase 6,7,8	phase 9&10
flare	0.013	0.78	0.4	0.13	0.06
dehydration unit	0.01	0.11			
CO2 from C2 treating			0.14		0.14
flash gas from c2 treating			0.01		0.01
flash gas from gas sweetening			0.14		0.14
MRU unit	0.36				

۳- راه کارهای کلی کاهش فلرینگ در صنایع پالایشگاهی

در مورد روشهای کاهش فلرینگ در صنایع پالایشگاهی که پیش از این پیشنهاد گردیده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- اصلاح و بهینه سازی فرآیندهای تولید کننده گازهای فلر

واضح است که با بهینه سازی فرآیندها می‌توان بر میزان تولید گاز فلر تاثیر مستقیم گذاشت به عنوان مثال می‌توان از طریق کم کردن و یا بازیابی بخشی از گازهای احیا کننده بسترهای مرکابتان گیری در فاز دوازده تا حد زیادی از حجم گاز فلر کاسته می‌شود. [۳]

۲- ذخیره سازی در سازه های زیر زمینی

با توجه به آن که به زیرساخت زیادی احتیاج ندارد به دلیل وجود مخازن زیرزمینی بزرگ در منطقه عسلویه می‌تواند یکی از راه های مؤثر در این زمینه باشد .

۳- بازیابی گازهای ارسالی به مشعل فلر [۳]

اکثر فرآیندهای شیمیایی احتیاج به استفاده به سیستم های مشعل سوزی به دلایل مختلف از جمله ایمنی و حفاظت از تجهیزات هستند . که با بازگرداندن این گازها به بخش پالایش می‌توان حجم گاز مشعل را کاهش داد . البته باید توجه داشت که سیستم مشعل سوز باید به دلایل بالا بصورت موازی این سیستم ها موجود باشند .

۴- اصلاح و بهینه سازی فرآیند احتراق در سیستم فلر

با اصلاح فرآیند احتراق از طریق اصلاح طراحی مشعل یا تزریق بخار به آن می‌توان به احتراق بهتر گاز کمک کرد . با یک طراحی مناسب در بستر فلر و شرایط عملیاتی می‌توان حجم گازهای نسوخته در یک احتراق ناقص را تا ۲ درصد کاهش داد. از طرف دیگر در یک طراحی ضعیف حجم گازهای نسوخته می‌تواند به بیش از ۳۰ درصد از کل گاز ارسالی به سیستم فلر برسد. [۴]

در مورد راه کارهای اختصاصی استفاده از گاز فلر در فاز دوازده پارس جنوبی نیز می‌توان به موارد زیر اشاره نمود :

الف- سیستم تزریق به واحدهای بالا دستی (استفاده از کمپرسور اجباری می‌باشد)

ب- استفاده از سیستم ذخیره سازی بدون کمپرسور (برای استفاده به عنوان سوخت) با مخازن بسایر بزرگ حداقل ۱۰۰۰۰ مترمکعب

پ- استفاده از مخزن نسبتا کوچک برای انتقال به بویلر بدون ذخیره سازی [۵]

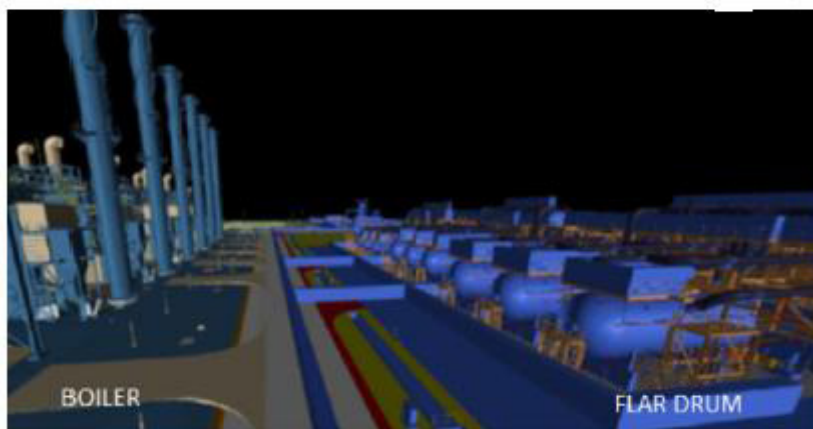
و از موارد دیگر می‌توان به کاهش میزان فلرینگ غیر عادی با استفاده از سیستم های حفاظتی با قابلیت اطمینان بالا نام برد با توجه به این نکته که در طراحی بسیاری از پالایشگاه و کارخانجات پتروشیمی ، تخلیه فشار سیستم از طریق سیستم فلر ، از ضروریات طراحی است . یکی از مهمترین عوامل افزایش فشار در برج های تقطیر ، میزان حرارت ورودی بیش از حد به برج و یا قطع سیستم خنک کننده است که با استفاده از سیستم های ابزار دقیق قابل اطمینان می‌توان از افزایش بی رویه فشار آن جلوگیری کرد. [۵]

با توجه به هزینه بالا در استفاده از کمپرسور و مسیر لوله های لازم برای ورودی و خروجی از آن سعی بر ارائه روشی با هزینه

پایین و انجام راحت آن شده است. در این پروژه سعی به تبدیل گاز فلرینگ به گاز سوختی بویلرها شده است با فرض مقدار متوسط گاز مصرفی دیگر بخار حدود ۲۰ تن می باشد (در صورت استفاده از چهار بویلر از شش بویلر در شرایط نرمال)

۴. شرح استفاده از گازهای مشعل فاز دوازده پارس جنوبی

استفاده از گاز مشعل برای بویلرهای تولید بخار به سادگی امکان پذیر می باشد با توجه به آن که فشار مورد نیاز گاز مصرفی بویلر حدود ۰/۲ بار می باشد به راحتی می توان از گاز فلر در آن استفاده کرد و با توجه به نزدیک بودن درام های فلر و واحد تولید بخار که در شکل ۱ نشان داده شده است ، به مسیر لوله کشی کمی احتیاج می باشد

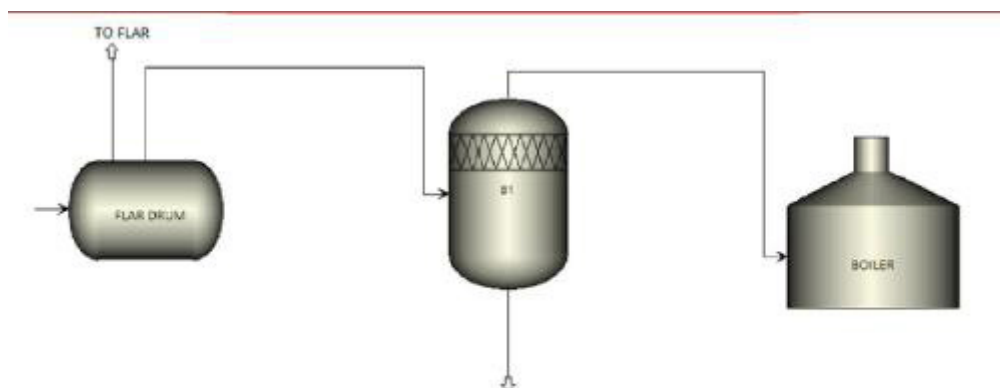


شکل ۱: نمایی از موقعیت بویلرها نسبت به درام های فلرها

با توجه به طراحی درام های مشعل فشار بالا که حدود ۱۴ بار می باشد می توان تا فشار ۱۴ بار اقدام به ذخیره سازی گاز در مخزن جهت انتقال به مخزن سوخت بویلر نمود . توجه به این نکته ضروری است که بیشتر کارایی این طرح در زمان از سرویس خارج شدن واحدهای گازی (ترین های گازی که متشکل از شش ترین است) می باشد چرا که بیشتر سوخت بویلرها از بخش هایی از واحدهای گازی تأمین می شود .

۵. بررسی کلی طرح

با توجه به نزدیکی درام های فلر به بویلر می توان از یک مسیر کوتاه برای انتقال گاز به مخزن بویلر استفاده کرد که با توجه به وجود فضای کافی در کنار بویلرها می توان مخزن را در کنار آن نصب نمود که برای جداسازی بهتر مایعات از گاز ورودی از مخزن عمومی استفاده می شود. نمودار جریان فرآیند در شکل ۲ نشان داده شده است. [۶]



شکل ۲: نمایی کلی از چگونگی طراحی اولیه (Process flow diagram)

۶. مقایسه هزینه ها و صرفه جویی

تقریباً ۱۰ میلیارد تومان هزینه اجرای طرح است که با احتساب ۱۰۸۰۰ دلار در ساعت صرفه جویی برابر است با هزینه حدود ۳۱۳ ساعت فلرینگ می باشد که با توجه فرسودگی ادوات و توقفات ناخواسته اجباری که در طی سال اتفاق می افتد چندین برابر این مقدار فلرینگ را در طی سال خواهد بود .

۷. مزایای کلی این طرح [۷]

* هزینه کمتر نسبت به بقیه طرح ها حداقل کمتر از ده درصد در بقیه طرح ها

* سرعت در مدار قرار گرفتن بالا و احتیاجی به راه اندازی پیچیده ندارد

* هزینه تعمیر و نگهداری پایین نزدیک به صفر

* تحمل ناخالصی و ترکیب درصدی بسیار متغیر

* با هر فشار قابل بکارگیری است و احتیاج به فشار در بازه خاصی ندارد (برای مثال فشار ساکشن کمپرسور باید در محدوده معینی باشد) [۸]

* جداسازی میعانات بیشتر به واسطه دو درام در مسیر گازهای فلر و زمان ماند بیشتر [۸]

۸. نتیجه گیری

با توجه به افزایش نگرانی جامعه جهانی نسبت به آلاینده های محیط زیست و همچنین اهمیت روز افزون بحث انرژی و صرفه جویی در آن مسئله فلرینگ در صنایع پالایشگاهی اهمیت فوق العاده ای پیدا می کند . در سالهای اخیر توجه به این مسئله باعث مطرح شدن راهکارهای فراوانی شده است که ملزومات بسیاری از آنها صرف وقت و هزینه بالا است [۶ و ۸] که بیشتر اوقات به همین دلیل از آنها صرفه نظر می شود در طرح حاضر سعی شده تا حد امکان مقدار صرف وقت و هزینه کاهش یابد به گونه ای که با توجه به سادگی و در دسترس بودن تجهیزات مورد استفاده می توان آن را در زمان اورحال (تعمیرات کلی) اجرایی کرد و از لحاظ هزینه کمترین هزینه ممکن که در حدود ۱۰ میلیارد تومان برآورد می شود به عملیاتی کردن امید داشت که این هزینه با حدود ۳۱۳ ساعت استفاده از این طرح که در طی سال حتمی به نظر می رسد صرفه جویی خواهد شد . [۷ و ۹]

مراجع

۱- غلامحسین حلیمی فرد "بررسی کاهش شبکه ی فلر برای جلوگیری از ارسال گازهای آلاینده به اتمسفر در پالایشگاه گاز مسجد سلیمان با استفاده از نرم افزار Aspen Hysys" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود بهار ۱۴۰۰ .

۲- محسن مرادی بیدهندي ، محمد سمیع پورگیری ، نصراله مجیدیان " تاثیر فلرینگ گازهای سرچاهی منطقه نفتی گچساران بر میزان نشر گاز متان به محیط (مطالعه موردی) " دانشکده فنی مهندسی ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال . ۱۴۰۰

۳- یوسف لعل بهرامپور " تحلیل سیستم های بازیافت گازهای ارسالی به فلر و تولید قدرت (برق) از گازهای فلر " پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شاهرود بهمن ۱۴۰۱ .

۴- وحید رضا دالوند ، حمید رضا قضاوتی " بررسی تاثیر کاهش ارتعاشات سرژر دانه های کمپرسور های واحد تثبیت میعانات گازی پالایشگاه چهارم پارس جنوبی در کاهش میزان فلرینگ چهارمین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی. ۱۴۰۰

۵- رضا آذین ، شهرام عصفوري " بررسی فلرینگ در عسلویه همراه با ارائه راهکار عملی کاهش آن " کنگره ملی مهندسی شیمی دانشگاه تهران بهمن ۱۴۰۱ .

۶- سید محمد جوکار ، محمد رضا رحیم پور ، مجتبی رضایی ، زهرا جمشید نژاد " استفاده بهینه از گازهای ارسالی به مشعل " اولین کنفرانس مدیریت و نوآوری ، بهمن ۹۹ شیراز .

۷- مهدی گوهر رخی ، سید حسین موسوی " بررسی راهکارهای کمینه سازی و بهبود فلرینگ برای یک واحد صنعتی به منظور جلوگیری آلودگی و اتلاف انرژی " اولین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین در شیمی و مهندسی شیمی اردیبهشت ۱۴۰۲ مرکز همایش آبگینه تهران .

۸- احسان اله بهرامی ، کامبیز صفتی ، مهدی باقرزاده " بازیابی و کاهش گازهای ارسالی به فلر در شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی " دومین همایش ملی مهندسان فرآیند خرداد ۱۴۰۰ .

محاسبات ابری پیشرفته در آزمایشگاه CPL با هدف بررسی خواص ماده فوق چگال هسته‌ای

مهدی غضنفری مجرد^{۱*}، سیدعلیرضا قائم مقامی^۲

^۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۲ آزمایشگاه محاسبات ابری (CPL)، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

*ghazanfari@kashanu.ac.ir

ghazanfari@kashanu.ac.ir

چکیده

گذار فاز باریون-کوارک از مسائل مهم در بررسی خواص ماده فوق چگال هسته‌ای می‌باشد که با اتخاذ مدل باریونی و کوارکی مناسب تحت ساختار ماکسول می‌تواند انجام پذیرد. از این رو، مدل باریونی توماس-فرمی و مدل کوارکی NJL مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعه چنین مدل‌سازی‌هایی پیچیده‌ای برای بررسی ساختار ماده فوق چگال هسته‌ای نیازمند به برنامه‌های محاسباتی پیشرفته و الگوریتم‌های خودسازگار با تعداد تکرار بالا دارد. علاوه بر این، برنامه‌های محاسباتی متناسب با این مدل‌سازی‌های نیازمند به سیستم‌هایی با قابلیت اجرای موازی و مستقل می‌باشد. بنابراین، تحت این شرایط استفاده از سامانه محاسبات ابری اجتناب ناپذیر است. سامانه محاسبات ابری در آزمایشگاه محاسبات ابری (CPL) به ما این امکان را می‌دهد که انجام محاسبات پیچیده را در بالاترین سطح ممکن انجام دهیم و در نتیجه سرعت و کارایی در انجام محاسبات را به طور چشم گیری افزایش می‌دهد. علاوه بر این، قابلیت در دسترس بودن این سامانه این امکان را به ما می‌دهد که در هر جا و با هر وسیله‌ای ارتباطی تحت شبکه محاسبات را به صورت مستقل و بهره بالا انجام داد.

کلید واژه‌ها: CPL، ماده هسته‌ای، مدل آماری توماس-فرمی، مدل کوارکی NJL، گذار فاز باریون-کوارک.

۱. مقدمه

رویدادهای بسیار چگال از جمله برخوردهای یون سنگین [۱]، که تلاش‌های نظری چشمگیری را برانگیخته است، جنبه‌های مختلف نیروهای هسته‌ای را منعکس می‌کند. نیروهای هسته‌ای واقع‌گرایانه به دست آمده از داده‌های پراکندگی نوکلئون-نوکلئون در مدل‌های میکروسکوپی [۲] استفاده می‌شوند، در حالی که مدل‌های پدیده‌شناسی [۳و۴] توسط برهمکنش‌هایی که پارامترهای آن با خواص اشباع هسته‌ای و داده‌های حالت پایه آزمایشات هسته‌ای تطابق دارند. در چهارچوب تقریب توماس-فرمی، نیروهای هسته‌ای برای اولین بار توسط سیلر و بلانچارد^۲ (SB) [۵-۷] در ساده‌ترین حالت ممکن بدون در نظر گرفتن اثرات وابسته به چگالی معرفی شد. علاوه بر این، مایرز و شواتکی^۳ (MS) [۸و۹] نسخه جدیدی از برهمکنش SB وابسته به چگالی و معکوس تکانه در فضای فاز برای پیش‌بینی خواص هسته‌های متناهی و ماده هسته‌ای فرمول‌بندی کرده‌اند. با استفاده از برهمکنش MS، جنبه‌های مختلف ترمودینامیک ماده هسته‌ای با موفقیت در مراجع [۹-۱۴] بررسی شده است. در این کار، ما نتایج الگوریتم پیچیده این مدل‌ها را با بهره‌گیری از محاسبات ابری پیشرفته در آزمایشگاه محاسبات ابری (CPL) به منظور بررسی خواص ماده فوق چگال هسته‌ای و گذار فاز باریون-کوارک ارائه می‌کنیم. بنابراین، ابتدا فرمول‌بندی آماری برای تعیین معادله حالت باریونی در بخش ۲ ارائه شده است. علاوه بر این، مدل NJL را برای تعیین معادله حالت ماده کوارکی با سه مجموعه برهم کنش RKH، HK و LKW ارائه می‌کنیم که از طریق ساختار ماکسول معادله حالت‌های باریونی و کوارکی متصل می‌شوند. بخش ۳ نتایج بدست آمده برای گذار فاز باریون-کوارک بیان می‌شود و تاثیر CPL شرح داده می‌شود. در بخش ۴ خلاصه و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲. فرمول‌بندی معادله حالت باریونی و کوارکی

در چارچوب تقریب توماس-فرمی حالت ذرات با موقعیت و تکانه آن‌ها در فضای فاز مشخص می‌شود و برهم‌کنش پیچیده بین ذرات را می‌توان با پتانسیل موثر مناسب توصیف کرد. پتانسیل SB و MS [۱۴] به صورت زیر بیان می‌شود:

$$V_{12}^{(SB)} = -C \frac{e^{-r_{12}/a}}{r_{12}/a} \left[1 - \frac{p_{12}^2}{p_b^2} \right], \quad V_{12}^{(MS)} = -C \frac{e^{-r_{12}/a}}{r_{12}/a} \left[1 - \frac{p_{12}^2}{p_b^2} - \chi \left(\frac{2\bar{\rho}}{\rho_b} \right)^{\frac{2}{3}} + \bar{\chi} \left(\frac{p_b}{p_{12}} \right) \right].$$

چگالی انرژی باریونی کل برابر می‌باشد که سهم چگالی انرژی باریونی و چگالی انرژی لپتونی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$e_B = \sum_{i=n,p} \frac{2}{h^3} \int d^3p \left[m_i c^2 + \frac{p^2}{2\tilde{m}} + \frac{1}{2} V_{12} \right] \theta(p_{F,i} - p), \quad e_L = \frac{2}{h^3} \sum_{j=e^-, \mu^-} \int_0^{p_{F,j}} d^3p \sqrt{(pc)^2 + (m_j c^2)^2}.$$

بنابراین، با در نظر گرفتن پتانسیل‌های شیمیایی $\mu_{j=e^-, \mu^-} = \sqrt{(p_{F,j} c)^2 + (m_j c^2)^2}$ و $\mu_{n(p)} = \frac{\partial e_B}{\partial \rho_{n(p)}}$

و می‌توان ساختار ماده باریونی را با نوکلئون‌ها و لپتون‌های نسبیتی تحت شرایط تعادل بتایی توصیف کرد [۱۴]:

$$y_{p^+} = y_{e^-} + y_{\mu^-}, \quad y_k = \frac{\rho_k}{\rho_B}, \quad \mu_{e^-} = \mu_n - \mu_{p^+}, \quad \mu_{\mu^-} = \mu_{\mu^-}$$

فشار کل ماده باریونی تحت شرایط تعادل بتایی با افزودن فشار لپتونی به فشار باریونی تعیین می‌شود:

$$P = P_B + P_L = \sum_i (\mu_i \rho_i) - e.$$

پتانسیل ترمودینامیکی بزرگ مدل NJL را می‌توان در دمای صفر به صورت زیر تعیین کرد [۱۴-۱۷]:

$$\Omega_Q = - \sum_{i=u,d,s} \frac{3}{\pi^2} \int_0^{\Lambda} d p p^2 [E_p^{(M_i)} + (\tilde{\mu}_i - E_p^{(M_i)}) \theta(\tilde{\mu}_i - E_p^{(M_i)})] \\ + \sum_{i=u,d,s} 2 G_S \langle \bar{q}_i q_i \rangle^2 - 4 K \langle \bar{q}_u q_u \rangle \langle \bar{q}_d q_d \rangle \langle \bar{q}_s q_s \rangle - \sum_{i=u,d,s} \frac{(\tilde{\mu}_i - \mu_i)^2}{8 G_V},$$

Thomas-Fermi	۱
Seyler and Blanchard	۲
Myers and Swiatecki	۳

که $E_p^{(M_i)} = \sqrt{p^2 + M_i^2}$ است. جرم دینامیکی کوارک و پتانسیل شیمیایی موثر را می‌توان به صورت زیر تعیین کرد:

$$M_i = m_i - 4G_S \langle \bar{q}_i q_i \rangle + 2K \langle \bar{q}_j q_j \rangle \langle \bar{q}_k q_k \rangle, \quad \tilde{\mu}_i = \mu_i - 4G_V \langle q_i^\dagger q_i \rangle.$$

با توجه به معادله فوق و با به حداقل رساندن نسبت به و تعیین می‌شود:

$$\frac{\partial \Omega_Q}{\partial M_i} = 0 \Rightarrow \langle \bar{q}_i q_i \rangle = -\frac{3}{\pi^2} \int_0^\Lambda d p p^2 \frac{M_i}{E_p^{(M_i)}} [1 - \theta(\tilde{\mu}_i - E_p^{(M_i)})],$$

$$\frac{\partial \Omega_Q}{\partial \tilde{\mu}_i} = 0 \Rightarrow \langle q_i^\dagger q_i \rangle = \rho_i = +\frac{3}{\pi^2} \int_0^\Lambda d p p^2 \theta(\tilde{\mu}_i - E_p^{(M_i)}).$$

شرایط تعادل بتایی برای ترکیب خنثی کوارک‌ها و لپتون‌ها را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت [۱۴]:

$$2y_{u^+} - (y_{e^-} + y_{\mu^-}) - (y_{d^-} + y_{s^-}) = 0, \quad y_{(i=u,d,s)} = \frac{\rho_i}{3\rho_B},$$

$$\mu_{u^+} = \mu_B - \frac{2\mu_{e^-}}{3}, \quad \mu_{d^-} = \mu_{s^-} = \mu_B + \frac{\mu_{e^-}}{3}, \quad \mu_{e^-} = \mu_{\mu^-},$$

فشار و چگالی انرژی در شرایط تعادل بتایی به دست می‌آید:

$$P = P_Q + P_L, \quad e = \sum_k \rho_k \mu_k - P,$$

که در آن، فشار کوارک $P_Q = \Omega_Q^0 - \Omega_Q$ را با فرض Ω_Q^0 برای $P_Q=0$ در خلا فرض می‌شود. شرایط ساختار ماکسول برای گذار فاز باریون-کوارک را می‌توان به صورت زیر در نظر گرفت [۱۴]:

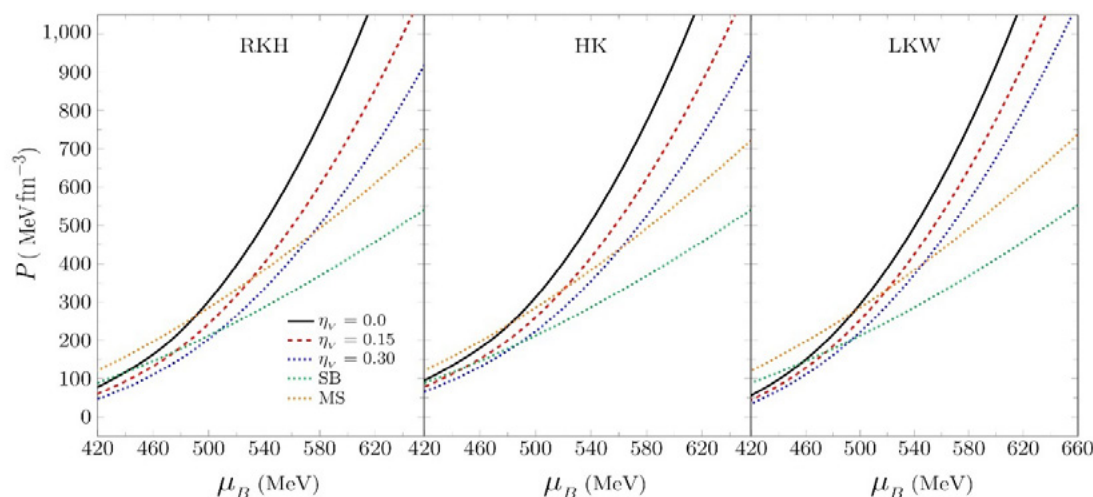
$$\mu_n^{(BP)} = \mu_u^{(QP)} + 2\mu_d^{(QP)} = 3\mu_B^{(MC)}, \quad P^{(BP)} = P^{(QP)} = P^{(MC)}, \quad e^{(MC)} = 3\rho_B \mu_B^{(MC)} - P^{(MC)}.$$

۳. نتایج و بحث

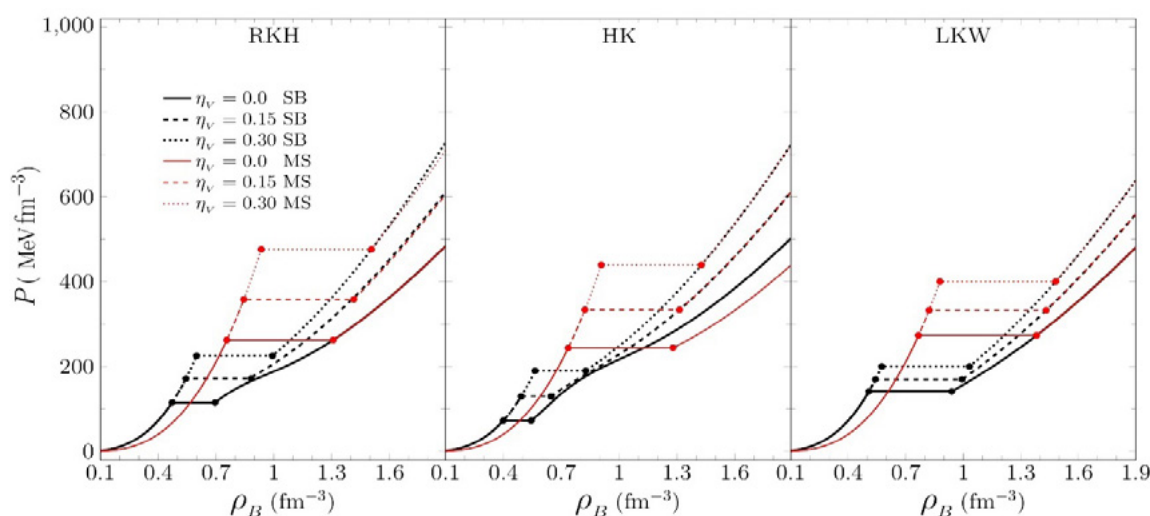
گذار فاز باریون-کوارک از مسائل مهم در فیزیک هسته‌ای می‌باشد که نیاز به مدل باریونی و کوارکی به صورت مستقل می‌باشد. مدل آماری توماس-فرمی به منظور تعیین معادله حالت باریونی استفاده می‌شود و مدل کوارکی NJL به منظور تعیین معادله حالت کوارکی استفاده می‌شود. هر کدام از این مدل‌ها نیازمند به برنامه‌های محاسباتی پیشرفته و الگوریتم‌های خودسازگار با تعداد تکرار بالا که نتایج مطلوبی برای ما داشته باشند. از زبان برنامه نویسی فرتن که سرعت بالایی در انجام محاسبات دارد به منظور اجرای این الگوریتم‌ها بهره گرفته می‌شود. با این وجود، پیچیدگی ساختار ماده فوق چگال نیاز به سیستم محاسباتی ابری را الزام آور می‌کند.

بنابراین، از سامانه محاسبات ابری در CPL استفاده می‌کنیم که به ما امکان انجام محاسبات پیچیده را در بالاترین سطح ممکن می‌دهد. علاوه بر این، قابلیت در دسترس بودن این سامانه این امکان را به ما داد که در هر جا و با هر وسیله‌ای ارتباطی تحت شبکه محاسبات را با سرعت و بهره بالا انجام شود.

در شکل ۱ گذار فاز باریون-کوارک تحت ساختار ماکسول از تقاطع معادله حالات باریونی و کوارکی در صفحه فشار-پتانسیل شیمیایی باریونی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این شکل‌ها معادله حالت‌های مختلف باریونی و کوارکی به دست آمده است که نیازمند به اجراهای موازی و با سرعت بالا ضروری است که سامانه محاسبات ابری در CPL این برای ما امکان‌پذیر کرد.



شکل ۱- فشار برحسب پتانسیل شیمیایی باریونی برای برهمکنش‌های باریونی SB و MS.



شکل ۲- فشار برحسب چگالی باریونی که نواحی فاز مخلوط با دو نقطه توپر نشان داده شده‌اند.

در شکل ۲ فشار برحسب چگالی باریونی در معادله حالت‌های مختلف نشان داده شده است. تعیین ناحیه‌ی گذار فاز باریون-کوارک در کنار تعیین معادله حالت باریونی و کوارکی بر پیچیدگی‌های برنامه محاسباتی می‌افزاید به طوری که نیاز به سامانه محاسباتی ابری را مضاعف می‌کند.

۴. خلاصه و نتیجه‌گیری

در این تحقیق محاسبات ابری پیشرفته در CPL با هدف بررسی خواص ماده فوق چگال هسته‌ای صورت گرفت. نتایج ما نشان می‌دهد که تحت CPL می‌توان محاسبات با الگوریتم پیچیده را با سرعت و کارایی بسیار مناسب و به صورت موازی برای حالت‌ها و شرایط مختلف این ماده انجام داد. چنین قابلیت‌ای راه را برای تحلیل‌ها و تست مدل‌هایی به مراتب پیچیده‌تر در این خصوص به خوبی هموار می‌کند. همچنین در دسترس پذیری این سامانه از طریق مرورگر در هر زمان و مکان و با هر وسیله ارتباطی موجود که قابلیت اتصال به اینترنت را داشته باشد، یک مزیت قطعی در بررسی و کنترل لحظه به لحظه خروجی‌های محاسباتی است.

- [1] Tsang MB, Zhang Y, Danielewicz P, Famiano M, Li Z, Lynch WG, Steiner AW. Constraints on the density dependence of the symmetry energy. *Physical review letters*. 2009 Mar 24;102(12):122701.
- [2] Baldo M, Fiasconaro A, Song HQ, Giansiracusa G, Lombardo U. High density symmetric nuclear matter in the Bethe-Brueckner-Goldstone approach. *Physical Review C*. 2001 Dec 13;65(1):017303.
- [3] Moshfegh HR, Mojarad MG. Thermal properties of baryonic matter. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*. 2011 Jun 17;38(8):085102.
- [4] Moshfegh HR, Ghazanfari Mojarad M. Strange baryonic matter in the Thomas-Fermi theory. *The European Physical Journal A*. 2013 Jan;49(1):1.
- [5] Seyler RG, Blanchard CH. Classical Self-Consistent Nuclear Model. *Physical Review*. 1961 Oct 1;124(1):227.
- [6] Seyler RG, Blanchard CH. "Classical" Self-Consistent Nuclear Model. II. *Physical Review*. 1963 Jul 1;131(1):355.
- [7] Randrup J, de Lima Medeiros E. Model for statistical properties of nuclear systems at finite temperature. *Nuclear physics A*. 1991 Jul 1;529(1):115-40.
- [8] Myers WD, Swiatecki WJ. A Thomas-Fermi model of nuclei. Part I. Formulation and first results. *Annals of physics*. 1990 Dec 1;204(2):401-31.
- [9] Ghaemmamghami SA, Mojarad MG. A statistical model for the thermodynamic instabilities of asymmetric nuclear matter. *The European Physical Journal A*. 2022 Dec 23;58(12):255.
- [10] Ghazanfari Mojarad M, Arabsaeidi R. Hyperon-rich matter in a two-solar-mass neutron star within the Thomas-Fermi approximation. *International Journal of Modern Physics E*. 2016 Dec 5;25(12):1650102.
- [11] Mojarad MG, Razavi NS, Vaezzade S. Thomas-Fermi approximation for β -stable nuclear matter in the Landau Fermi-liquid theory. *Nuclear Physics A*. 2018 Dec 1;980:51-66.
- [12] Mojarad MG, Razavi NS. Proto-neutron stars in the Thomas-Fermi theory. *Nuclear Physics A*. 2019 Jun 1;986:133-49.
- [13] Ghaemmamghami SA, Khoshi MR, Mojarad MG. Influence of a phase-space extension of nuclear forces on the sharp baryon-quark phase transition in hybrid neutron stars. *The European Physical Journal Plus*. 2023 May;138(5):1-4.
- [14] Ghaemmamghami SA, Khoshi MR, Mojarad MG. Influence of a phase-space extension of nuclear forces on the sharp baryon-quark phase transition in hybrid neutron stars. *The European Physical Journal Plus*. 2023 May;138(5):1-4.
- [15] Mojarad MG, Ranjbar J. Hybrid neutron stars in the Thomas-Fermi theory. *Physical Review C*. 2019 Jul 22;100(1):015804.
- [16] Mojarad MG, Ranjbar J. Thomas-Fermi approximation in the phase transition of neutron star matter from β -stable nuclear matter to quark matter. *Annals of Physics*. 2020 Jan 1;412:168048.
- [17] Ranjbar J, Mojarad MG. Hybrid neutron stars with the Thomas-Fermi approximation and nonlocal Nambu-Jona-Lasinio model. *Physical Review C*. 2021 Oct 22;104(4):045807.

Advanced cloud computing in investigating the structure of nuclear ultradense matter

M. Ghazanfari Mojarrad^{۱,۲*}, S. A. Ghaemmaghami^{۱,۲}

^۱Department of Physics, Faculty of Science, University of Kashan, Kashan, Iran.

^۲Computational Physics Laboratory, University of Kashan, Kashan, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: ghazanfari@kashanu.ac.ir

Presenter's E-mail: ghazanfari@kashanu.ac.ir

Abstract

Baryon-quark phase transition is one of the important issues in investigating the properties of nuclear ultradense matter, which can be done by adopting the appropriate baryon and quark model under the Maxwell structure. Hence, Thomas-Fermi baryonic model and NJL quark model are used. The study of such complex modeling to investigate the structure of nuclear ultradense matter requires advanced computing programs and self-consistent algorithms with a high number of iterations. In addition, computing programs suitable for these modelings require systems with parallel and independent execution capabilities. Therefore, under these conditions, the use of cloud computing system is inevitable. The cloud computing system in the Cloud Computing Laboratory (CPL) allows us to perform complex calculations at the highest possible level and thus significantly increases the speed and efficiency in performing calculations. In addition, the availability of this system allows us to perform calculations independently and with high efficiency anywhere and with any means of communication under the network.

Keywords: CPL, Nuclear matter, Statistical model of Thomas-Fermi, NJL quark model, Baryon-Quark Phase Transition.

تشخیص و درمان بیماری آندومتریوز بدون جراحی و با استفاده از تجهیزات پزشکی

زهرا فیضی زارع،^۱ سیده صدیقه مرادی سرابی،^۲ محدثه صفی نژاد،^۳ سینا مهدوی

۳-۲-۱ دانشجوی کاردانی فنی تجهیزات پزشکی اتاق عمل، دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

*۴- مدرس دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

آدرس ایمیل: ^۱zeynab.feyzi98@gmail.com, ^۲sadigheh moradi1374@gmail.com, ^۳mohadeseh.safinejad1692@gmail.com, ^۴Mahdavi9099@yahoo.com

چکیده

آندومتریوز یک بیماری زنانه است. این بیماری بافتی از رحم خارج از رحم رشد می‌کند و هنگامی که فرد دچار قاعدگی می‌شود این بافت هم خونریزی می‌کند و باعث درد شدید می‌شود. از علائم این بیماری می‌توان به قاعدگی دردناک، درد هنگام رابطه جنسی، خستگی، یبوست و... می‌توان اشاره کرد. فاکتور هایی که فرد را مستعد آندومتریوز می‌کند عبارت انداز شروع قاعدگی در سن کم، یائسگی دیررس، چرخه قاعدگی کوتاه مدت و وراثت، اختلالات ساختاری دستگاه تناسلی، عفونت لگنی و... می‌توان اشاره کرد. بسته به محل آندومتریوز می‌توان چهار نوع از این وضعیت را شاهد بود، به طوری که آندومتریوز صفاقی در قسمت پایین شکم، آندومتریوز تخمدان برروی تخمدان ها، آندومتریوز راست روده بین راست روده و واژن صورت می‌گیرد. از عوارض احتمالی آندومتریوز می‌توان به نازایی، درد لگنی، یائسگی زود رس، مشکلات اداری، اجابت مزاج، احتمال ایجاد کیست های بزرگ و توده لگنی به نام آندومتریوما می‌باشد. به دلیل علائم مبهم یا عدم آگاهی از آندومتریوز ممکن است تشخیص آن طولانی شود. آندومتریوز می‌تواند بر زندگی جنسی، زندگی اجتماعی تحت تاثیر بگذارد. هنگامی که آندومتریوز تشخیص داده می‌شود، یافتن یک درمان موثر هم می‌تواند سخت باشد که شایع ترین علامت آندومتریوز درد است که بافت آندومتر به همان روش پوشش داخلی رحم، هر ماه خونریزی می‌کند. اما جایی برای خروج از بدن ندارد که منجر به التهاب و درد می‌شود. مقدار دردی که افراد مبتلا احساس می‌کنند بسیار متفاوت است. برای تشخیص این بیماری نیز راه های گوناگونی معاینه، سونوگرافی، دارو درمانی، آزمایش خون، ام آر آی و جراحی وجود دارد. درمان آندومتریوز به شدت علائم، محل و اندازه ضایعات آندومتر و برنامه زایمان بستگی دارد. در این مقاله علاوه بر راه های درمانی بیان شده به معرفی راه حلی بدون جراحی و دارو بلکه به کمک تجهیزات پزشکی برای درمان این بیماری پرداخته است، با طراحی و ساخت دستگاهی که دارای چند لید برای نصب در محل های رحم و تخمدان که به این لیدها سنسور مجاورتی جهت تشخیص آندومتریوز و صفحه نمایش برای نشان دادن قسمت های مختلف رحم و ضامم و صفحه کلید برای روشن و خاموش کردن و آغاز به کار کردن دستگاه و یک لوله مخصوص که به دستگاه متصل است و محل پردازش اطلاعات و دارای یک سوزن مخصوص بعد از پیدا کردن محل دقیق آندومتریوز، این سوزن با عبور از لایه شاخی و گذر از بافت ها به محل مورد نظر رفته (به کمک صفحه نمایش به محل آندومتریوز وارد میشود) و یک سنسور مادون قرمز که در این لوله وجود دارد که با کمک این سوزن پس از پیدا کردن محل دقیق آندومتریوز جهت گرما درمانی و نور درمانی آندومتریوز بدون آسیب به قسمت های دیگر به کار می‌رود.

کلمات کلیدی: آندومتریوز، رحم، بافت، تخمدان، بیماری

۱-مقدمه

بیماری آندومتریوز یک بیماری رحمی است که زنان را درگیر می‌کند و در سن سی الی چهل سالگی شیوع بیشتری دارد. به حالتی گفته می‌شود که بافت آندومتر یعنی مخاط رحم در حالت طبیعی حفره رحم را می‌پوشاند، در محلی غیر از حفره رحم قرار گرفته باشد و (طباطبائی، طنز - بارداری و زایمان ۱۸۳۱) در مواردی هم وارد عضله رحم و دیواره تخمدان می‌شود. این بیماری مرتبط با درد و نازایی است و این بافت در تمام بافت‌های بدن بجز طحال نیز ممکن است به وجود آید. ولی رایج‌ترین محل پدید آمدن لگن، تخمدان و دیواره رحم است. بنابراین همزمان با قاعدگی این نقاط نیز خون ریزی می‌کند و دشواری‌های فراوانی را برای فرد به وجود می‌آورد. اگر این بافت به تخمدان سرایت نماید تولید کیست‌های تخمدانی می‌کند که به آن کیست‌های شکلاتی گفته می‌شود. امروزه این بیماری نسبت به گذشته بیشتر دیده می‌شود و علت اصلی آن مشخص نیست. با توجه به اینکه این بیماری قابلیت این را دارد که در هر نقطه‌ای از حفره لگن و خارج از رحم نفوذ کند و رشد کند و بسته به محل جایگزینی علائم مختلف رحمی، گوارشی، ادراری، درد لگن، نازایی، سقط خود به خود، درد شدید قاعدگی می‌توان اشاره کرد. (محتسبی، محمد-دانشتانی‌های پزشکی بانوان ۶۹۳۱) برای تشخیص این بیماری از طریق معاینات دقیق بالینی، آزمایشات، سونوگرافی، ام آر آی، سی تی اسکن، می‌توان اشاره کرد. تاخیر در تشخیص آندومتریوز می‌تواند باعث بروز مشکلاتی شوند از جمله پریشانی، اضطراب، علائم دردناک و ناراحت کننده، پذیرش علائم به عنوان علائم طبیعی در طی چرخه قاعدگی، احساس انزوا یا عصبانیت به دلیل درک نشدن. مهم‌ترین راه تشخیص علائم این بیماری تغییر علائم بیماری با سیکل قاعدگی است که با نزدیک شدن به زمان خونریزی قاعدگی، علائم این بیماری شدت می‌یابد و بعد از پایان قاعدگی نیز علائم این بیماری کاهش می‌یابد. از زمان شروع علائم تا زمانی که آندومتریوز تشخیص داده شود، ممکن است بین ۴ تا ۱۱ سال طول بکشد به این دلیل که علائم آندومتریوز مبهم است و می‌تواند با علائم سایر بیماری‌ها هم پوشانی داشته باشد. ممکن است آندومتریوز در ابتدا به عنوان یک مشکل دیگر تشخیص داد. از جمله این مشکلات عبارت انداز دیسمنوره اولیه، کیست‌های تخمدان، فیبروئید رحم، سندروم روده تحریک پذیر، بیماری التهابی روده، بیماری التهابی لگن. علائم مبهم یا عدم آگاهی از آندومتریوز، زندگی با آن را به یک چالش تبدیل می‌کند. علت دقیق این بیماری هنوز مشخص نیست. اما به دلایل قاعدگی عقب گرد، تمایز سلول‌های جنینی، اختلالات سیستم ایمنی، قاعدگی در سنین کم، یائسگی دیررس، باردار نشدن، چرخه قاعدگی کوتاه مدت از عوامل خطر ابتلا به آندومتریوز است. از عوارض این بیماری می‌توان به نازایی، سرطان، کیست تخمدان، التهاب تخمدان، عوارض روده‌ای، ایجاد بافت اسکار، چسبندگی رحم می‌توان اشاره کرد. (آل محمد و همکاران - زیست پایه یازدهم متوسطه ۸۹۳۱) این بیماری را نمی‌توان پیشگیری کرد اما مصرف کافین، الکل باعث تشدید علائم این بیماری می‌شود و به وسیله ورزش، تغذیه مناسب، معاینات مکرر می‌توان علائم این بیماری را کنترل کرد. برای درمان این بیماری راه‌های گوناگونی از جمله دارودرمانی، طب سنتی، ورزش، پیاده روی، جراحی، وجود دارد. همچنین علاوه بر این راه‌های درمان می‌توان از تجهیزات مهندسی پزشکی نیز برای درمان این بیماری کمک گرفت. به این گونه که با طراحی دستگاهی که دارای یک صفحه نمایش (برای نمایش رحم و ضمامم)، یک صفحه کلید (کلید روشن خاموش)، چندین قطعه الکترونیک (برای جایگزینی زیر شکم و روی رحم) و چند سنسور مادون قرمز برای گرما درمانی و سنسور مجاورتی برای تشخیص بافت اضافی و آندومتریوز به کار می‌رود. (مایکل مور و همکاران - راهنمای جامع آزمایش‌ها ۵۸۳۱)

۲- بیان مسئله

۲-۱ تعریف آندومتریوز

مخاط دهانه رحم هر ماه پس از ریزش هنگام عادت ماهانه شروع به رشد می‌کند. سلول‌های مخاط رحم این ظرفیت را دارند که در خارج از رحم رشد کنند. رشد سلول‌های مخاط رحم در خارج از رحم را آندومتریوز می‌گویند. شایع‌ترین محل‌هایی که سلول‌های مخاط رحم می‌توانند کاشته شوند و سبب آندومتریوز شوند عبارت انداز تخمدان‌ها، لوله رحمی، دهانه رحم، سطح خارجی رحم. (آل محمد و همکاران - زیست پایه یازدهم ۱۸۳۱)

۲-۲ علائم شایع حاصل از آندومتریوز

علائم شایع آندومتریوز ممکن است به طرز ناگهانی ظاهر شود و یا طی چندین سال به وجود بیاید که عبارت انداز نازایی، پا درد، کمر درد، خستگی، اسهال، درد لگن، درد هنگام رابطه جنسی، وجود خون در ادرار، لکه بینی قبل از عادت ماهانه، درد هنگام اجابت مزاج، درد همراه با انقباضات روده‌ای. (محتسبی، محمد-دانشتانی‌های پزشکی بانوان ۹۹۳۱)

۲-۳ عوارض احتمالی آندومتریوز

آندومتريوز نیز مانند ساير بيماري‌ها ممكن است داراي عوارضي باشد، از جمله نازايي، درد لگني، يائسگي زودرس، مشكلات اداري، احتمال ايجاد كيسه و توده لگني به نام آندومتريوما مي باشد.

۲-۴ علت پيدايش به وجود آمدن آندومتريوز

آندومتريوز مي تواند به دليلي برگشت خون قاعدگي از لوله هاي رحمي به داخل حفره شکم و لگن اتفاق بيفتد. همچنين وجود سلول هاي چند پتانسيلى در لگن است که مي تواند به بافت آندومتر تبديل شود و آندومتريوز ايجاد کند. کاشته شدن بافت آندومتر از طريق جراحي ها در مناطق ديگر به دنبال برش مربوط به زايمان طبيعي يا سزارين يا جراحي هاي ديگر شکمي، اختلال در سيستم ايمني در خانم ها که مي تواند سبب رشد بافت آندومتر در مناطق ديگر شود. (آل محمد و همکاران-زيست يازدهم ۱۹۳۱)

۲-۵ تشخيص آندومتريوز

براي تشخيص آندومتريوز راه هاي گوناگوني وجود دارد که توسط متخصصان زنان در زمينه آندومتريوز امکان پذير است. از جمله راه هاي تشخيص اين بيماري عبارت انداز: شرح حال و معاينه لگني، سونوگرافي که مي تواند در تشخيص كيسه آندومتريوما کمک کننده باشد. همچنين آمايش خون نيز مي تواند در تشخيص اين بيماري کمک کننده باشد. لاپاراسکوپي هم در تشخيص آندومتريوز و هم در درمان آن کمک زيادي کند زيرا در لاپاراسکوپي بزرگنمايي خوبي وجود دارد و نور مناسبی که طی انجام لاپاراسکوپي در محدوده مورد نظر ايجاد مي شود پزشک را در تشخيص و درمان اين بيماري کمک کند. (ابراهيمی، طناز -بارداري و زايمان-۱۸۳۱)

۲-۶ درمان آندومتريوز

درمان آندومتريوز زماني انجام مي شود که فرد دچار دردهاي شديد لگني و يا دچار نازايي شده باشد. هدف از درمان آندومتريوز برداشتن ضايعات آندومتريوز به طور کامل است، که انتخاب روش درمان بستگي به شدت علايم بیمار دارد. روش هاي درمان عبارت انداز: دارو درمانی که شامل داروهای ضد درد و مسکن و هورمون درمانی است. برخی مواقع، اين روش درمانی برای کاهش درد آندومتريوز موثر است. افزايش و کاهش هورمون ها در طول دوره قاعدگي باعث مي شود آندومتريوز ضخيم شود و خون ريزي کند با استفاده از اين روش رشد بافت آندومتر کم مي شود. (آل محمد و همکاران -زيست شناسی پایه يازدهم ۱۹۳۱)

درمان از طريق طب سنتي نيز وجود دارد که با گياهاني نظير گياه بابونه، گياه پنچ انگشت و گياه اسطوخدوس و عسل از دردهاي ناشي از آندومتريوز و کاهش خونريزي هنگام قاعدگي استفاده کرد. درمان جراحي نيز يکي از راه هاي درمان است که برای کسانی که به آندومتريوز مبتلا هستند و رحم و تخمدان سالمی دارند و قصد بارداری دارند مفید است. (محتسبی محمد -دانشتنی عای پزشکی بانوان-۶۹۳۱)

۲-۷ افراد در معرض خطر ابتلا آندومتريوز

خطر ابتلا به آندومتريوز در کسانی که علائمی نظير وزن پايين، مصرف الكل، يائسگي ديررس، بلوغ زود هنگام، عدم بارداری، کسانی که در معرض زياد استروژن قرار گرفتن، سيکل هاي پريودي کوتاه مدت، اختلالات آناطومي در رحم که خروج خون عادت ماهانه با مشکل همراه شود. (مايکل مور و همکاران-راهنمای جامع آمايش ها و معاينات پزشکی-۵۸۳۱)

۳-۱ ایده پيشنهادی

براي درمان بيماري آندومتريوز راه هاي گوناگوني از جمله دارو درمانی (داروهای کاهنده درد و مسکن)، طب سنتی (گياهان دارویی شامل گياه بابونه، گياه پنچ انگشت، عسل و...) و لاپاراسکوپي وجود دارد. در کنار اين راه هاي درمانی و با توجه به پيشرفت هاي اخير مهندسی پزشکی در زمينه علم پزشکی نيز مي توان از تجهيزات پزشکی نيز کمک گرفت و ایده جديد و راه حل جديد در راستای درمان اين بيماري بدون نياز به جراحي و بدون هيچ آسيبي به بدن ارائه داد. بدین ترتيب که با طراحي و ساخت يک دستگاه پزشکی مخصوص که دارای قطعات مختلف پزشکی با کاربردهاي مخصوص از جمله يک صفحه نمايش (برای نشان دادن قسمت هاي مختلف رحم و ضمايم) و يک صفحه کليد (برای روشن و خاموش کردن دستگاه و راه اندازی دستگاه) و چند قطعه الکتروود (ليد برای جايجزاري در قسمت پايين شکم و در نواحی رحم و ضمايم به کم ژل مخصوص) که به اين الکتروود ها سنسورهای مجاورتی وصل است که برای تشخيص بافت اضافه نصب شده است و يک لوله مخصوص که محل پردازش اطلاعات که دارای يک سوزن مخصوص جهت عبور از پوست و بافت ها و رسيدن به محل آندومتريوز (طراحي

سوزن باید به گونه ای باشد که گرما و نور از آن به بیرون ساطع نکند در غیراین صورت به پوست و بافت ها آسیب می زند) و یک قطعه سنسور مادون قرمز (جهت نوردرمانی و گرما درمانی که برای از بین بردن آندومتريوز بکار می رود). بعد از معرفی اجزای تشکیل دهنده این دستگاه به توضیح اساس کار این دستگاه پرداخته شده است. بدین گونه که ابتدا توسط صفحه کلید دستگاه روشن می شود و سپس لیدها را با کمک ژل های مخصوص روی پوست و در زیر شکم روی نواحی رحم و ضامم جایگزاری می شود و از آنجا که در این لیدها سنسور مجاورتی به کار رفته است توسط این سنسورها بافت اضافه و آندومتريوز در صفحه نمایش نشان داده می شود و بعد از تشخیص محل دقیق آندومتريوز با کمک تصویری که روی صفحه نمایش نشان داده می شود لوله ای که دارای سوزن مخصوص و سنسور مادون قرمز است، سوزن با عبور از لایه شاخی پوست و بافت ها (بدون آسیب به بافت ها با توجه به ساختار سوزن) و رسیدن به محل آندومتريوز سپس با زدن دکمه، سنسور مادون قرمز فعال شده و نور و گرما از این لوله و سوزن عبور می کند و به محل آندومتريوز می رسد و بافت مورد نظر بدون آسیب به بافت های مجاور از بین می رود.

۴- نتیجه گیری

آندومتريوز یک عارضه نسبتا شایع در زنانی می باشد که در سنین باروری هستند. آندومتريوز در واقع به رشد بافت شبه آندومتر خارج از حفره رحمی گفته می شود. این بیماری با توجه به این که در چه مرحله ای قرار دارد به سه نوع خفیف، متوسط، شدید، پیشرفته تقسیم می شود. شایع ترین علائم آندومتريوز عبارت انداز درد مزمن و طولانی مدت در ناحیه لگن، مخصوصا قبل و در طول دوره قاعدگی، درد ممکن است در طول رابطه جنسی نیز رخ بدهد، خون ریزی سنگین در دوران قاعدگی، یکی دیگر از علائم آندومتريوز است. در سال های اخیر با پیشرفت علم پزشکی در حوزه زنان با تشخیص زود هنگام اغلب بیماری ها قابل کنترل و بهبود است. آندومتريوز بیماری خطرناک و کشنده ای نیست، اما در صورتی که به موقع تشخیص داده نشود می تواند منجر به مشکلات جدی شود. آندومتريوز را می توان در داخل واژن، دهانه رحم، دیواره تخمدان و عضله رحم مشاهده کرد. از عوارض احتمالی آندومتريوز می توان به نازایی و درد لگنی، یائسگی زودرس، مشکلات اداری، احتمال ایجاد کیست های بزرگ و توده لگنی به نام آندومتريوما. برای درمان آندومتريوز راه های گوناگونی وجود دارد، از جمله درمان دارویی، طب سنتی، جراحی، همچنین با توجه به پیشرفت های اخیر مهندسی پزشکی در زمینه علم پزشکی نیز می توان از علم مهندسی پزشکی نیز برای درمان این بیماری کمک گرفت، به گونه ای که با طراحی یک دستگاه پزشکی که مختص درمان این بیماری هست، می توان بافت اضافه و آندومتريوز را بدون آسیب به سایر بافت ها و بدون جراحی را از بین برد. از قطعات تشکیل دهنده این دستگاه می توان به صفحه کلید، صفحه نمایش، لید ها، لوله مخصوص که دارای سوزن و سنسور مادون قرمز می باشد، اشاره کرد. طرز کار این دستگاه به این گونه است که پس از روشن کردن و راه اندازی این دستگاه و جایگذاری لیدها در زیر شکم و محل تخمدان و رحم به وسیله ژل مخصوص و نمایش رحم و ضامم روی صفحه نمایش و تشخیص و مشاهده آندومتريوز در قسمت های مختلف توسط سنسور مجاورتی، سپس جهت از بین بردن این بافت از لوله مخصوص که به دستگاه وصل است و دارای یک سوزن مخصوص و ظریف است که از لایه شاخی و بافت ها عبور کرده و به محل آندومتريوز می رسد و سپس با زدن دکمه، سنسور مادون قرمز فعال شده و نور و گرما از این سوزن بدون ساطع شدن به بیرون از سوزن به محل آندومتريوز رسیده و بافت مورد نظر را نابود می کند.

مراجع

۱. طباطبائی، طناز- بارداری و زایمان- ویلیامز- انتشارات الباب- پاییز ۱۳۸۱
۲. آل محمد و همکاران- زیست شناسی پایه یازدهم متوسطه- شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران- چاپ سوم ۸۹۳۱
۳. مایکل مور و همکاران- راهنمای جامع آزمایش ها و معاینات پزشکی زنان، انتشارات فرارنگ، چاپ اول ۵۸۳۱
۴. محتسبی، محمد- دانستنی های پزشکی بانوان- انتشارات شورآفرین- چاپ دوم ۸۹۳۱
۵. سایت ها، مقالات و مجلات پزشکی زنان

Diagnosis and Treatment of Endometriosis Without Surgery and Using Medical Equipment

Zahra Feyzi Zare, ²Seydeh Sedigheh Moradi Sarabi, ³ Mohadeseh Safinejad, ^{4*} Sina Mahdavi¹

^{1,2,3,4}University of Applied Science and Technology the center of the Mashinsazi of Tabriz, Iran

Email: ¹zeynab.feyzi98@gmail.com, ²sadigheh moradi1374@gmail.com, ³mohadeseh.safinejad1692@gmail.com, ^{4*}Mahdavi9099@yahoo.com

Abstract

Endometriosis is a female disease. This disease is a tissue that grows outside of the uterus, and when a person menstruates, this tissue also bleeds and causes severe pain. Symptoms of this disease include painful menstruation, pain during sexual intercourse, fatigue, and constipation. And... it can be mentioned. Factors that make a person susceptible to endometriosis include the onset of menstruation at a young age, late menopause, short menstrual cycle and heredity, structural disorders of the reproductive system, pelvic infection and... did Depending on the location of endometriosis, four types of this condition can be seen, such as peritoneal endometriosis in the lower abdomen, ovarian endometriosis on the ovaries, and rectal endometriosis between the rectum and vagina. The possible complications of endometriosis include: Infertility, pelvic pain, early menopause, urinary problems, defecation, the possibility of large cysts and a pelvic mass called endometrioma. Due to vague symptoms or lack of awareness of endometriosis, it may take a long time to diagnose it. Endometriosis can affect life. affect sex, social life. When endometriosis is diagnosed, it can be difficult to find an effective treatment. The most common symptom of endometriosis is pain, which the endometrial tissue bleeds every month in the same way as the inner lining of the uterus. But somewhere It cannot leave the body, which leads to inflammation and pain. The amount of pain felt by affected people is very different. To diagnose this disease, there are various ways of examination, ultrasound, drug therapy, blood test, MRI and surgery. The treatment of endometriosis depends on the severity of the symptoms, the location and size of the endometrial lesions and the birth plan. In this article, in addition to the stated treatment methods, it introduces a solution without surgery and medicine, but with the help of medical equipment to treat this disease, with Designing and manufacturing a device that has several leads to be installed in the uterus and ovaries, to these leads a proximity sensor to detect endometriosis and a screen to show different parts of the uterus and appendages and a keyboard to turn it on and off and start working. The device and a special tube that is connected to the device and the information processing place and has a special needle after finding the exact location of endometriosis, this needle goes to the desired location by passing through the stratum corneum and passing through the tissues (with the help of the screen to The location of endometriosis is entered) and an infrared sensor is present in this tube, which is used with the help of this needle after finding the exact location of endometriosis for heat therapy and light therapy of endometriosis without harming other parts.

Keywords: Endometriosis, Uterus, Tissue, Ovary, Disease

تشخیص سریع تومور مغزی بیماران با استفاده از بیوسنسورها و درمان آن بدون نیاز به مراحل شیمی درمانی و رادیوتراپی

^۱ محدثه صفی نژاد ، ^۲سیده صدیقه مرادی سرابی، ^۳زهرا فیضی زارع ، ^۴سینا مهدوی

۳-۲-۱ دانشجوی کاردانی فنی تجهیزات پزشکی اتاق عمل، دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

^۴- مدرس دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

آدرس ایمیل: ^۱mohadeseh.safinejad1692@gmail.com, ^۲sadigheh moradi1374@gmail.com, ^۳zeynab.feyzi98@gmail.com,

^۴*Mahdavi9099@yahoo.com

چکیده

تومور مغزی یک توده غیر طبیعی در مغز است که بنا به ماهیت سلولهای تشکیل دهنده می تواند خوش خیم یا بدخیم باشد منشأ تومور شاید از بافت مغز باشد یا از محل دیگری به مغز منتشر می شود یا اصطلاحاً متاستاز ایجاد می شود. تومور مغزی به عبارت دیگر نوعی نئوپلاسم داخل جمجمه ای سخت و توپر با یک تومور رشد غیر طبیعی سلولی در داخل مغز یا کانال مرکزی نخاع است تومورهای مغزی تمامی تومورهای داخل جمجمه یا تومورهای درون کانال مرکزی نخاع را در بر می گیرند، این تومورها از طریق تقسیم سلولی کنترل نشده و غیر طبیعی ایجاد می شوند و به طور معمول یا در خود مغز (شامل نورون ها ، سلولهای گلیال، آستروسیت ها ، اولیگو دندروسیتها، سلول های اپنیدمال، سلول های تولید کننده میلین شوان، بافت لنفاوی ، عروق خونی) ویا در اعصاب جمجمه ای، پرده مغزی (مننژ)، جمجمه ، هیپوفیز و غده صنوبری ایجاد می شود. تشخیص سریع تومور مغزی تنها در صورتی که ابزار و وسایل تشخیصی مناسبی که وضعیت حفره داخل جمجمه را به خوبی مشخص می سازند در دسترس باشند و به سرعت به کار گرفته شوند .اما به طور معمول تشخیص تومور مغزی در مراحل پیشرفته بیماری و هنگامی رخ می دهد که وجود تومور موجب بروز علائم و نشانه های غیرقابل توضیحی در بیمار شده است تاثیر درمان های معمول شامل : جراحی، رادیوتراپی، شیمی درمانی اثر بسیار کمی دارند و دارای عوارض جانبی و هزینه های سرسام آور متعددی هستند. بنابراین احتمال عود بیماری وجود دارد. در این مقاله یک روش جدیدی برای تشخیص سریع و زودهنگام تومور مغزی و راهکارهای علمی در جهت درمان آن بدون نیاز به مراحل شیمی درمانی و رادیو تراپی ارائه شده است که لازم به ذکر است عوارض جانبی زیادی ندارد و از نظر هزینه های درمانی بسیار کمتر از روش های مشابه قبلی است. از بیوسنسورها و تراشه می توان در جهت درمان تومور مغزی بدخیم استفاده کرد. بیوسنسور آیتامر، بیوسنسور میکروفلوئیدیک ، سنسور پیزوالکتریک، زیست تراشه ریز سیال، سنسور فشاریکسو کننده برپایه سیلیکون، MEMS، سنسور نوری، سنسور حسگر ، سنسور الکترومغناطیسی به این صورت که با استفاده از دستگاه توده برداری که تراشه ریز سیال به نوک آن متصل هست و از توده نمونه برداری می کند و مجهز به دستگاه مکش برای تخلیه توده های جامد و نوک سوزنی برای تخلیه توده های مایع که اطراف مغز را فراگرفته است و از طریق دستگاه ساکشن که به دستگاه توده برداری متصل هست بیرون کشیده می شود که در متن مقاله چگونگی و جزئیات ایده پیشنهادی به صورت کامل توضیح داده شده است.

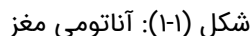
کلمات کلیدی: تومور مغزی، بیوسنسور، تراشه، تجهیزات پزشکی

۱-مقدمه

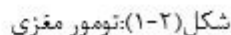
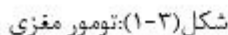
مغز یک عضو شگفت‌انگیز با وزن حدود یک کیلو و ۳۰۰ گرم است که تمام عملکردهای بدن را کنترل می‌کند. مغز توسط جمجمه محافظت می‌شود و از مخ، مخچه و ساقه یا تنه مغز تشکیل شده است. ساقه مغز نقش یک مرکز بازپخش را دارد که مخ و مخچه را به نخاع متصل می‌کند. [۱۴] طبق گزارش انجمن سرطان آمریکا سرطان مغز و دیگر مشکلات سیستم عصبی دهمین علت اصلی مرگ و میر در جهان هستند. سرطان مغز می‌تواند انواع مختلفی از علائم شامل تشنج، خواب‌آلودگی، سردرگمی و تغییرات رفتاری داشته باشد. تومورهای بدخیم می‌توانند رشد کنند و به شدت گسترش یابند و سلولهای سالم را از بین ببرند، همچنین آنها می‌توانند به قسمت‌های دیگر مغز گسترش پیدا کنند. در سرطان مکانیسم تقسیم سلولی دچار اختلال می‌شود و به صورت غیرطبیعی تکثیر می‌یابد. [۳] جراحی اولین گزینه در درمان تومورهای مغزی می‌باشد. در این روش جمجمه باز می‌شود و تومور برداشته می‌شود در صورتی که تومور در نزدیکی نواحی حساس مغز در نزدیکی نخاع، شاهرگ‌ها، اعصاب حیاتی مغز قرار داشته باشند نمی‌توان به طور کامل توده را برداشت چون باعث مرگ، فلج شدن، یا از دست دادن بینایی بیمار می‌شود و مقداری از توده در مغز باقی می‌ماند در صورتی که جراحی انجام شود احتمال آسیب بافت مغز نیز بیشتر می‌شود. از عوارض دیگر جراحی، عفونت و خونریزی محل جراحی می‌باشد که منجر به آسیب‌های جدی مادام‌العمر و یا حتی مرگ بیمار می‌شود. از روش‌های دیگر شیمی‌درمانی است، در این روش داروهای شیمی‌درمانی به صورت خوراکی در فرم قرص و یا تزریق وریدی در دسترس هستند. داروهای شیمی‌درمانی، تقسیم سلولی را مختل می‌کنند و تومور به مرور زمان کوچک خواهد شد اما عوارض زیادی دارد مثل: از بین رفتن مغز استخوان، ریزش مو، سستی شدن کلیه‌ها، تغییرات ژنتیکی تومور و متفاوت بودن ساختار ژنتیکی بیماران و عوامل محیطی تومور باعث مقاومت داروهای سرطان می‌شود و در نتیجه شیمی‌درمانی در بسیاری از بیماران روش درمانی موفقیت‌آمیزی نیست. روش دیگر پرتو درمانی است در این روش از امواج با طول موج بالا و کنترل شده استفاده می‌شود اشعه با رساندن آسیب به DNA داخل سلول‌ها، مانع از تقسیم و رشد سلول‌ها می‌شود. نتایج این روش درمانی به مرور زمان مشخص می‌شود. از معایب این روش: انوع پرتو درمانی که برای درمان تومورهای مغز و گردن استفاده می‌شود باعث بروز تومورهای هیپوتالاموس می‌شوند. در پرتو درمانی لیزر نوری از خود ساطع می‌کند که این نور توسط کیسه‌های لوله‌ای شکل درون پوست که نور را به وجود می‌آورند جذب می‌شود و انرژی نور به گرما تبدیل می‌شود و به این کیسه‌ها یا همان فولیکول‌های مو آسیب می‌رساند. روش‌های شیمی‌درمانی و رادیوتراپی درمان اختصاصی نیستند، علاوه بر هزینه‌های درمانی سنگین برای بیماران به دلیل سمی که در بافت‌های سالم به وجود می‌آورند، نمی‌توانند به عنوان یک درمان شفا بخش مورد استفاده قرار بگیرند. علیرغم پیشرفت‌هایی که در زمینه رادیوسرجری استریوتاکتیک مانند گامانایف، نووالیس، و سایبرنایف وجود داشته است، اما مشکلات زیادی در این زمینه برای بیماران وجود داشته است. [۴، ۱۳، ۹] ایده جدید در مورد بیوسنسورها و سنسورها و تراشه ریز سیال در تشخیص سریع تومور مغزی بدخیم بیماران و درمان آن بدون نیاز به مراحل شیمی‌درمانی و رادیوتراپی که بدین صورت است بیوسنسور آptamer برای تشخیص، درمان و تصویربرداری، بیوسنسور میکروفولئویدیک برای واکنش‌های اکسیژن محور، تخریب عصبی مهاجرت سلولی و سایر مسیرهای درون سلول استفاده می‌شود. زیست تراشه ریز سیال برای تجزیه و تحلیل آنزیم، تجزیه و تحلیل DNA و همچنین برای نمونه برداری از توده مورد استفاده قرار می‌گیرد. سنسور فشار داخل مغز، فشاریکسوکننده بر پایه سیلیکون MEMS برای اندازه‌گیری فشار و فراوانی انقباض در طول توده برداری استفاده می‌شود. سنسور پیزوالکتریک برای شناسایی ارتعاشات بسیار مناسب است و در دستگاه ضربان ساز که فعالیت‌های بیمار را ثبت می‌کند، استفاده می‌شود. [۵، ۶، ۷، ۸] از فیلتر میان‌گذر برای بالا بردن کیفیت تصویر استفاده می‌شود. هدف از این مقاله طراحی دستگاه توده برداری با قابلیت‌های منحصر به فرد می‌باشد که از ویژگی‌های مهم دستگاه توده برداری: مجهز بودن به دستگاه مکش، ساکشن، مانیتور، تصویربرداری، وارد کردن دارو به مغز، همچنین برداشتن توده در سایزهای بزرگ و... چگونگی و جزئیات کار در قسمت ایده پیشنهادی به صورت کامل توضیح داده شده است.

۲- بیان مسئله

مغز به عنوان اصلی‌ترین عضو اجرایی و حیاتی بدن است. شکل‌گیری و کنترل همه‌ی افکار و احساسات و عملاً تمامی وظایف بدن و اعمال جسمانی توسط مغز صورت می‌گیرد. مغز در کنار طناب نخاعی، سیستم عصبی مرکزی را تشکیل می‌دهند. ساختارهای اساسی مغز عبارتند از: ساقه مغز، مخچه، مخ و سیستم لمبیک. ساقه مغز، که در قاعده‌ی مغز واقع شده، مسؤول تنظیم برخی از اصلی‌ترین عملکردهای حیاتی بدن مثل تنفس و ضربان قلب می‌باشد. مخچه، که در ناحیه‌ی پشت ساقه



انواع مختلفی از تومورهای مغزی و نخاعی وجود دارد. تومورها با رشد غیرطبیعی سلول‌ها شکل گرفته و ممکن است که در قسمت‌های مختلفی از مغز و نخاع شروع شوند. تومورها ممکن است خوش خیم یا بدخیم باشند. تومور مغزی خوش خیم رشد کرده و بر نواحی مغزی نزدیک فشار می‌آورد آنها به ندرت به دیگر بافت‌ها سرایت کرده و یا عود می‌کنند اما تومورهای مغزی بدخیم به سرعت رشد کرده و به دیگر بافت‌های مغز سرایت می‌کند. [۹، ۱۳]



۳- ایده پیشنهادی

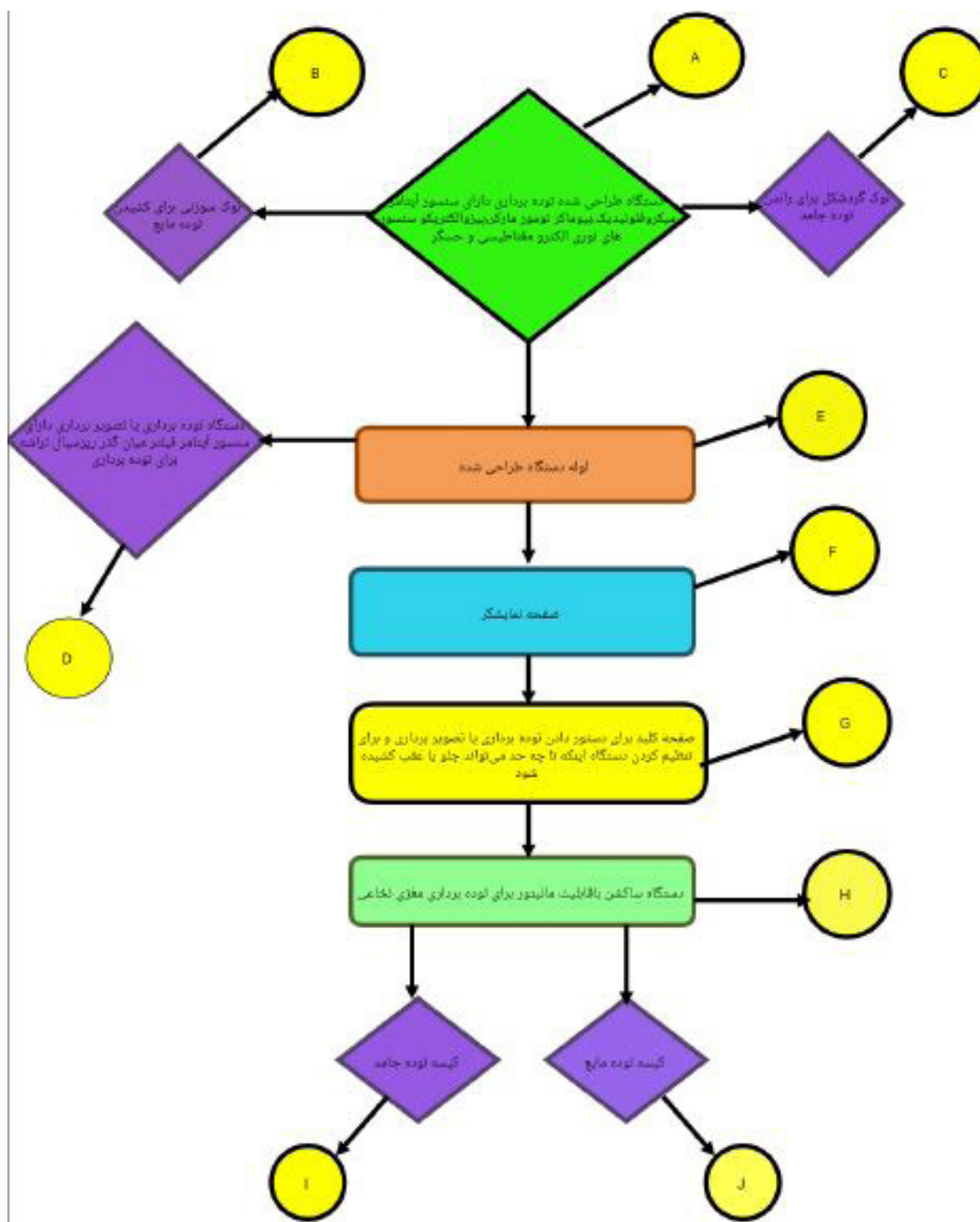
همانطور که در بخش های قبلی اشاره شد تومور مغزی بدخیم سرطانی با رشد سریع است که در زمان کوتاهی سایر نواحی مغز و ستون فقرات را نیز در بر می گیرد . در واقع تومور مغزی ، رشد و تکثیر غیر طبیعی و بی رویه سلول های مغز یا کانال مرکزی نخاع است . تومورهای مغزی بدخیم به دلیل موقعیت قرارگیری تومور ماهیت تهاجمی داشته و بیماری جدی است در این مقاله یک روش جدید در جهت شناسایی و تشخیص زودهنگام تومور مغزی و ارائه راهکار مناسب در جهت درمان آن بدون نیاز به مراحل شیمی درمانی و رادیوتراپی اشاره شده است . در روش های موجود اغلب بیماران سرطانی که

تومور آنها به صورت کامل با روش‌های جراحی قابل برداشت نبود تنها وارد دوره بهبود می‌شدند، اما درمان نمی‌شدند. روش‌های شیمی‌درمانی و رادیوتراپی هم معمولاً باعث ایجاد سمیت قابل توجه در بافت‌های سالم بدن می‌شود. در آینده پیشنهادی می‌توان با استفاده از قابلیت‌هایی که بیوسنسورها دارند مانند بیوسنسور آپتامر، بیوسنسور میکروفلوئیدیک (زیست تراشه ریز سیال)، سنسور فشار داخل مغز، سنسور فشار یکسو کننده بر پایه ی سیلیکون MEMS بیوسنسور پیزوالکتریک، فیلتر میان گذر، بیوسنسور تومور مارکر، سنسور حس گر. بیمار بدون نیاز به شیمی‌درمانی و پرتو درمانی بر اساس اطلاعاتی که با استفاده از تراشه ریز سیال بر روی نوک سوزنی شکل و نوک گرد دستگاه تعبیه شده است تومور را تشخیص و اقدام به توده برداری شود به این صورت که دستگاه طراحی شده دارای لوله ای با نوک سوزنی شکل که دارای بیوسنسور آپتامر که برای تشخیص و درمان و همچنین باعث رساندن دارو به ساختار هدف مورد نظر (مغز) می‌شود. فیلتر میان گذر برای تصویربرداری با کیفیت بالا و از بیوسنسور میکروفلوئیدیک برای نمونه برداری استفاده می‌شود. در آزمایش میکروفلوئیدیک از چپ میکروفلوئیدیک استفاده می‌شود. چپ میکروفلوئیدیک در حقیقت ترکیبی از کانال‌هایی با ابعاد میکرو برای جداسازی ذرات زیستی از جمله سلول‌های سرطانی و گلبول‌های خونی. چپ میکروفلوئیدیک یا ریز سیال که بر روی لوله ای که دارای نوک سوزنی شکل قرار دارد وصل است. برای نمونه برداری و شناسایی توده که توده از چه نوعی است استفاده می‌شود. از بیوسنسور پیزوالکتریک برای شناسایی ارتعاش طول موج استفاده می‌شود، زیرا کوچک، قابل اعتماد، و بادوام هستند و همچنین در دستگاه ضربان ساز که فعالیت بیمار را نظارت می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیوسنسور پیزوالکتریک به شکل یک کانال کوچک که با حرکت بدن حرکت می‌کند و سیگنال تولید می‌کند. از سنسور ضربه برای جلوگیری از خونریزی حین عمل استفاده می‌شود. بیوسنسور فشار یکسو کننده برپایه سیلیکون MEMS که برای اندازه گیری فشار و فراوانی انقباض در طول توده برداری استفاده می‌شود. دستگاه طراحی شده برای توده برداری دارای بیومارکر است که در تشخیص اولیه بیماری، تشخیص مرحله فعلی، بررسی اثرات درمانی و ارزیابی آن در طول درمان استفاده می‌شود. تومور مارکر ها به دو گروه اصلی طبقه بندی و در دستگاه توده برداری استفاده می‌شوند: [۵،۶،۷]

۱-tissue-specific: به کمک ردیابی این گروه از مارکرها می‌توان به بررسی وجود تومور در بافت سرطانی روند درمان و اثر بخشی آن باعث متوقف شدن تومور می‌شود.

۲-cancer-specific: با ردیابی این تومور مارکرها وجود بافت توموری در یک بافت معین که تومور در آن گسترش یافته مشخص می‌شود.

بلوک دیاگرام دستگاه توده برداری که با بخش‌های مختلف تشکیل شده است که در ادامه با جزئیات توضیح داده می‌شود



[بلوک دیاگرام دستگاه توده برداری]

A: دستگاه توده بردار تومور مغزی با قابلیت مکش، تصویربرداری برای دید پزشکی، تشخیص و درمان که دارای بیوسنسور آپتامر، میکروفلوئیدیک، پیزوالکتریک، بیومارکر، تومور مارکر، سنسور نوری، الکترومغناطیسی، حسگر، سنسور فشار داخل فشاریک سوکنند ه برپایه MEMS مغز، سنسور

B: دستگاه دارای نوک سوزنی برای برداشتن توده مایع، نوک سوزنی این قابلیت را دارد که در حین وارد شدن به مجسمه البته بعد از تصویربرداری که توده مشخص می‌شود با استفاده از تراشه ای که به آن متصل است نوع توده را شناسایی می‌کند. از طریق نوک سوزنی که به دستگاه توده بردار متصل است دارو وارد مغز می‌شود و زمانی که پزشک اقدام به برداشتن توده می‌کند برای جلوگیری از خونریزی حین عمل، جلوگیری از عفونت و همچنین پیش بینی خونریزی حین عمل با توجه به میکروچیپ و سنسورهای تعبیه شده در دستگاه توده بردار در مانیتور نشان داده می‌شود و پزشک را نسبت به وضعیت بیمار آگاه می‌کند.

C: دستگاه دارای نوک گردشگر (مکش) برای تخلیه توده جامد

D: دستگاه توده بردار با قابلیت تصویر برداری دارای بیوسنسور آپتامر، فیلترمیان گذر، ریز سیال و تراشه برای توده برداری
E: لوله های دستگاه توده بردار که شامل چند لوله: یک لوله برای وارد کردن دارو به مغز، یک لوله برای جلوگیری از خونریزی

F: صفحه نمایشگر متصل به ساکشن G: صفحه کلید که روی دستگاه ساکشن نصب است برای دستور دادن توده برداری، تصویر برداری و برای تنظیم کردن دستگاه تا چه حد می تواند جلو یا عقب کشیده شود.

H: دستگاه توده برداری با قابلیت مانیتور برای توده برداری مغزی - نخاعی

I: دستگاه دارای کیسه برای توده جامد

J: دستگاه دارای کیسه برای توده مایع

۴- نتیجه گیری

شناسایی و تشخیص زود هنگام تومور مغزی، یکی از دغدغه های اصلی در حوزه پزشکی محسوب می شود. تومور مغزی یک توده غیر طبیعی در مغز است که بنا به ماهیت سلولهای تشکیل دهنده می تواند خوش خیم یا بدخیم باشد. منشأ تومور شاید از بافت مغز باشد، یا از محل دیگری به مغز منتشر می شود یا اصطلاحاً متاستاز ایجاد می شود. تومور مغزی به عبارت دیگر نوعی نئوپلاسم داخل جمجمه ای سخت و توپر با یک تومور رشد غیر طبیعی سلولی در داخل مغز یا کانال مرکزی نخاع است تومورهای مغزی تمامی تومورهای داخل جمجمه یا تومورهای درون کانال مرکزی نخاع را در بر می گیرند این تومورها از طریق تقسیم سلولی کنترل نشده و غیر طبیعی ایجاد می شوند و به طور معمول یا در خود مغز (شامل نوروها، سلولهای گلیال، آستروسیت ها، اولیگو دندروسیتها، سلول های اپنڈیمال، سلول های تولید کننده میلین شوان) ، بافت لنفاوی، عروق خونی)، (یا در اعصاب جمجمه ای، پرده مغزی)، مننژ، جمجمه، هیپوفیز و غده صنوبری ایجاد می شود.

تشخیص سریع و زودرس تومور مغزی تنها در صورتی که ابزار و وسایل تشخیصی مناسبی که وضعیت حفره داخل جمجمه را به خوبی مشخص می سازند، در دسترس باشند و به سرعت به کار گرفته شوند. اما به طور معمول تشخیص تومور مغزی در مراحل پیشرفته بیماری و هنگامی رخ می دهد که وجود تومور موجب بروز علائم و نشانه های غیرقابل توضیحی در بیمار شده است. تاثیر درمان های معمول شامل: جراحی، رادیوتراپی، شیمی درمانی اثر بسیار کمی دارند و دارای عوارض جانبی و هزینه های سرسام آور متعددی هستند. بنابراین احتمال عود بیماری وجود دارد. در این مقاله یک روش جدید برای تشخیص سریع و زود هنگام تومور مغزی و راهکارهای علمی در جهت درمان آن بدون نیاز به شیمی درمانی و رادیوتراپی ارائه شده است که لازم به ذکر است عوارض جانبی زیادی ندارد و از نظر هزینه های درمانی بسیار کمتر از روش های مشابه قبلی است. در این روش از تراشه، بیوسنسور آپتامر، بیوسنسور میکروفلوئیدیک، سنسور پیژوالکتریک، زیست تراشه ریز سیال، سنسور فشار یکسو کننده برپایه سیلیکون، MEMS سنسور نوری، سنسور حسگر، سنسور الکترومغناطیسی می توان در جهت درمان تومور مغزی استفاده کرد.

مراجع

۱. جان وبستر، مترجمین: نجاریان، سیامک و صارمی، سهراب، تجهیزات پزشکی طراحی و کاربرد، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه امیر کبیر، تهران، ۱۳۹۹
۲. جوزف جی کار جان ام براون، مترجمین: نجاریان، سیامک و فاضلی، فریما، مقدمه ای بر فن آوری تجهیزات پزشکی، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه امیر کبیر، ۱۳۹۴
۳. نوسبوم، میکنزویلارد، مترجمین: اسحاق خانی، یگانه و قدیمی، شیرین و صفاری، مجتبی، ژنتیک پزشکی تامپسون، انتشارات ابن سینا، ۱۳۹۶
۴. نوری دلویی، محمدرضا و کاشانی، بهاره، درمان هدفدار سرطان، مجله ی دانشکده ی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۹۷
۵. حلوائی پور، ناصرو سلطانی، جمشید و راشدی، عصمت، مکان یابی تومور مغزی به منظور پرتو درمانی، پوستر پردازش سیگنال و تصاویر پزشکی
۶. ناجی، مریم، رادیوایمونوتراپی با ذرات آلفا برای درمان سرطان مجله ی فیزیک پزشکی ایران، ۱۳۸۵
۷. شمسی، فهیمه، کاربرد تکنولوژی در درمان سرطان، گروه بیوتکنولوژی دانشکده ی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ۱۳۹۸
۸. فرجی راد محمد و احصایی، محمدرضا و دیگران، یافته های چشمی در بیماران با تومور مغزی، مجله ی دانشکده ی علوم پزشکی و خدمات

بهداشتی و درمانی گناباد، ۱۳۸۳

۹. فارسی، پیمان و دارابی، فرزاد و دیگران، درسنامه ی علوم پایه پزشکی ایران نشر طبیب، ۱۳۹۹

۱۰. فروش، رضا، انواع سنسورها، ابزارهای اندازه گیری و کنترل، انتشارات آوا، ۱۳۹۱

۱۱. سینکلر، مترجم: خراسانیان، محمد طلوع، سنسورها و ترانس دیوسرها، انتشارات طراح، ۱۳۸۹

۱۲. هایتمن، مترجمین: تقی زادگان، نوید و اجلالی، لادن و صباحی، مهران، اصول و کاربرد سنسورها، انتشارات آشینا، ۱۳۸۲

۱۳. اسکات. س و دیگران، مترجمین: نصر اصفهانی، مهدی و بستانی، آزاده و دیگران، کتاب جامع سلامت خانواده، انتشارات تیمورزاده، ۱۳۹۰

۱۴. بابامحمدی، حسن و همکاران، درسنامه جامع پرستاری داخلی-جراحی، انتشارات بشری، ۱۳۹۳

Rapid Diagnosis of Brain Tumor Patients Using Biosensors and its Treatment Without the Need for Chemotherapy and Radiotherapy

Mohadeseh Safinejad,^۱ Seyedeh Sedigheh Moradi Sarabi,^۲ Zahra Feyzi Zare,^{۳*} Sina Mahdavi^۱

^{۱,۲,۳,۴}University of Applied Science and Technology the center of the Mashinsazi of Tabriz, Iran

Email: ^۱ mohadeseh.safinejad۱۶۹۲@gmail.com, ^۲ sadigheh moradi۱۳۷۴@gmail.com, ^۳ zeynab.feyzi۹۸@gmail.com, ^{۴*} Mahdavi۹۰۹۹@yahoo.com

Abstract

A brain tumor is an abnormal mass in the brain that can be benign or malignant depending on the nature of the constituent cells. The origin of the tumor may be from the brain tissue, or it may spread to the brain from another place, or it may metastasize. In other words, a brain tumor is a hard and solid intracranial neoplasm with an abnormal cell growth tumor inside the brain or central spinal canal. Brain tumors include all intracranial tumors or tumors inside the central spinal canal. These tumors include They are created through uncontrolled and abnormal cell division and usually either in the brain itself (including neurons, glial cells, astrocytes, oligodendrocytes, ependymal cells, Schwann myelin producing cells, lymphatic tissue, blood vessels) or It is formed in cranial nerves, meninges, skull, pituitary gland and pineal gland. Rapid diagnosis of brain tumor is only possible if appropriate diagnostic tools and devices that determine the condition of the cavity inside the skull are available and used quickly. However, brain tumor diagnosis usually occurs in advanced stages of the disease and when indicates that the existence of a tumor has caused inexplicable signs and symptoms in the patient, the effect of the usual treatments including: surgery, radiotherapy, chemotherapy are very little effective and have many side effects and staggering costs. Therefore, there is a possibility of recurrence of the disease. In this article, a new method for quick and early diagnosis of brain tumor and scientific solutions for its treatment without the need for chemotherapy and radiotherapy procedures are presented, which, it should be noted, do not have many side effects and The treatment costs are much lower than previous similar methods. Biosensors and chips can be used to treat malignant brain tumor. Aptamer biosensor,

microfluidic biosensor, piezoelectric sensor, microfluidic biochip, silicon-based rectifier pressure sensor, MEMS, optical sensor, sensor sensor, electromagnetic sensor, using A mass removal device with a fine fluid chip attached to its tip and taking samples from the mass, and equipped with a suction device to drain solid masses and a needle tip to drain liquid masses that surround the brain, and through a suction device that connects to the mass machine The attached vector is pulled out, which is fully explained in the text of the article, how and the details of the proposed idea.

Keywords: Brain Tumor, Tiosensor, Chip, Medical Equipment

استفاده از لیزرهای حرارتی در پمپ سرنگ برای جلوگیری از رخ دادن انسداد حباب هوا و قطعی عملیات تزریق دارو

فریبا گلکاریان^۱، سینا مهدوی^{۲*}

۱- دانشجوی کاردانی فنی تجهیزات پزشکی اتاق عمل، دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

۲- مدرس دانشگاه جامع علمی و کاربردی مرکز ماشین سازی تبریز، تبریز، ایران

آدرس ایمیل: Mahdavi9099@yahoo.com^{۲*}, faribagolkar79@gmail.com^۱

چکیده

با پیشرفت علم پزشکی و ساخت تجهیزات متنوع و کاربردی در این زمینه بسیاری از مشکلات پزشکی که بر سلامتی بیماران تاثیر می‌گذاشت برطرف شده است یکی از این تجهیزات کاربردی پمپ‌های سرنگ یا اینفیوژن پمپ‌ها هستند اساس کار این پمپ‌ها تزریق دارو به وسیله سرنگ با کمک پیستون که به صورت خطی حرکت می‌کند و سرعت و میزان تزریق دارو قابل تنظیم است. اما یکی از اساسی‌ترین مشکلات پمپ‌های سرنگ به وجود آمدن انسدادها هستند و به دلیل اینکه این دستگاه‌ها از حساسیت و دقت بالایی برخوردار هستند وجود انسدادهای کوچک هم باعث قطعی عمل تزریق می‌شود و آلام دستگاه روشن شده و هشدار می‌دهد. از جمله انسدادهایی که در پمپ‌ها به وجود می‌آیند می‌توان به وجود حباب‌های هوا داخل سرنگ اشاره کرد که بخاطر فشاری که از طریق پیستون به داروی داخل سرنگ وارد می‌شود بوجود می‌آید. راهکار پیشنهادی برای جلوگیری از رخ ندادن این انسداد استفاده از لیزرهای حرارتی برای از بین بردن حباب‌های هوا هست که در ادامه ی مقاله به آن خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: انسداد، لیزر حرارتی، سنسورها، پمپ، سرنگ

۱- مقدمه

در بخش‌های بستری بیماری‌های قلبی و CCU ها وجود پمپ‌های سرنگ برای هر تخت الزامی است زیرا داروهای تجویزی برای تزریق به دقت بالایی نیاز دارند. قطع شدن عمل تزریق به هر دلیلی یا تنظیم نادرست سرعت و فشار تزریق می‌تواند عواقب منفی زیادی در بیمار ایجاد کند و تاثیر بسزایی در کیفیت درمان خواهد گذاشت. پمپ‌ها به انسداد‌ها حساس بوده و در صورت وجود هوا در ست تزریق عملیات تزریق را متوقف می‌کند. حباب‌های هوا اغلب به وسیله سنسور مادون قرمز تشخیص داده می‌شود و آلام هشدار دستگاه بلافاصله روشن می‌شود [2-7]..

۲- بیان مسئله

۲-۱ توضیح مختصر پمپ سرنگ

پمپ‌های سرنگ وسیله‌ای برای تزریق تدریجی دارو با دقت و حساسیت بسیار بالا هستند میزان دقت این دستگاه‌ها در حد ۱٪ cc/h می‌باشد [2-7].

عوامل زیادی در میزان و حجم تزریق دارو به درستی تاثیر می‌گذارند میزان رقیق یا غلیظ بودن دارو یکی از موارد مهم است که در تنظیم فشار و سرعت دستگاه باید به آن توجه کرد انواع پمپ‌های سرنگ ساخته و تولید شده‌اند که اساس کار آنها یا حجمی است یا قطره شمار هستند اما از آنجا که دقت پمپ‌های سرنگ نسبت به بقیه ی پمپ‌ها مثل اینفیوژن پمپ‌ها بالا هست ، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. (تصویر ۱ نمونه ای پمپ سرنگ را نشان می‌دهد)



شکل ۱: نمونه ای از پمپ سرنگ

۲-۲ انواع انسداد‌های ممکن در پمپ‌های سرنگ

گرفتگی در رگ یا لوله ی تزریق که باعث توقف جریان می‌شود ، محل قرارگیری دستگاه در ارتفاع نامناسب ، تشخیص کوچک ترین حجم هوای داخل ست ، تغییر در جریان و سرعت تزریق به هر دلیلی و بالا رفتن فشار از دلایلی هستند که انسداد به شمار می‌آیند و باعث توقف عملیات تزریق می‌شوند.

۲-۳ نحوه شناسایی انسداد حباب هوا

در بخش الکترونیکی پمپ‌ها انواع مختلفی سنسور از جمله سنسور فشار و اندازه‌گیری سرعت و... تعبیه شده است. یکی از مهمترین سنسورها سنسور مادون قرمز برای تشخیص وجود هوا داخل ست سرنگ است البته در بعضی پمپ‌های سرنگ از آشکار سازهای حباب هوا هم استفاده می‌شود.

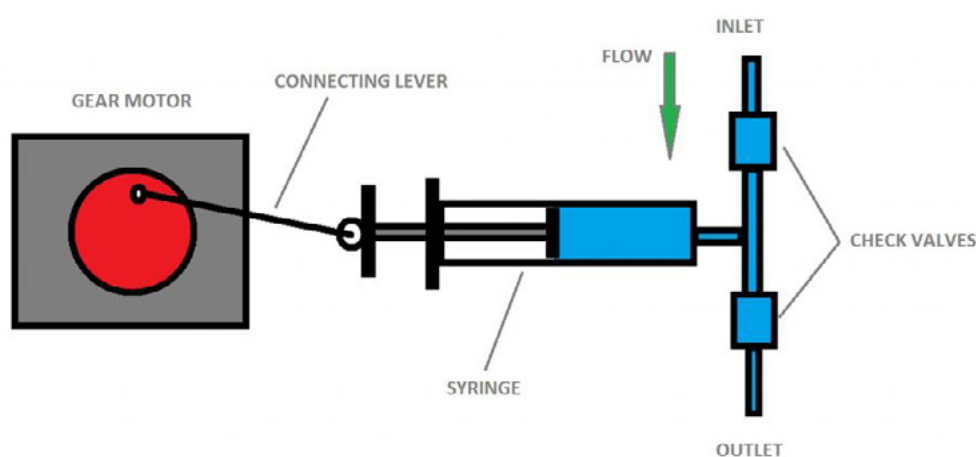
بالا بودن حساسیت این سنسور و وجود آن در دستگاه بسیار الزامی است و در صورت خرابی یا ایراد در عملکرد سنسورها ممکن است مشکلات زیادی به وجود بیاید و هرگاه خطایی در پارامترهای جریان و فشارسنج رخ دهد آلام دستگاه اپراتور را آگاه خواهد کرد.



۲-۴ اجزای پمپ سرنگ

هر دستگاه پمپ سرنگ را می‌توان به دو بخش مکانیکی و الکتریکی تقسیم بندی کرد.

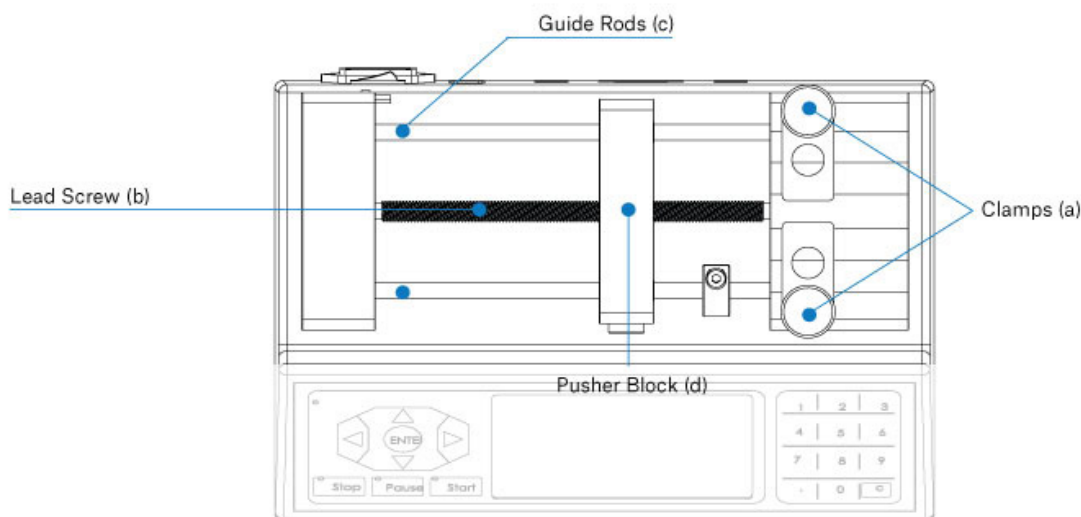
بخش مکانیکی: قسمت مکانیکی دستگاه وظیفه دارد تا حرکت چرخشی موتور را به حرکت خطی جهت فشار دادن پیستون سرنگ به سمت جلو تبدیل کند. از طریق پالس‌های اعمالی به موتور پله‌ای، میزان درجه چرخش محور موتور مشخص می‌شود. با استفاده از یک چرخ دنده گرد و پیچاندن پیچ که به موتور پله‌ای متصل شده است، اهرم جلو رفته و به سرنگ فشار آورد و دارو به تدریج تزریق می‌شود. (تصویر ۲ اجزای مکانیکی پمپ‌ها بررسی می‌کند)



شکل ۲: اجزای مکانیکی پمپ

بخش الکترونیکی : در بخش الکترونیکی دستگاه بر اساس اطلاعات ورودی، پارامترهای نرخ تزریق درخواستی تنظیم و از طریق پالس‌های الکتریکی مشخص به درایور موتور پله ای فرستاده می‌شود. همچنین در صورت نیاز کلیه آلام‌های دستگاه از طریق سنسورهای تعبیه شده در آن و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز و کنترل نرم افزاری فعال خواهند شد.

(تصویر ۳ ساختار الکترونیکی پمپ ها را بررسی میکند)



شکل ۳: ساختار الکترونیکی پمپ ها

۲-۵ آلام‌های دستگاه

Alarm Occlusion

گرفتگی در مسیر حرکت مایع وجود دارد. که این گرفتگی یا ناشی از وجود هوا در سرنگ یا ست متصل به آن و یا وجود لخته یا هر نوع گرفتگی در رگ بیمار میتواند باشد.

Alarm Battery

نزدیک به اتمام باتری به صدا در می آید تا پرستار را نسبت به اتصال دستگاه به برق مطلع سازد.

Near Empty

زمانی که مایع درون سرنگ نزدیک به اتمام است این آلام به صدا درمی آید جهت هشدار اتمام فرایند کار به پرستار.

Alarm END

پس از اتمام فرایند تزریق این آلام به صدا درمی آید. سپس پرستار جهت شارژ دارو یا جدا نمودن دستگاه از بیمار اقدام می‌کند.

Check Syringe

هر سرنگی که در دستگاه پمپ سرنگ جایگزاری میکنیم داری حجم و برند معینی است که باید این حجم و نوع را از روی دستگاه نیز توسط منو کاربری مشخص کنیم اگر به عنوان مثال سرنگ پنجاه سی سی باشد اما کاربر حجم سرنگ را به اشتباه عدد دیگری وارد کرده باشد این آلام مشاهده میشود. و به همین صورت در مورد انتخاب برند دستگاه.

No MAIN

نشان دهنده قطع برق در طول تزریق

۳- ایده پیشنهادی

با توجه به انسداد های نام برده شده و مشکلاتی که در صورت به وجود آمدن این انسداد ها ایجاد می‌شود پی بردیم که عمل قطعی جریان و تزریق دارو نیز می‌تواند باعث بروز مشکلات اساسی و حتی مرگ بیمار شود. با نحوه ی تشخیص این انسداد ها آشنا شدیم که همگی در بخش الکترونیکی پمپ ها قرار دارند.

برای جلوگیری از رخ ندادن هر یک از انسداد ها راهکارهای پیشنهادی زیادی وجود دارد که بر کیفیت درمان خیلی تاثیرگذار هستند. راهکار پیشنهادی ما برای از بین بردن حباب های هوای داخل ست استفاده از لیزرهای حرارتی است این لیزرها میزان قابل توجه گرما تولید می‌کنند به طوری که میزان آن تا حدی نباشد که دارو خاصیت خود را از دست داده و به درجه ی گرمایی نامطلوب برسد البته میزان درجه ی گرمای آن را میتوان بوسیله ی یک سنسور حرارتی مشخص و اندازه گیری کرد [1,2].

این لیزرهای حرارتی در کنار سنسورهای تشخیص حباب های هوا قرار می‌گیرند تا در صورت وجود حتی حجم کمی هوا در مایع یا دارو به وسیله ی گرم کردن آن نقطه هوا را از بین برده و از توقف عمل تزریق جلوگیری کند و قبل از آنکه دستگاه به دلیل وجود انسداد قطع شود آن را به کل از بین برده و جریان تزریق دارو بدون هیچ توقف ادامه داشته باشد

۴- نتیجه گیری

هر عامل کوچکی می‌تواند سلامتی انسان را به خطر بیندازد. امروزه می‌بایست به کوچک ترین تغییرات نیز توجه شود زیرا هر تغییری مسبب یک اتفاق یا حالت دشواری است که در اوایل به صورت جزئی ظاهر می‌شود. حتی ممکن است وجود کمترین حجم هوا به اندازه ی چند میکرولیتر در داروها هنگام تزریق باعث به وجود آمدن مشکلات زیادی شود.

جامعه مهندسی پزشکی در تلاش است تا با ارائه ی بهترین روش‌های ممکن از وجود هرگونه خطری جلوگیری کند. با توجه به ایده ی پیشنهادی می‌توان یکی از مشکلات را برطرف کرده و بر کیفیت و سلامتی بیماران تاثیر بسزایی گذاشت.

مراجع

۱. لیزر اصول و کاربرد ها - ج.ف.ب.هاوکر - مترجم دکتر عباس بهجت
۲. لیزر و کاربردهای آن در پزشکی - دکتر محمد عترتی خسروشاهی
۳. جوکار، امین و نمکی، عرفان و نیرومند اسکوئی، هانیه، ۱۳۹۳، بررسی اثر حرارتی لیزر Nd:Yag در چشم: شبیه سازی سه بعدی توسط معادله ی بیوهیت، دومین کنفرانس انتقال حرارت و جرم ایران، سمنان
۴. سویزی، مهدی و مسعودی، رضا، ۱۳۸۴، بررسی عدسی حرارتی در لیزرهای حالت جامد Nd:YAG با دمش عرضی با استفاده از روش المانهای مرزی، دوازدهمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران، شیراز
۵. امیاد، حجت و نقوی، نادیا، ۱۳۹۴، طراحی و ساخت پمپ سرنگ با قابلیت کنترل خودکار نرخ تزریق داروی بیهوشی، سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌هایی کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، تهران
۶. عبدشوخسروآبادی، ژان و حاجی محمدباقر، سمانه، ۱۴۰۲، استفاده از پمپ سرنگ و پمپ حجمی برای بیماران سرطانی، چهارمین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم پزشکی و بهداشت با رویکرد ارتقای سلامت
۷. نعمتی، الهام و خسروجردی، میترا و اقوامی، سیدعلیرضا، ۱۳۹۴، طراحی سیستم کنترل دستگاه پمپ تزریق با استفاده از میکروکنترلر AVR، هجدهمین کنفرانس ملی دانشجویی مهندسی برق ایران، مشهد،

The Use of Thermal Lasers in the Syringe Pump to Prevent the Occurrence of Air Bubble Blockage and Stop the Drug Injection Operation

¹Fariba Golkarian,^{2*}Sina Mahdavi,

^{1,2}University of Applied Science and Technology the center of the Mashinsazi of Tabriz, Tabriz, Iran

Email: ¹ faribagolkar79@gmail.com , ^{2*}Mahdavi9099@yahoo.com

Abstract

With the progress of medical science and the construction of diverse and practical equipment in this field, many medical problems that affect the health of patients have been solved. One of these practical equipments are syringe pumps or infusion pumps. The piston moves linearly and the speed and amount of drug injection can be adjusted. But one of the most basic problems of syringe pumps is the occurrence of blockages, and because these devices have high sensitivity and accuracy, the presence of small blockages also causes interruption of the injection operation, and the alarm of the device is turned on and warns. Among the blockages that occur in the pumps, we can mention the presence of air bubbles inside the syringe, which is caused by the pressure applied to the medicine inside the syringe through the piston. The proposed solution to prevent this blockage from occurring is to use thermal lasers to eliminate air bubbles, which we will discuss in the rest of the article.

Keywords: Obstruction, Thermal Laser, Sensors, Pump, Syringe

امکان سنجی استفاده از پودر سرباره تولیدی شرکت سیمان کویر کاشان و خاکستر باگاس نیشکر به عنوان

جایگزین بخشی از سیمان

علیرضا پاچناری^{۱*}، علی احمدیان^۲ و سید حسین مهاجری^۳

^۱گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۲کارشناس ارشد مهندسی سازه، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۳گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

* pachenaria@kashanu.ac.ir

چکیده فارسی

صنایع سیمان، فولاد و نیشکر در زمره صنایع مهم کشور و در عین حال دارای آلاینده‌گی قابل توجه هستند. با کاهش مصرف سیمان از طریق جایگزینی بخشی از آن با موادی از قبیل پودر سرباره کوره آهن گدازی و یا باگاس نیشکر فرآوری شده میتوان از آلودگیهای زیست محیطی صنایع مذکور کاسته و برای پسماندهای ناشی از آنها ارزش افزوده ایجاد کرد. هدف از این مقاله امکان سنجی استفاده از نمونه پودر سرباره ارسالی شرکت سیمان کویر کاشان و نیز خاکستر باگاس نیشکر به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در صنعت ساختمان است. بدین منظور، ابتدا باگاس در کوره آزمایشگاهی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹۰ دقیقه سوزانده شد. سپس نمونههای ملات بر پایه سیمان، در قالب ۳ سری طرح اختلاط، ساخته شده و پارامترهای مقاومت فشاری و شاخص فعالیت در سنین ۷ و ۲۸ روز اندازهگیری گردید. ارزیابی نتایج نشان داد که اگرچه پودر سرباره و خاکستر باگاس مورد بررسی هر دو دارای واکنش پذیری قابل قبول هستند اما پودر سرباره با داشتن ترکیبات شیمیایی مناسب، نرمی بالا و مقاومت فشاری ۲۸ روزه در حد ۹۱.۸ درصد نمونه شاهد، به عنوان گزینه بهتر معرفی گردید. ضمناً در طی این پروژه، کوره پرتابل گازی ساخته شده و برای بهینه سازی تولید خاکستر در آزمایشهای تکمیلی آتی راه اندازی گردید.

کلید واژه‌ها : ملات سیمانی، کوره، سرباره کوره آهن گدازی، خاکستر باگاس نیشکر، شاخص فعالیت

۱. مقدمه

بتن یکی از پر کاربرد ترین و مهمترین مصالح ساختمانی در سطح جهان است. از جمله نقاط قوت بتن در پروژه‌های ساختمانی میتوان به مقاومت بالا، هزینه نگهداری کم، مقاومت در مقابل تأثیرات هوازدگی، به صرفه بودن و کارایی سازه‌های بالا اشاره نمود [۱]. با این وجود برای تولید سیمان مورد نیاز جهت ساخت بتن، آلاینده‌ی زیادی به محیط زیست تحمیل میشود. از سوی دیگر، موادی مثل سرباره کوره آهنگدازی و باگاس نیشکر در احجام بسیار زیاد به عنوان یک محصول فرعی کم کاربرد و نسبتاً ارزان به ترتیب در کارخانه‌های تولید فولاد و صنایع نیشکر در دسترس هستند. بر پایه برخی از تحقیقات موجود، کاربرد موادی مثل پودر سرباره کوره آهنگدازی و خاکستر باگاس فرآوری شده (به جای درصدی از سیمان مصرفی) میتواند به بهبود برخی از مشخصات بتن منجر شده و سایر خواص را نیز در حد قابل قبول نگه دارد [۳ و ۲]. به عنوان مثال، لی و همکاران بیان نمودند که پودر سرباره به عنوان یک افزودنی فعال میتواند جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در ملات شده و مقاومت فشاری را بهبود بخشد. ایشان نشان دادند که با افزایش نرمی ذرات پودر سرباره، عموماً مقاومت فشاری ۲۸ روزه ملات ساخته شده افزایش مییابد. ضمناً ریزتر کردن سایز پودر سرباره لزوماً به بهبود چشمگیر نتایج منجر نشده و مسائل اقتصادی باید در این موضوع در نظر گرفته شود [۴]. همچنین در تحقیقات دیگری نیز اثبات شد که کاربرد مستقل پودر سرباره، خاکستر باگاس نیشکر و یا ترکیبی از آنها در محصولات بر پایه سیمان، اثرات مثبتی بر مواردی از جمله ریز ساختار، دوام در برابر یونهای مهاجم و کارایی مخلوط به همراه داشته است [۵-۷].

در شرایط کنونی، لزوم ایجاد ارزش افزوده برای پسماندهای صنعتی و محصولات فرعی کارخانجات کشور بیش از پیش احساس میگردد. با توجه به وجود شواهدی از کیفیت سرباره کوره ۳ ذوب آهن، در این پژوهش بحث امکان سنجی استفاده از درصد جایگزینی بالایی از پودر سرباره ارسالی کارخانه سیمان کویر کاشان در تولید ملات بررسی میشود. ضمناً توضیحاتی درباره مطالعاتی مشابه در زمینه آغاز فرآوری باگاس نیشکر با هدف جایگزین آن با بخشی از سیمان مصرفی در صنعت ساختمان ارائه میگردد.

۲. روش تحقیق

۱.۲. مصالح مصرفی و آماده سازی آنها

الف) سیمان: در این پژوهش از سیمان پرتلند تیپ ۴۲۵-۱ شرکت سیمان دلیجان استفاده شده است. زمان گیرش اولیه و نهایی این محصول به ترتیب برابر با ۱۱۵ و ۲۳۵ دقیقه و دارای سطح مخصوص ۳۳۸۵ سانتی متر مربع بر گرم میباشد.

ب) سرباره کوره آهن گدازی: یک محصول فرعی و جانبی در فرایند تولید فولاد بوده و اگر به آرامی سرد شود شکل کریستالی پیدا میکند که برای مصرف در بتن مناسب نیست. چنانچه سرباره به سرعت سرد و سپس به اندازه کافی ریز شود، میتواند از نظر شیمیایی واکنش پذیر گردد [۸]. سرباره مصرفی در این پژوهش، از شرکت سیمان کویر کاشان تهیه گردیده و دارای سطح مخصوص نزدیک به ۴۶۰۰ سانتی متر مربع بر گرم است.

ج) خاکستر باگاس نیشکر: باگاس نیشکر یک محصول زائد حاوی فیبر بالا است که در طی فرایند استخراج شکر از نیشکر تولید میشود. و در ساخت بتن به عنوان جایگزین سیمان استفاده میشود. با سوزاندن این ماده در شرایط خاص، توده‌ای از خاکستر تولید میشود. در این پژوهش، باگاس نیشکر در دمای حدود ۵۵۰ درجه سانتی گراد در مدت زمان ۹۰ دقیقه ساعت سوزانده شده و خاکستر باگاس تولید گردید. این ماده، پس از آسیاب شدن میتواند در فرایند واکنش با محصولات هیدراتاسیون سیمان، موجب بهبود خواص ریزساختاری و مکانیکی شود چرا که حاوی مقادیر قابل توجهی سیلیس غیر متبلور است [۶].

در شکل ۱، نمایی از پودر سرباره، باگاس و خاکستر باگاس مصرفی در این پژوهش به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱: نمایی از پودر سرباره، باگاس و خاکستر باگاس مصرفی در این پژوهش

(د) ماسه استاندارد: ماسه مخصوص با دانه بندی معین بوده و جهت ساخت ملات‌ها و انجام تست مقاومت فشاری و اندازه گیری شاخص فعالیت برای آنها به کار رفته است. در این پژوهش از ماسه استاندارد شرکت آزمون ساز مینا استفاده شده است.

ترکیبات شیمیایی سیمان، خاکستر باگاس و پودر سرباره مصرفی در این پژوهش در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱: اجزای شیمیایی و وزن مخصوص سیمان، خاکستر باگاس و پودر سرباره مصرفی

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	وزن مخصوص (gr/cm ³)
سیمان پرتلند	۲۰.۴	۴.۵۸	۶۴.۰۱	۱.۰۹	۰.۵۴	۰.۷۴	-	۴.۲۸	۱.۷۴	۳.۰۸
خاکستر باگاس	۷۸.۶	۴.۵	۱.۳	۱.۰	۰.۲	۲.۴	-	۴.۹	۰.۷	۲.۲۲
پودر سرباره	۳۷.۷۸	۱۳.۲۹	۳۶.۷۶	۷.۶۳	۰.۶۲	۰.۷۶	۱.۵۲	۰.۵۴	۰.۲	۳.۲۲

۲.۲. طرح اختلاط

نمونه‌های ملات ساخته شده در این پژوهش به طور کلی شامل دو دسته ملات‌های سیمانی شاهد و ملات‌های حاوی مواد جایگزین با خاصیت شبه پوزولانی می‌باشند. جزئیات طرح اختلاط استفاده شده برای ساخت نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۵ سانتی متر در جدول ۲ ذکر شده است. در نمونه‌های M-S0-B0 و M-S50-B0 با توجه به استانداردهای [ASTM C989] [۹] و [ASTM C618] [۱۰]، سرباره و خاکستر باگاس به ترتیب به میزان ۵۰ و ۲۰ درصد وزنی جایگزین سیمان مصرفی در ملات شده‌اند.

جدول ۲: مقدار مواد مصرفی برای ساخت یک سری از هر یک از طرح‌های اختلاط ملات‌های سیمانی (گرم)

نام طرح	ماسه استاندارد	سیمان	پودر سرباره	خاکستر باگاس	آب
M-S0-B0	۱۳۷۵	۵۰۰	۰	۰	۲۴۳
M-S50-B0	۱۳۷۵	۲۵۰	۲۵۰	۰	۲۹۰.۵
M-S0-B20	۱۳۷۵	۴۰۰	۰	۱۰۰	۲۹۰.۵

S: Slag B: Bagasse ash

۳.۲. برنامه آزمایش‌ها

در این پژوهش، پس از آماده سازی خاکستر باگاس نیشکر طبق روش گفته شده در بخش قبل، نمونه‌هایی مکعبی برای هر یک از ۳ طرح اختلاط مورد نظر ساخته شد. پس از عمل آوری، مقاومت فشاری سه نمونه برای هر یک از طرح‌ها و در سنین ۷ و ۲۸ روزه طبق استاندارد ASTM C109 [۱۱] اندازه گیری گردید. در نهایت، با تقسیم مقدار مقاومت فشاری ملات حاوی مواد با خاصیت پوزولانی (سرباره یا خاکستر باگاس) بر مقاومت فشاری ملات سیمانی شاهد، شاخص فعالیت به درصد تعیین شده و کیفیت ماده جایگزین سیمان تعیین گردید. در شکل ۲ نمایی از کوره‌ها و جک ملات شکن نمایش داده شده است.



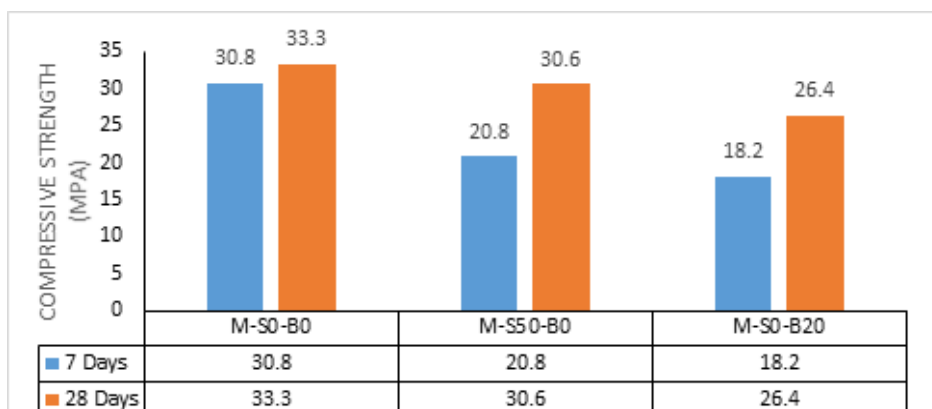
شکل ۲: از راست به چپ: جک ملات شکن مورد استفاده در این پژوهش، کوره الکتریکی، کوره گازی آجری و کوره گازی پرتابل برای بهینه سازی فرآیند تولید خاکستر در ادامه پروژه تحقیقاتی

۳. نتایج و بحث

علت مقاومت زایی سیمان را می‌توان تشکیل ژل CSH تولید شده از فرایند هیدراتاسیون دانست. در واقع در این حالت ترکیبات پایه C_2S و C_3S سیمان (متشکل از ترکیب ۲ یا ۳ مولکول CaO با یک مولکول SiO_2) طبق رابط‌های ۱ و ۲ با آب (H) واکنش می‌دهند که با پیشرفت آنها مقاومت فشاری به مرور افزایش می‌یابد:



از این رو در نمونه شاهد M-S0-B0 با پیشرفت واکنش، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روز به ترتیب به ۳۰.۸ و ۳۳.۳ مگاپاسکال بالغ گردیده است. در شکل ۳ مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد و حاوی خاکستر باگاس و دارای سرباره در سنین ۷ و ۲۸ روزه نمایش داده شده است. همانطور که دیده می‌شود مقاومت فشاری نمونه ملات M-S50-B0 (حاوی ۵۰ درصد سرباره) در سن ۷ روزه حدود ۲۰.۸ مگاپاسکال بوده و نسبت به نمونه شاهد به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر است. این موضوع به دلیل جایگزینی سهم زیادی از سیمان با پودر سرباره و در نتیجه کاهش محصول CSH قابل توجیه است.



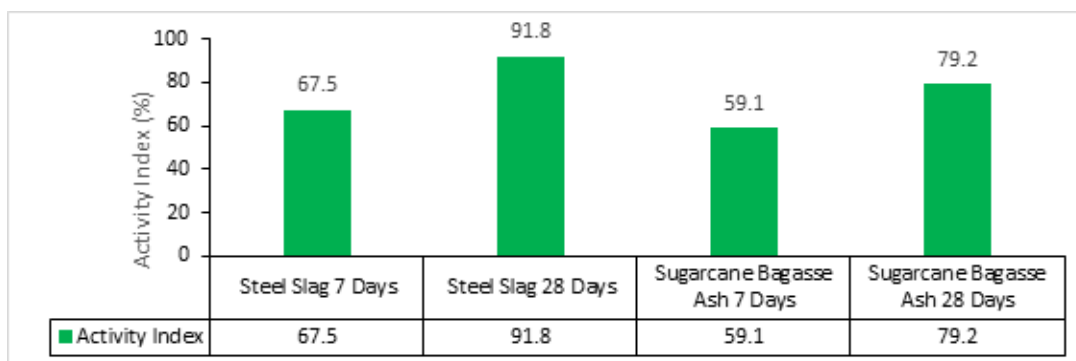
شکل ۳- مقاومت فشاری نمونه‌های ملات سیمانی و پوزولانی در سنین ۷ و ۲۸ روزه

از سوی دیگر با رسیدن به سن ۲۸ روز، با رسیدن به مقاومت فشاری ۳۰.۶ مگاپاسکال، بخش زیادی از فاصله مقاومتی با نمونه شاهد جبران شده است. در توجیه این موضوع باید توجه داشت که $Ca(OH)_2$ (که در روابط به اختصار با CH نمایش داده شده است) به تنهایی مقاومت چندانی ندارد اما مطابق با رابطه ۳ می‌تواند با سیلیکات‌های غیربلوری موجود در پودر سرباره واکنش داده و با تولید مقادیر اضافی ژل مقاومتزای CSH، مقاومت نمونه M-S50-B0 را به نمونه شاهد نزدیک نمایند:



در نمونه M-S0-B20، مقاومت فشاری ۷ روزه ظاهراً تفاوت زیادی با نمونه M-S50-B0 ندارد اما باید توجه داشت درصد خاکستر باگاس تنها ۲۰ درصد از مواد چسباننده را تشکیل می‌دهد. از این رو واضح است که واکنش‌های ایجاد کننده مقاومت سیمان حتی در سنین اولیه نیز نتوانسته‌اند به طور کامل شکل بگیرند. ضمناً ادامه واکنش ناقص هیدراتاسیون سیمان باعث شده که در سن ۲۸ روزه‌گی نیز اختلاف با مقاومت فشاری نمونه شاهد در قیاس با نمونه حاوی سرباره فاصله بیشتری پیدا کند. از آنجا که روشن شدن رنگ خاکستر باگاس در کوره (مطابق شکل ۱) علامت مهمی از فعال شدن خاصیت واکنش پذیری آن است [۶]، احتمال بروز یکی از حالات زیر دور از ذهن نیست: پخش غیر یکنواخت ذرات خاکستر باگاس در کل نمونه، درشت بودن ذرات خاکستر باگاس، نیاز به فرآوری کاملتر خاکستر باگاس در کوره (از طریق اعمال دمای بالاتر یا مدت زمان مانایی بیشتر) و یا تغییر در نوع کوره مورد استفاده.

در شکل ۴ شاخص فعالیت سرباره فولاد و خاکستر پسماند نیشکر در سنین ۷ و ۲۸ روزه‌گی نمایش داده شده است. همانطور که دیده می‌شود شاخص مذکور برای پودر سرباره از ۶۷/۵ درصد در سن ۷ روزه‌گی به ۹۱/۸ درصد در سن ۲۸ روزه‌گی رسیده است که این موضوع نشان دهنده قابلیت بالای سرباره در انجام فعالیتهای پوزولانی و تکمیل واکنش‌های هیدراتاسیون خصوصاً در نزدیکی سن ۲۸ روزه‌گی میباشد. در واقع، طبق استاندارد ASTM C989 سرباره باید دارای شاخص فعالیت حداقل برابر با ۴۵ درصد در سن ۷ روزه‌گی و ۷۰ درصد در سن ۲۸ روزه‌گی باشد [۹]. از این رو اندیس مذکور برای سرباره بالاتر از حد اقل لازم بوده است که این موضوع را میتوان علاوه بر ترکیبات شیمیایی مناسب سرباره مورد بررسی به نرمی بالای پودر آن حتی در قیاس با سیمانهای متداول نسبت داد.



شکل ۴- شاخص فعالیت سرباره و خاکستر پسماند نیشکر در سنین ۷ و ۲۸ روز

مقدار شاخص فعالیت برای خاکستر باگاس نیشکر برابر با ۷۹/۲ درصد در سن ۲۸ روز است که نسبت به سرباره در سن مشابه به مراتب کمتر است. از آنجا که شاخص مذکور از مقدار حداقلی ۷۵ درصد ذکر شده در استاندارد ASTM C618 [۱۱] بیشتر است، استفاده از خاکستر باگاس تولید شده در مقیاس آزمایشگاهی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان میسر است. با این وجود ضروری است تا در تحقیقات آتی ضمن به کارگیری راهکارهای بهبود فرآوری خاکستر و یا پخش یکنواخت تر آن در مخلوطهای پایه سیمانی، امکان سنجی تولید آن در مقیاس صنعتی نیز مورد مطالعه بیشتر قرار داده شود.

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله، سه سری طرح اختلاط ملات شامل نمونههای ۷ و ۲۸ روزه شاهد، حاوی ۵۰ درصد پودر سرباره تولیدی شرکت سیمان کویر کاشان و دارای ۲۰ درصد خاکستر باگاس نیشکر ساخته شده و پارامترهای مقاومت فشاری و شاخص فعالیت نمونههای استاندارد تعیین و مورد بحث قرار گرفت. فرآوری خاکستر باگاس شامل استفاده از کوره الکتریکی با دمای حدود ۵۵۰ درجه و به مدت ۹۰ دقیقه و سپس انجام آسیاب بوده است. بر پایه یافته‌ها، اهم نتایج حاصله به شرح زیر می‌باشند:

- هر ۲ ماده پودر سرباره مورد بررسی و خاکستر باگاس تهیه شده دارای قابلیت کاربرد به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در بتن را دارا هستند.
- پودر سرباره مورد بررسی به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی مناسب همراه با نرمی بالا، به شاخص فعالیت ۲۸ روزه حدود ۹۱.۸ درصد منجر گردید.
- مقاومت فشاری و شاخص فعالیت نمونههای حاوی خاکستر باگاس در قیاس با نمونههای حاوی پودر سرباره

کمتر بوده و برای تجاری سازی استفاده از آنها نیاز به بهبود و تکمیل فرآیند تولید خاکستر و پخش آنها در نمونه‌های ساخته شده وجود دارد. از این رو فرآیند ساخت کوره گازی پرتابل در آزمایشگاه دانشگاه کاشان تکمیل گردیده و نتایج آزمایشهای صورت گرفته با آن ان شاء الله به زودی منتشر خواهد شد.

سپاسگزاری

لازم است تا مراتب قدردانی صمیمانه مولفین از آقای دکتر حمیدرضا ذوالفقاریور که پروژه تجاری سازی کاربرد پسماندهای نیشکر در بتن با همفکری و مساعدتهای مستمر ایشان در حال پیگیری است اعلام شود. همچنین از مدیران محترم شرکت سیمان کویر کاشان و شرکت کشت و صنعت کارون برای تهیه و حمل مصالح مورد نیاز و از آقای مهندس امیرعلی آریانا بابت نقش آفرینی در ساخت کوره پرتابل گازی تشکر میگردد.

منابع

- [۱] Behera M, Bhattacharyya SK, Minocha AK, Deoliya R, Maiti S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete—A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and building materials*. 2014 Oct 15;68:501-16.
- [۲] Qasrawi H. The use of steel slag aggregate to enhance the mechanical properties of recycled aggregate concrete and retain the environment. *Construction and Building Materials*. 2014 Mar 15;54:298-304.
- [۳] Khalil MJ, Aslam M, Ahmad S. Utilization of sugarcane bagasse ash as cement replacement for the production of sustainable concrete—A review. *Construction and Building Materials*. 2021 Feb 8;270:121371.
- [۴] Li B, Hang MY, Dong SF. Experimental study of slag powder fineness effect on concrete performance. *Applied Mechanics and Materials*. 2013 Dec 5;405:2631-4.
- [۵] Liu J, Guo R. Applications of steel slag powder and steel slag aggregate in ultra-high performance concrete. *Advances in Civil Engineering*. 2018;2018:1-8.
- [۶] Bayapureddy Y, Muniraj K, Mutukuru MR. Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in cement composites: strength, durability, and microstructural analysis. *Journal of the Korean Ceramic Society*. 2020 Sep;57:513-9.
- [۷] Kumar DS, Chethan K, Kumar BC. Effect of elevated temperatures on sugarcane bagasse ash-based alkali-activated slag concrete. *Sugar Tech*. 2021 Apr;23(2):369-81.
- [۸] Martins AC, De Carvalho JM, Costa LC, Andrade HD, de Melo TV, Ribeiro JC, Pedroti LG, Peixoto RA. Steel slags in cement-based composites: An ultimate review on characterization, applications and performance. *Construction and Building Materials*. 2021 Jul 12;291:123265.
- [۹] ASTM C989, Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars.
- [۱۰] ASTM C618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.
- [۱۱] ASTM C109, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).

Feasibility Study of Using Slag Powder manufactured by Kavir Kashan Cement Company and Bagasse Ash as a partial Substitute for the Cement

Alireza Pachenari^{1*}, Ali Ahmadian², Seyed Hossein Mohajeri³

¹ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran

² M.Sc. in Structural Engineering, Faculty of Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran

³ Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University, Karaj, Iran

* pachenaria@kashanu.ac.ir

Abstract

Cement, steel and sugarcane industries are among the most important industries but cause considerable pollution. Replacing cement by materials such as blast furnace slag and sugarcane bagasse ash not only reduces environmental issues, but also creates value added for these by-products. This paper aims to investigate the feasibility of using slag powder samples sent by Kavir Kashan Cement Company and sugar cane bagasse ash as a substitute for a part of cement used in the construction industry. In this way, the bagasse was first burned in a furnace at 550°C for 90 minutes. Cement-based mortar samples were then constructed in 3 series of mixing designs. Compressive strength and activity index were then measured at 7 and 28 days of age. Evaluation of the results showed that although both slag powder and bagasse ash have acceptable reactivity, slag powder was introduced as a better option due to its suitable chemical composition, high softness and 28-day compressive strength about 92 percent of the control specimen. Additionally, during this project, a portable gas furnace was built to optimize ash production in future experiments.

Keywords: Cement mortar, furnace, Steel slag powder, Sugarcane bagasse ash, Compressive strength, Activity index

مطالعه مروری کوتاه بر روشهای بارگذاری داروها در اگزوزوم به عنوان نانوحامل زیستی

ریحانه رضانی^{۱*}، نفیسه سادات فروتن^۲، نجمه عباسی^۳

۱. گروه خانواده درمانی، پژوهشگاه زنان، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

۲. گروه زیست فناوری صنعت و محیط زیست، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران، ایران

۳. گروه ژنتیک، دانشکده علوم و فناوری های نوین دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: re.ramezani@alzahra.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: re.ramezani@alzahra.ac.ir

چکیده

علیرغم تلاشهای فراوان محققین نانوفناوری در جهت طراحی و ساخت یک نانو حامل مناسب برای انتقال دارو، تا کنون هیچ کدام از سیستمهای معرفی شده از کارآمدی و ایمنی لازم برای به کارگیری در شرایط درون بدن انسان، برخوردار نیستند. امروزه همه پژوهشگران این حوزه، براین باورند که الگوبرداری دقیق از سیستمهای زیستی راهحل اساسی برای حل این مشکل خواهد بود. در طی سالیان اخیر، وزیکولهای رها شده از سلولهای انسانی در حالت طبیعی و بیماریزایی، هدف بسیاری از مطالعات در حیطه علوم ژنتیک و پزشکی بازساختی قرار گرفته است. در میان این ساختارهای دولایه وزیکولی، اگزوزومها به دلیل اندازه کوچکتر (۱۵۰-۳۰ نانومتر)، مارکرهای سطحی اختصاصی و محتویات بسیار متنوع از توجه بسیار ویژه‌ای برخوردارند. این نانوزیکولهای رها شده از سلول، انواع مولکولهای پروتئینی، RNA و در مواردی DNA را از یک سلول به سلول دیگر منتقل میکنند و به این ترتیب منشأ تغییرات بسیاری در سلول پذیرنده میگردند. از آنجایی که اگزوزومها، به طور طبیعی وظیفه انتقال بیومولکولها را در بدن به عهده دارند و در شرایط طبیعی، بدون تحریک سیستم ایمنی و با پشت سر گذاشتن تمامی سدهای زیستی، به نحو احسن به این وظیفه مبادرت میورزند، بنابراین میتوانند بهترین انتخاب برای طراحی یک سیستم انتقال دارو معرفی گردند. در این مطالعه هدف بر آن است تا با معرفی روشهای بارگذاری داروها در این نانوحاملهای طبیعی، مسیری جدید برای محققین جهت بهکارگیری از آنها در انتقال انواع داروها به سلولهای انسانی گشوده گردد.

کلمات کلیدی: اگزوزوم، نانوحامل، سامانه انتقال دارو

1 مقدمه

سلولها در شرایط طبیعی و پاتولوژیک (۱)، به طور پیوسته وزیکول‌های خارج سلولی، کمپلکس‌های ماکرومولکولی و مولکول‌های کوچک به میکرومحیط خارج سلول ترشح می‌کنند (۲، ۳). به طور کلی وزیکول‌های غشایی بسته به منشأ شکل‌گیری آنها از داخل سلول، حاوی ساختار و ویژگی‌های بیوشیمیایی متفاوت هستند. از جمله وزیکول‌های خارج سلولی میتوان به اگزوزوم (exosome)، میکرووزیکول و اجسام آپوپتوتیک (apoptotic blebs) اشاره کرد (۷-۲). اگزوزومها کوچکترین دسته از این ذرات ترشحی هستند و اندازه‌های حدود ۱۵۰-۳۰ نانومتر دارند. اگزوزومها اولین بار در دهه ۱۹۸۰ مشاهده شدند. ابتدا تصور می‌شد ترشح اگزوزومها از سلولها مکانیسمی شبیه دفع مواد زائد سلولی است ولی امروزه پژوهشگران بر این باورند که اگزوزومها منشأ اصلی ارتباطات و بسیاری از واکنشها و عملکردهای سلولی میباشند (۲، ۸، ۹). در سالهای اخیر اگزوزومها، بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند و مشخص شده است این نانوزیکولهای سلولی نقش کلیدی در ارتباطات بین سلولی دارند و همچنین می‌توانند بیومارکرهای تشخیصی ارزشمندی را در وضعیت بیماری نشان دهند (۱۰). علاوه بر این، امروزه تحقیقات گسترده‌ای بر روی کاربرد اگزوزومها جهت درمان سرطان و یا تولید واکسن ضد سرطان در حال انجام است (۵، ۱۱، ۱۲). استفاده از اگزوزومهای مشتق شده از سلولهای بنیادی در ترمیم بافتهای آسیب دیده از مزایای بسیاری برخوردار است که از مهمترین موارد آن، میتوان به عدم تحریک سیستم ایمنی و کارآمدی بسیار بالای آنها اشاره نمود (۱۳). اگزوزومها توسط طیف گسترده‌ای از سلولهای پستانداران ترشح می‌شوند و بیشتر مایعات بدن حاوی مقدار قابل توجهی از آنها میباشند (۱).

تنوع وزیکول‌های خارج سلولی که توسط انواع مختلف سلولی آزاد می‌شوند، منجر به برخی سردرگمی‌ها در رابطه با شناسایی و نامگذاری آنها شده است. منشأ اندوزومی معیاری است که معمولاً برای تعریف اگزوزومها استفاده میشود در حالی که shedding از غشای پلاسمایی برای مشخص کردن میکرووزیکولها اعمال می‌شود. اگزوزومها، وزیکولهای رها شده از سلول هستند که در اثر ادغام غشاء یک اندامک در مسیر آندوسیتوز به نام اجسام چند وزیکولی Multi Vesicular Body (MVB)، با غشاء سیتوپلاسمی شکل میگیرند. از آنجا که روش‌های تجربی تنها اجازه طبقه بندی بر اساس اندازه، چگالی و مورفولوژی را می‌دهند و نه منشأ وزیکول، پیشنهاد شده است اصطلاح میکرووزیکول یا میکروپارتیکل برای وزیکولهایی با سایز و شکل ناهمگن (به طور کلی بزرگتر از ۱۰۰ نانومتر) بهکار رود و اگزوزوم برای وزیکولهایی با سایز بین ۱۵۰-۳۰ نانومتر که حامل پروتئینهای نشانگر اگزوزومی هستند، اطلاق شود (۱۴).

در مطالعات برونتنی و درونتنی نشان داده شده است که اگزوزومها در هر دو حالت طبیعی و پاتولوژیکی و از طیف گسترده‌ای از سلولها ترشح می‌شوند (۱)؛ شامل: لنفوسیت B و T، سلولهای دندرتیک، سلولهای بنیادی مزانشیمی، سلولهای اپیتلیال، آستروسیتها، آدیپوسیتها، ماستسلها، سلولهای اندوتلیال، نرونها، پلاکتها و سلولهای سرطانی که به مقدار بیشتری از سلولهای عادی اگزوزوم ترشح می‌کنند (۱۲-۱۰). همچنین اگزوزومها در اکثر مایعات بدن، شامل: خون، سرم، مایع مغزی نخاعی، بزاق، اشک، ادرار، مایع آمنیوتیک، آسیت، شیر مادر و ترشحات بینی نیز شناسایی شده اند (۱ و ۱۳-۱۶).

از آنجایی که اگزوزومها، به طور طبیعی وظیفه انتقال بیومولکولها را در بدن به عهده دارند و در شرایط طبیعی، بدون تحریک سیستم ایمنی و با پشت سر گذاشتن تمامی سدهای زیستی، به نحو احسن به این وظیفه مبادرت میورزند، بنابراین میتوانند بهترین انتخاب برای طراحی یک سیستم انتقال دارو و ژن معرفی گردند. در این مطالعه هدف بر آن است تا با معرفی روشهای بارگذاری داروها در این نانوحاملهای طبیعی، مسیری جدید برای محققین جهت بهکارگیری از آنها در انتقال انواع داروها به سلولهای انسانی گشوده گردد.

2 روش تحقیق

در مطالعه مروری حاضر، گزارشات و پیشرفتهای اخیر در حیطه کاربرد اگزوزومها به عنوان حامل دارو و روشهای بارگذاری آن مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا کلید واژههای اگزوزوم، نانوحامل، انتقال دارو و روشهای بارگذاری در پایگاههای علمی Science direct، PubMed، جستجو گردید و از میان نتایج جستجو، ۳۲ مورد انتخاب و در نگارش مقاله، مورد استفاده قرار گرفت.

3 نتایج و بحث

3-1- مزایای استفاده از اگزوزومها به عنوان حامل

یکی از ویژگیهای مهم و اصلی اگزوزومها، سازگاری زیستی آنها است. چون این نانوساختارها از بدن انسان جدا میشوند به همین دلیل بیشترین سازگاری را در بین نانوحاملها در شرایط درون بدن خواهند داشت. اگزوزومها، پایداری زیادی در خون دارند که باعث میشود در هر دو شرایط فیزیولوژیک و پاتولوژیک، مسافت طولانی درون بدن طی کنند و در طی این مسیر محتویات آنها بدون تخریب باقی بمانند. به خاطر سایز نانو و حمل گیرندههای سطحی سلول، ظرفیت بالایی در عبور از

سدهای بیولوژیکی متعدد و انتقال به سلول دارند. ایمنی‌زایی آگروزومها در مقایسه با لیپوزومها و سیستمهای دارورسانی بر پایه ویروس بسیار کمتر است. در سلول درمانی و ترمیم بافتهای آسیب دیده، آگروزومهای منشأ گرفته از سلولهای بنیادی در مقایسه با خود سلولها بنیادی به دلیل نگهداری آسان و خطرات ایمنی کمتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. آگروزومها میتوانند از سلولها یا مایعات بدن بیمار جدا شوند و پس از اصلاح و تغییرات به همان بیمار منتقل شوند. هسته هیدروفیل آنها مناسب برای انتقال داروهای محلول در آب میباشد و دولایه لیپیدی میتواند برای انتقال داروهای هیدروفوب به کار گرفته شود. آگروزومها غنی از mRNAهای عملکردی و miRNAها و پروتئینها هستند که میتواند پتانسیل درمانی برای بسیاری از بیماریها داشته باشد (۱۷، ۱۸).

3-2- روشهای بارگذاری دارو در آگروزومها

آگروزومها میتوانند مولکولهای دارویی را در ساختار خود حمل کنند. از آنجایی که از نظر ساختاری شباهت بسیاری بین لیپوزومها و آگروزومها وجود دارد، میتوان از روشهای رایج برای بارگذاری دارو در لیپوزوم برای ورود دارو به ساختار ویکولی آگروزوم هم استفاده نمود. به طور کلی بارگذاری دارو را میتوان قبل از جداسازی یا بعد از جداسازی آگروزومها انجام داد (۱۸). داروها یا به طریق فعال و یا غیر فعال داخل آگروزوم بارگذاری میشوند. از روشهای غیرفعال برای بارگذاری داروها در آگروزومها، میتوان به روش مجاورت مستقیم یا انکوباسیون، اشاره کرد و روشهای فعال رایج شامل الکتروپوریشن، سونیکاسیون، اکستروژن، انجماد و ذوب کردن متوالی، انکوباسیون با نفوذ دهندههای غشایی میباشد.

3-2-1- انکوباسیون

سادهترین روش ترکیب دارو با آگروزومها، مجاورسازی و انکوباسیون همزمان آنها با هم است. در مطالعه‌ای، Sun و همکاران، کورکومین را به همراه آگروزوم در دمای اتاق انکوبه کردند. نتایج نشان داد آگروزوم لود شده با کورکومین میتواند کورکومین را حمل و تحویل دهد و باعث افزایش فعالیت ضد التهابی آن از دو طریق افزایش حلالیت، پایداری و زیستدسترسی و همچنین افزایش تحویل کورکومین به سلولهای هدف شوند (۲۰). در مطالعه‌ای دیگر، Pascucci و همکاران نشان دادند، pa- (clitaxel) (PTX) به‌طور موفقیت‌آمیزی در آگروزومها از طریق انکوباسیون سلولهای استرومایی مزانشیمی با دوز بالایی از PTX لود شد. به این ترتیب MSC ها آگروزومهایی تولید کردند که با PTX لود شده و توانایی مهار رشد تومور را در شرایط برون تن را داشتند (۲۱).

3-2-2- الکتروپوریشن

الکتروپوریشن، استفاده از پالسهای کوتاه و ولتاژ بالا برای نفوذ به غشای آگروزومی می‌باشد. در این روش در اثر اعمال میدان الکتریکی بخشهایی از غشای دولایه فسفولیپیدی آگروزومها تخریب شده و منافذ بسیار ریزی در آن شکل میگیرد و به ترتیب مسیری برای ورود دارو به فضای داخل آگروزوم گشوده میشود. با اعمال جریان الکتریکی ۱۰۰۰ kv به مدت ۵ ms به مخلوطی از دارو و آگروزومها، میتوان به طور موفقیت‌آمیزی دارو را درون آگروزومها لود کرد؛ برای مثال، آگروزومهای مشتق شده از دندرتیک سلها (DC) که با داکسیسایکلین و با روش الکتروپوریشن لود شده بودند، میتوانند بافت تومور را مورد هدف قرار دهند و باعث مهار رشد تومور گردند (۲۲).

3-2-3- سونیکاسیون

در این روش از امواج صوتی برای ورود دارو به آگروزوم استفاده میشود. نیروی برشی مکانیکی که توسط پروب سونیکاتور به مخلوط آگروزوم و دارو اعمال میشود، موجب از بین رفتن یکپارچگی غشای آگروزوم شده و شرایط را برای ورود دارو به ساختار آگروزوم فراهم میکند. در مطالعه‌ای، Kim و همکارانش دریافتند پس از اعمال ۶ سیکل ۳۰ ثانیه‌ای با شدت ۲۰٪ برای مدت ۳ دقیقه با دوره‌های سرمایی ۲ دقیقه‌ای بین هر سیکل، میتوان دارو را به راحتی در آگروزوم بارگذاری کرد (۲۱). در طی اعمال این امواج به آگروزوم، ساختار غشای آن تا حدودی به هم میریزد ولی به هیچ عنوان پروتئینهای غشایی از آن آزاد نخواهد شد و بعد از یک انکوباسیون یک ساعته در ۳۷ درجه سانتیگراد، ساختار غشای آگروزوم به حال طبیعی خود باز میگردد (۲۱، ۲۲). مقایسه میزان بارگذاری دارو در آگروزوم در سه روش انکوباسیون، سونیکاسیون و الکتروپوریشن در مطالعه Kim و همکاران، نشان داد که روش سونیکاسیون از دو روش دیگر بسیار کارآمدتر است. میزان بارگذاری دارو در روش سونیکاسیون تقریباً ۲۰ برابر انکوباسیون و ۵ برابر الکتروپوریشن گزارش شده است (۲۱). البته اندازه آگروزومها بعد از لود دارو در تمامی روشها افزایش یافته است ولی در روش سونیکاسیون تغییرات بیشتری (تقریباً دو برابر حالت طبیعی) مشاهده شده است (۲۱).

4-2-3 اکستروژن

در این روش از نیروی مکانیکی که بر اثر عبور مخلوط آگروزوم و دارو از منافذ غشایی بسیار باریک (۴۰۰-۱۰۰ نانومتر) ناشی می‌شود، برای افزایش نفوذپذیری غشاء و ورود دارو به آگروزوم استفاده می‌گردد. این مسأله که اعمال چنین فشاری ساختار غشاء آگروزوم را به طور کامل به هم میریزد و بار سطحی آن را دستخوش تغییر مینماید، همچنان خیلی واضح نیست. در مطالعه Fuhrmann و همکارانش، مشخص شد که با عبور مخلوط آگروزومهای مشتق شده از سلولهای سرطانی سینه MDA-MB231 و داروی پورفرین، نسبت بار سطحی آگروزومها تغییر کرده و بر روی سلولهای HUVECs خاصیت سمی پیدا کردند در حالیکه بارگذاری دارو با روشهای دیگر، هیچ گونه سمیتی در آگروزومها به دنبال نداشت (۲۳). البته در یک مطالعه دیگر که از اکستروژن برای ورود کاتالاز به آگروزومهای مشتق شده از ماکروفاژ RAW264.7 استفاده گردیده، هیچ گونه اثر سمی دیده نشده و بازدهی این روش خیلی بیشتر از روش انکوباسیون و انجماد-ذوب شدن گزارش شد (۲۲، ۲۳). با این وجود در اغلب گزارشات به تغییر ساختاری آگروزوم در اثر عبور از غشای هیدوکربناتی در این روش اشاره گردیده است (۲۴).

5-2-3 سیکلهای متوالی انجماد-ذوب شدن

در این روش ابتدا دارو، در دمای اتاق و برای یک مدت مشخص در مجاورت آگروزوم قرار میگیرد، سپس در دمای ۸۰- درجه یا نیتروژن مایع فریز شده و مجدد در دمای اتاق ذوب میشود. این فرآیند حداقل ۳ بار ادامه پیدا میکند و به این ترتیب با ناپایداری سازی غشای آگروزوم، دارو به داخل آن منتقل میشود. بازدهی این روش کمتر از سونیکاسیون و اکستروژن است و تا حدودی احتمال تجمعسازی در آگروزومها وجود دارد. آگروزومها حاصل از این روش اندازه بزرگتری نسبت به حالت طبیعی دارند. این روش به منظور ادغام غشای آگروزوم و لیپوزوم هم بسیار کاربرد دارد، در گزارشی که توسط Sato و همکارانش ارائه شده، با انجماد و ذوب کردن متوالی مخلوط آگروزومهای مشتق شده از ماکروفاژ RAW264.7 و لیپوزومهای فسفولیپیدی، موفق شدند که این دو ساختار غشایی را در هم ادغام کنند و از روش انتقال انرژی رزونانسی فورستر (FRET) برای تأیید این پدیده استفاده نمودند (۲۳).

6-2-3 انکوباسیون با نفوذ دهندههای غشایی

ساپونین (Saponin) یکی از سورفکتانت‌هایی به شمار میرود که با اتصال به کلسترول در غشای سلولی، منافذی در غشا ایجاد میکند و موجب افزایش ورود دارو به آگروزوم میشود (۲۵). البته این دترجنت در بدن انسان فعالیت همولیتیکی از خود نشان میدهد و تا جایی که ممکن است باید مقدار کمی از آن برای افزایش نفوذپذیری غشاء آگروزوم استفاده نمود و در صورت امکان بعد از لود دارو تخلیص و جداسازی صورت پذیرد. ساپونین ظرفیت بارگذاری کاتالاز در آگروزوم را بسیار افزایش میدهد و در عین حال هیچ گونه فعالیت تخریب بر روی فعالیت آنزیم نخواهد داشت (۲۳).

4 نتیجه گیری

سالیان درازی است که محققین در جستجوی یک حامل مناسب برای انتقال دارو، انواع ساختارهای زیستی و مصنوعی را مورد مطالعه قرار دادند. با پیشرفت علم نانو و شناسایی مزایای بسیار نانوساختارها در انتقال دارو، انواع نانوساختارها و نانوذرات پلیمری، فلزی، لیپیدی و ... برای طراحی سیستمهای انتقالی به کار گرفته شدند (۲۶، ۲۷). با وجود پیشرفتهای بسیار شگفتآور در این عرصه، اما نکته قابل تأمل آن است که از نظر کارایی انتقال در شرایط درونتنی، هنوز هیچ کدام از سیستمهای طراحی شده به پای حاملهای ویروسی نمیرسند. آنچه در این میان آشکار میشود این است که ساختارهای زیستی که وظیفه انتقال بیومولکولها را در بدن انسان به عهده دارند، کارآمدترین سیستم انتقالی خواهند بود و شبیهسازی و الگوبرداری از این سیستمهای طبیعی، راه حل اساسی و کلیدی برای محققین در جهت طراحی حاملی کارآمد و ایمن برای انتقال دارو و ژن به شمار میرود. دلیلی که باعث شده حاملهای ویروسی تا کنون در درمان بیماریها به کار گرفته نشوند، ایمونیزایی فوق العاده زیاد و سمیت متصور برای آنها میباشد. نقطه ضعفی که باعث میشود این حاملها به محض ورود به جریان خون، به سرعت توسط سیستم ایمنی، از مسیر خون حذف شوند. در سالهای اخیر، یک مکانیسم ارتباطی بین سلولی مورد توجه خاص محققین قرار گرفته است. سلولها با رهاسازی وزیکولهای کوچک در فضای بین سلولی، مواد زیستی از قبیل پروتئین، RNA و DNA را بین خودشان تبادل میکنند و به این شکل بر عملکرد یکدیگر تأثیر محسوسی میگذارند. آگروزومها یک دسته از این وزیکولهای رها شده از سلول هستند که به دلیل ساختار بسیار کوچک (۱۵۰-۳۰ نانومتر) و محتویات بسیار متنوع از امتیاز خاصی برخوردار شدهاند. از آنجایی که این نانوزیکولها، به راحتی و با کارایی بسیار بالا تمامی بار زیستی حمل شده خود را از یک سلول به سلول دیگر منتقل میکنند، میتوانند انتخاب بسیار مناسبی برای طراحی حامل اختصاصی و هوشمند برای انتقال دارو باشند (۲۸-۳۰). مشکل عمده در این میان عدم دستیابی به روشی استاندارد برای بارگذاری داروها داخل نانوزیکولهای آگروزومی است (۳۱). در میان روشهای مرسوم بارگذاری داروها، روش انکوباسیون به دلیل سادگی بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است. با وجود آنکه برخی گزارشات ادعا میکنند سونیکاسیون باعث افزایش بارگذاری دارو میشود (۱۷) ولی برخی نیز معتقدند که

این روش در مقایسه با روش انکوباسیون از بازدهی بیشتری برخوردار نیست (۳۲). اینگونه به نظر می‌رسد که روش سونیکاسیون بر افزایش میزان بارگذاری داروهای آگریز در آگزوزوم مؤثر نیست (۲۵). به هر حال به دلیل نوپا بودن مطالعات در مورد آگزوزومها و بارگذاری دارو در آنها، ورود این نانوحاملهای زیستی در عرصه درمان و دارورسانی نیاز به مطالعات گسترده و دستیابی به روشی کارآمد برای جداسازی آگزوزوم و بارگذاری بهینه دارو در آن در مقیاس صنعتی دارد.

5 سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از دانشگاه الزهراء، جهت در اختیار گذاشتن منابع علمی لازم برای نگارش این مقاله، اعلام میدارند.

منابع

- 1) Henderson, M.C. and Azorsa, D.O., The genomic and proteomic content of cancer cell-derived exosomes. *Frontiers in oncology*, 2012, 2: p. 38.
- 2) Vlassov, A.V., et al., Exosomes: current knowledge of their composition, biological functions, and diagnostic and therapeutic potentials. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 2012, 1820(7): p. 940-948.
- 3) Simpson, R.J., S.S. Jensen, and J.W. Lim, Proteomic profiling of exosomes: current perspectives. *Proteomics*, 2008, 8(19): p. 4083-4099.
- 4) Cocucci, E., G. Racchetti, and J. Meldolesi, Shedding microvesicles: artefacts no more. *Trends in cell biology*, 2009, 19(2): p. 43-51.
- 5) Schorey, J.S. and S. Bhatnagar, Exosome function: from tumor immunology to pathogen biology. *Traffic*, 2008, 9(6): p. 871-881.
- 6) Lee, Y., S. El Andaloussi, and M.J.A. Wood, Exosomes and microvesicles: extracellular vesicles for genetic information transfer and gene therapy. *Human Molecular Genetics*, 2012, 21(R1): p. R125-R134.
- 7) Meehan, B., J. Rak, and D. Di Vizio, Oncosomes – large and small: what are they, where they came from? *Journal of Extracellular Vesicles*, 2016, 5: p. 10.3402/jev.v5.33109.
- 8) Greening, D.W., et al., A protocol for exosome isolation and characterization: evaluation of ultracentrifugation, density-gradient separation, and immunoaffinity capture methods. *Proteomic Profiling: Methods and Protocols*, 2015, 1295: p. 179-209.
- 9) Johnstone, R., A. Bianchini, and K. Teng, Reticulocyte maturation and exosome release: transferrin receptor containing exosomes shows multiple plasma membrane functions. *Blood*, 1989, 74(5): p. 1844-1851.
- 10) Gheytaichi, E., et al., Exosomal microRNAs as potential circulating biomarkers in gastrointestinal tract cancers: a systematic review protocol. *Systematic Reviews*, 2017, 6: p. 228.
- 11) Cheng, L., Y. Wang, and L. Huang, Exosomes from M1-polarized macrophages potentiate the cancer vaccine by creating a pro-inflammatory microenvironment in the lymph node. *Molecular Therapy*, 2017, 25(7): p. 1665-1675.
- 12) Motavaf, M., Pakravan, K., Babashah, S., Malekvandfard, F., Masoumi, M., Sadeghizadeh, M., Therapeutic application of mesenchymal stem cell-derived exosomes: A promising cell-free therapeutic strategy in regenerative medicine. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*, 2016, 62(7): p. 74-9.
- 13) Safari, S., Malekvandfard, F., Babashah, S., Alizadehasl, A., Sadeghizadeh, M., Motavaf M., Mesenchymal stem cell-derived exosomes: A novel potential therapeutic avenue for cardiac regeneration. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)*, 2016, 62(7): p. 66-73.
- 14) Simons, M. and G. Raposo, Exosomes—vesicular carriers for intercellular communication. *Current opinion in cell biology*, 2009, 21(4): p. 575-581.

- 15) Théry, C., L. Zitvogel, and S. Amigorena, Exosomes: composition, biogenesis and function. *Nature Reviews Immunology*, 2002, 2(8): p. 569.
- 16) Pakravan, K., Babashah, S., Javan, M., Sadeghizadeh, M., Mowla, S.J., Isolation, Characterization and Cellular Uptake of Exosomes Derived from Bone Marrow Mesenchymal Stem Cells. *Pathobiology Research*, 2016, 19(3): p. 17-31.
- 17) Ramezani, R., Sadeghizadeh M, Behmanesh M, Hosseinkhani s. et al., Gene transfer to eukaryotic cells by a virus-like liposomal nano-system. *Journal of Police Medicine*, 2012, 1(2): p. 71-80.
- 18) Jiang, X.-C. and J.-Q. Gao, Exosomes as novel bio-carriers for gene and drug delivery. *International journal of pharmaceutics*, 2017, 521(1-2): p. 167-175.
- 19) Vader, P., et al., Extracellular vesicles for drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 2016, 106: p. 148-156.
- 20) Sun, D., et al., A novel nanoparticle drug delivery system: the anti-inflammatory activity of curcumin is enhanced when encapsulated in exosomes. *Molecular Therapy*, 2010, 18(9): p. 1606-1614.
- 21) Kim, M.S., et al., Development of exosome-encapsulated paclitaxel to overcome MDR in cancer cells. *Nanomedicine*, 2016, 12(3): p. 655-664.
- 22) Pascucci, L., et al., Paclitaxel is incorporated by mesenchymal stromal cells and released in exosomes that inhibit in vitro tumor growth: a new approach for drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 2014, 192: p. 262-270.
- 23) Luan, X., et al., Engineering exosomes as refined biological nanoplatfroms for drug delivery. *Acta Pharmacol Sin*, 2017, 38(6): p. 754-763.
- 24) Fuhrmann, G., et al., Active loading into extracellular vesicles significantly improves the cellular uptake and photodynamic effect of porphyrins. *Journal of Controlled Release*, 2015, 205: p. 35-44.
- 25) Adriano B, Cotto N, Chauhan N, Jaggi M, Chauhan S, Yallapu M. Milk exosomes: Nature's abundant nanoplatfrom for theranostic applications. *Bioactive Materials*. 2021;6:2479-90.
- 26) Ren S, Wang M, Wang C, Wang Y, Sun C, Zeng Z, et al. Application of Non-Viral Vectors in Drug Delivery and Gene Therapy. *Polymers (Basel)*. 2021;13(19).
- 27) Sultana A, Zare M, Thomas V, Kumar TSS, Ramakrishna S. Nano-based drug delivery systems: Conventional drug delivery routes, recent developments and future prospects. *Medicine in Drug Discovery*. 2022;15:100134.
- 28) Chen H, Wang L, Zeng X, Schwarz H, Nanda HS, Peng X, et al. Exosomes, a New Star for Targeted Delivery. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2021;9.
- 29) Zhang H, Wang S, Sun M, Cui Y, Xing J, Teng L, et al. Exosomes as smart drug delivery vehicles for cancer immunotherapy. *Frontiers in Immunology*. 2023;13.
- 30) Kar R, Dhar R, Mukherjee S, Nag S, Gorai S, Mukerjee N, et al. Exosome-Based Smart Drug Delivery Tool for Cancer Theranostics. *ACS Biomaterials Science & Engineering*. 2023;9(2):577-94.
- 31) Kimiz-Gebologlu I, Oncel SS. Exosomes: Large-scale production, isolation, drug loading efficiency, and biodistribution and uptake. *Journal of Controlled Release*. 2022;347:533-43.
- 32) Ramezani R, Mohammadian M, Hosseini ES, Zare M. The effect of bovine milk lactoferrin-loaded exosomes (ex-oLF) on human MDA-MB-231 breast cancer cell line. *BMC Complement Med Ther*. 2023;23(1):228.

A review on the methods of drug loading into exosomes as bio-nanocarriers

Reihaneh Ramezani^{1*}, Nafiseh Sadat Foroutan², Najmeh Abbasi³

1. Department of Family Therapy, Women Research Center, Alzahra University, Tehran, Iran
2. Department of Industrial and Environmental Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran
3. Department of Genetics, Faculty of Advanced Science and Technology, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: re.ramezani@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: re.ramezani@alzahra.ac.ir

Abstract

In spite of numerous attempts made by nanotechnology researchers to design and produce a suitable nanocarrier for transferring drugs, none of the systems introduced until now has the necessary efficiency and safety to be used under the conditions in the human body. At present, all researchers in this field believe that accurate mimicking of biological systems is the basic solution for solving this problem. Vesicles, which are released from human cells under normal and pathogenic conditions, have been the subject of many studies in the fields of genetics and regenerative medicine in recent years. Among these bilayer vesicular structures, exosomes receive particular attention due to their small size (30-150nm), specific surface markers, and very diverse contents. These released nanovesicles from cells transport various types of protein molecules, RNA, and in some cases DNA, from one cell to another and thus are the source of many changes in the receiving cells. It is the natural function of exosomes to transfer biomolecules in the body, and they perform this duty in the best possible way under normal conditions without stimulating the immune system and by passing through all biological barriers. Therefore, they can be introduced as the best choice in designing a system for transferring drugs or genes. The present research intends to introduce some methods of Drug loading into these natural nanocarriers in order to open a new route for researchers to use exosomes for transferring various types of drugs to human cells.

Key words: exosome, nanocarrier, drug delivery system

اندازه گیری اثر فرآیند معکوس فاز در بهره‌وری الکتریکی فیلم پیزوالکتریک پایه پلی وینیل فلورید

محمد رضا پیرمردیان^۱، محمد نورمحمدی^۲*

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۲دانشکده فیزیک، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

mohamadreza.pier@grad.kashanu.ac.ir

noormohammadi@kashanu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش تغییرات مقدار چگالی توان خروجی، ولتاژ مدار باز و چگالی جریان مدار کوتاه فیلم پلیمری پلی وینیل فلورید تحت فرآیند معکوس فاز مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور دستگاه نوسان سازی که بتوان دامنه حرکت و بسامد نوسانی آنرا کنترل نمود ساخته شد و با استفاده از آن خروجی توان یک نانو مولد پلیمری مورد ارزیابی قرار گرفت. فیلم پلیمری پلی وینیل فلورید با روش لایه نشانی چرخشی با سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه تحت فرآیند معکوس فاز و بدون فرآیند معکوس فاز روی زیر لایه آلومینیومی لایه نشانی شده است. استفاده از روش معکوس فاز تأثیر قابل توجهی در شکل گیری فاز الکتریکی β پلیمر پلی وینیل فلورید در مقایسه با نمونه‌های بدون فاز داشته است. به گونه‌ای که مقدار چگالی توان، ولتاژ مدار باز و جریان مدار کوتاه نمونه‌هایی که با سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه لایه نشانی شده و تحت فرآیند معکوس فاز قرار گرفته‌اند $103 \mu W$ ، $6 V$ و $9 \mu A$ در مقایسه با نمونه بدون فاز افزایش یافته است. کشش زنجیره پلیمری توسط روش لایه نشانی چرخشی و قرار گرفتن فیلم پلیمری در مجاورت یک ماده غیر حلال زمان بیشتری برای جهت گیری منظم مونومرهای قطبی پلی وینیل فلورید در یک راستا، انتقال این نظم به صفحات داخلی پلیمر و تشکیل فاز بلوری زنجیره پلیمری را فراهم کرده و منجر به گذار فاز بلوری از α به β می شود.

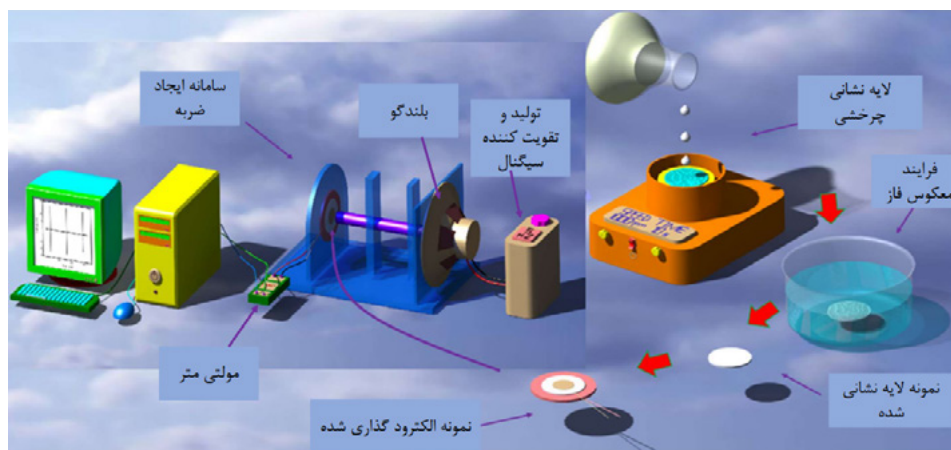
کلید واژه‌ها : پیزوالکتریک، پلی وینیل فلورید، چگالی توان، معکوس فاز، فاز الکتریکی β

مقدمه

در سال‌های اخیر با توجه به توسعه قطعات الکتریکی هوشمند و نیاز روزافزون به تأمین انرژی این قطعات استفاده از مواد پیزوالکتریک به عنوان یکی از جذاب‌ترین مواد ها در تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی قابل استفاده برای سیستم‌های کم توان قابل حمل مورد توجه قرار گرفته است. مواد پیزوالکتریک به دو دسته حاوی سرب و بدون سرب تقسیم می‌شود. مواد پیزوالکتریک حاوی سرب معمولاً دارای خصوصیات پیزوالکتریک مطلوبی هستند، اما به دلیل آلودگی و اثرات مضر زیست محیطی، استفاده از آنها محدود شده است. مواد پیزوالکتریک بدون سرب شامل مواد سرامیکی، پلیمری و مواد مرکب است که از این میان، مواد پیزوالکتریک پلیمری به دلیل انعطاف پذیری، مقاومت در برابر فشار، خمش، خوردگی، هزینه ساخت پایین، وزن سبک و سازگار بودن با محیط زیست، قابل استفاده در تجهیزات خود توان هستند. با توجه به خصوصیات ذکر شده، مواد پلیمری پیزوالکتریک گزینه مناسبی برای تأمین و ذخیره انرژی مورد نیاز تجهیزات خود توان می‌باشند. اولین نانو مولد در سال ۲۰۰۶ توسط آقای وانگ ساخته شد که از نانو سیم‌های اکسید روی برای تبدیل ارتعاشات مکانیکی به انرژی الکتریکی استفاده شد. تقارن چگالی بار در داخل نانو سیم در اثر کشش یا فشار ناشی از ارتعاشات مکانیکی به هم خورده و باعث ایجاد یک اختلاف ولتاژ پیزوالکتریک در دو طرف نانو سیم می‌شود [۱]. پلیمر پلی وینیل فلورید بدلیل داشتن خواص پیزوالکتریک، دی الکتریک، پیرو الکتریک و فرو الکتریک بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این پلیمر شامل پنج نوع فاز ساختاری α ، β ، γ ، δ و ϵ است که از این میان فاز β دارای بیشترین دوقطبی الکتریکی منظم شده در یک راستا است [۲، ۳، ۱۰]. از این رو تقویت این فاز منجر به بهبود خواص پیزوالکتریک پلی وینیل فلورید خواهد شد. روش‌های متنوعی برای بهبود فاز β مورد استفاده قرار گرفته است از جمله کشش الکترویدرودینامیکی، افزودن نانو ذرات و نانو میله‌های مغناطیسی و پیزوالکتریک، کشش مکانیکی، روش معکوس فاز، قطبش تحت میدان الکتریکی قوی، محدودیت فضایی، استفاده از زیر لایه مناسب و ایجاد نانو ساختارها به منظور افزایش نسبت سطح به حجم [۴، ۶، ۷، ۹]. از آنجایی که ساختار بلوری β دارای بیشترین ضریب پیزوالکتریک می‌باشد در این مقاله با استفاده از روش معکوس فاز و روش لایه نشانی چرخشی برای دست یابی به بیشترین مقدار فاز β استفاده شده است. افزایش توان خروجی این مولدها در زمینه برداشت انرژی از محیط پیرامون امکان استفاده موثرتر آنها در صنعت انرژی‌های تجدید پذیر را فراهم کرده است [۱۱].

روش تحقیق

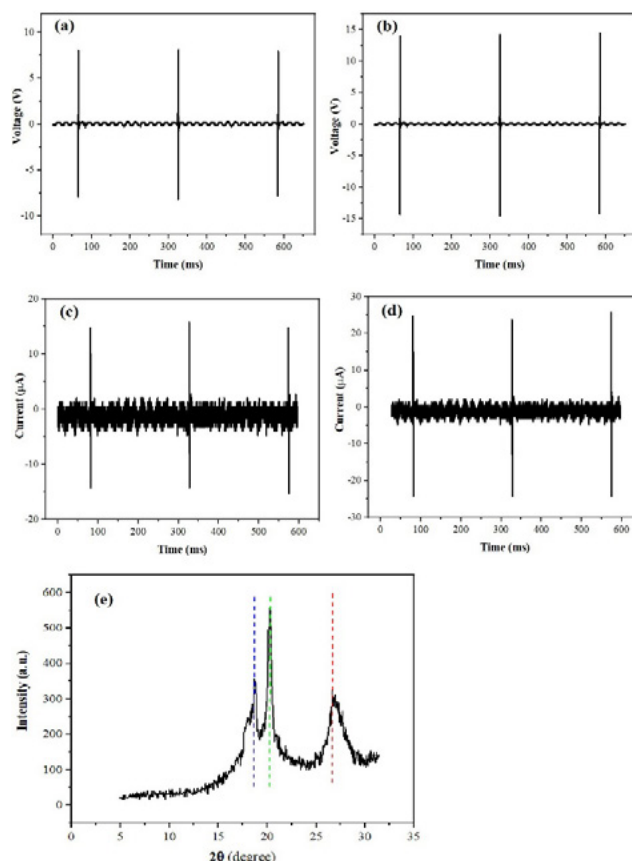
قرص‌های پلیمر پلی وینیل فلورید با نسبت $Wt\ 20\%$ وزنی در حلال دی متیل فرم آمید در دمای 60°C درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت توسط هم زن مغناطیسی حل شده و سپس با روش لایه نشانی چرخشی با سرعت 2000 دور بر دقیقه روی ورق آلومینیوم به عنوان زیر لایه، لایه نشانی می‌شود. دمای واکنش پلیمر پلی وینیل فلورید، 60°C درجه سلسیوس است از این رو نباید برای آماده سازی محلول پلیمری، دما از این مقدار فراتر رود. به منظور بررسی تأثیر فرآیند معکوس فاز نمونه‌ها به دو روش همراه با فاز و بدون فاز آماده سازی شده‌اند به این ترتیب که در حالت بدون فاز نمونه‌های لایه نشانی شده در دمای اتاق خشک شده و در حالت همراه با فاز نمونه‌های لایه نشانی شده سریعاً درون یک حمام غیر حلال مانند آب دوبار تقطیر با دمای 5°C درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه فرو برده می‌شوند تا فرآیند معکوس فاز به خوبی و بطور مؤثر انجام و در نهایت در دمای اتاق خشک می‌شوند. سپس نمونه‌ها الکتروود گذاری شده و تحت آزمون ضربه با فرکانس و نیروی ثابت به منظور ارزیابی توان خروجی قرار می‌گیرند. برای بررسی خواص پیزوالکتریک و تعیین مقدار خروجی نانو مولد مطابق شکل ۱ دستگاهی برای ضربه زدن به نمونه الکتروود گذاری شده طراحی شد که از یک بلندگو برای ایجاد ضربه استفاده شده که صفحه بلندگو به محوری متصل است که حرکت رفت و برگشتی انجام داده. یک دستگاه مولد سیگنال یک پالس ولتاژی با بسامد خاص را که قرار است با همان بسامد محور به حرکت درآید را به یک تقویت کننده داده و ولتاژ خروجی این تقویت کننده به بلندگو متصل می‌شود. مقدار نیروی ضربه وارد نیز با کنترل دامنه حرکت صفحه بلندگو و از طریق کنترل دامنه ولتاژ خروجی تقویت کننده ایجاد می‌شود.



شکل ۱- مراحل ساخت و آماده سازی فیلم پیزوالکتریک پلیمری و سامانه طراحی شده برای اندازه گیری توان خروجی نانو مولد.

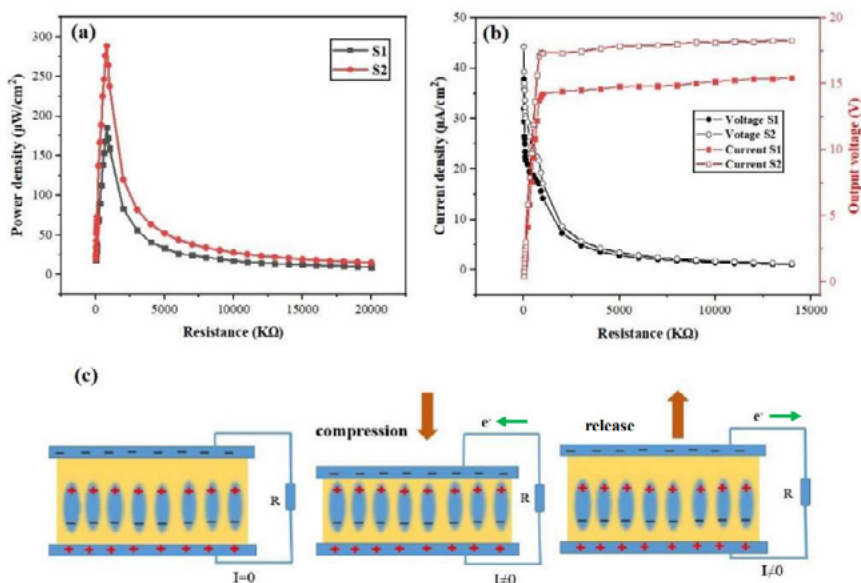
نتایج و بحث

شکل ۱ مراحل ساخت فیلم پیزوالکتریک پلیمری را نشان می دهد. در مرحله اول محلول پلیمری پلی وینیل فلورید توسط روش لایه نشانی چرخشی با سرعت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه لایه نشانی شده و در مرحله دوم تحت فرآیند معکوس فاز قرار می گیرند به این ترتیب که نمونه لایه نشانی شده در آب دوبار تقطیر فرو برده می شوند و در نهایت نمونه الکتروذاری شده و برای بررسی تست ضربه آماده می شود. برای ارزیابی عملکرد الکتریکی فیلم پلیمری ساخته شده، توان خروجی نمونه های لایه نشانی شده با فرآیند معکوس فاز و بدون فرآیند معکوس فاز با فرکانس ضربه ۵ Hz در بازه مقاومت $10\text{ K}\Omega$ تا $20\text{ M}\Omega$ تحت آزمون ضربه قرار گرفتند و توان خروجی آنها به عنوان یک عامل مهم برای سنجش عملکرد الکتریکی و بررسی کیفی مقدار فاز β تشکیل شده در نظر گرفته می شود. سیستم ضربه متشکل از یک دستگاه نوسان ساز و تقویت کننده ی دامنه ولتاژ، بلندگو، دیافراگم، میله منتقل کننده نیرو و سیستم ثبت اطلاعات می باشد. برای اندازه گیری مقدار ولتاژ و جریان تولید شده توسط مولدهای پیزوالکتریک در اثر اعمال ضربه، فیلم پلیمری الکتروذاری شده روی یک سطح هدف بسته شده و الکتروذاری مثبت و منفی به ترتیب به دستگاه مولتی متر کسی ۲۰۲۴ ساخت شرکت لیبولد و جعبه مقاومت خارجی بسته می شوند و با تنظیم مقدار نیرو و فرکانس ضربه، مولدها تحت آزمون ضربه قرار می گیرند. در اثر اعمال ضربه به فیلم پیزوالکتریک تغییرات ولتاژ و جریان برای مقاومت های مختلف ثبت شده و مقدار کیفی فاز β مورد بررسی قرار می گیرد. با توجه به اینکه درصد فاز بلوری β تشکیل شده تأثیر مستقیمی بر توان برداشت شده خروجی دارد با کنترل شرایط ساخت می توان به بیشترین مقدار این فاز دست یافت. یکی از عوامل کلیدی در تغییر ساختار بلوری فیلم پلیمری فرآیند معکوس فاز است. القای فاز قطبی در پلیمر پلی وینیل فلورید از طریق قرار گرفتن در مجاورت یک غیر حلال قطبی مانند آب منجر برهمکنش الکترواستاتیک گروه عاملی C-F زنجیره پلیمری با گروه عاملی قطبی O-H مولکول آب شده و پیوند هیدروژنی تشکیل شده باعث چرخیدن و منظم شدن گروه عاملی C-F در امتداد گروه عاملی O-H می شود که این نظم ساختاری به صفحات داخلی منتقل می شود. شکل (۲) نمودار ولتاژ مدار باز و نمودار جریان مدار بسته نمونه لایه نشانی شده بدون فرآیند معکوس فاز و با فرآیند معکوس فاز را نشان می دهد. با توجه به شکل (a-c γ -) مقدار بیشینه ولتاژ مدار باز و جریان مدار بسته به ترتیب ۷/۷۸ و $14\text{ }\mu\text{A}$ برای نمونه لایه نشانی شده با سرعت ۲۰۰۰ rpm بدون فرآیند معکوس فاز می باشد. در طول فرآیند معکوس فاز نمونه های لایه نشانی شده در یک حمام غیرحلال مانند آب دوبار تقطیر فروبرده می شوند که این امر منجر به کاهش تبادل جرم حلال و غیر حلال شده و زمان بیشتری برای بلورین شدن و افزایش فاز β فراهم کرده و در نتیجه با توجه به شکل (b-d γ -) مقدار ولتاژ مدار باز و جریان مدار بسته برای نمونه آماده شده با فرآیند معکوس فاز ۱۴/۷۱ و $23\text{ }\mu\text{A}$ بدست می آید که در مقایسه با نمونه بدون فرآیند معکوس فاز، افزایش ۶/۷۳ و $9\text{ }\mu\text{A}$ برای کمیت های ذکر شده مشاهده می شود.



شکل ۲- (a-c) نمودار ولتاژ مدار باز و نمودار جریان مدار بسته نمونه لایه نشانی شده با سرعت های ۲۰۰۰ rpm بدون فرآیند معکوس فاز، (b-d) نمودار ولتاژ مدار باز و نمودار جریان مدار بسته با فرآیند معکوس فاز (e-۲) طیف پراش پرتو X نمونه‌ی پلیمری لایه نشانی شده به همراه معکوس

ساختار بلوری فیلم پلیمری PVDF بوسیله طیف پراش XRD مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل (e-۲) الگوی پراش پرتو X برای نمونه‌ی پلیمری لایه نشانی شده به همراه معکوس را نشان می‌دهد. نمونه، قله مشخصه فاز α را در 18.4° و 26.56° که مربوط به پراش از صفحه (۰۲۰)، (۰۲۱) و قله مشخصه فاز β را در 20.28° که مربوط به پراش از صفحات (۲۰۰) و (۱۱۰) می باشد را نشان می‌دهد که در مقایسه با شدت قله فاز α ، فاز قالب در نظر گرفته می شود. تقارن هگزاگونال ساختار بلوری فاز β باعث می شود حداکثر پراش پرتو از صفحات (۲۰۰) و (۱۱۰) اتفاق بیفتد و تمایز این دو قله از هم دشوار شود.



شکل ۳-: (۳- a) نمودار چگالی توان نمونه‌های لایه نشانی شده با سرعت های ۲۰۰۰ rpm بدون فرآیند معکوس فاز (S1) و با فرآیند معکوس فاز (S2) ، (۳- b) نمودار چگالی جریان و ولتاژ خروجی بر حسب مقاومت اعمالی نمونه بدون فرآیند معکوس فاز (S1) و با فرآیند معکوس فاز (S2) (و (۳- c) نحوه تولید بار پیزوالکتریک در اثر اعمال تنش مکانیکی

با توجه به شکل (۳- a) مقدار چگالی توان تا مقاومت $K\Omega 700$ افزایش پیدا کرده و پس از آن کاهش پیدا می‌کند. بیشترین توان برداشت $\mu W 288$ مربوط به نمونه لایه نشانی شده تحت فرآیند معکوس فاز می‌باشد که $\mu W 103$ نسبت به نمونه بدون فرآیند معکوس فاز، افزایش توان داشته است. در اثر فرآیند معکوس فاز یک ساختار متخلخل پلیمری ایجاد می‌شود که نسبت سطح به حجم بالایی در مقایسه با ساختارهای فشرده دارد. فاز فعال الکتریکی β وابسته به تعداد ممان‌های دوقطبی سطحی است و هرچه تعداد آنها بیشتر و جهت‌گیری ترجیحی آنها در یک راستا و منظم باشد مقدار توان برداشت شده و در نهایت مقدار فاز β بیشتر است. از آنجایی که فیلم پلیمری ساخته شده دی الکتریک می‌باشد خاصیت خازنی این مولد ها باعث می‌شود که توان، مقاومت و جریان رابطه خطی نداشته باشند. در شکل (۳- b) چگالی جریان و ولتاژ تولیدی برای نمونه‌های بدون فرآیند معکوس فاز و با فرآیند معکوس فاز در مقاومت‌های مختلف را نشان می‌دهد که با افزایش مقدار مقاومت اعمالی مقدار چگالی جریان کاهش یافته و به مقدار ثابت $\mu A 1/46$ می‌رسد و مقدار ولتاژ برای نمونه با فاز به مقدار ثابت $18/2$ ولت و برای نمونه بدون فاز به مقدار $15/2$ ولت افزایش پیدا می‌کند. در اینجا به نظر می‌رسد استفاده از لایه نشانی چرخشی همراه با فرایند معکوس فاز منجر به چپ‌نش بهتر زنجیره‌های پلیمری فاز β کنار هم شده و برای همین خروجی ولتاژ بالاتری را می‌توان در مقایسه با کارهای قبلی مشاهده نمود [۱۲]. شکل (۳- e) نحوه تولید بار پیزوالکتریک فیلم پلیمری که تحت آزمون ضربه قرار گرفته را نشان می‌دهد. در اثر اعمال نیرو بارهای مثبت دو قطبی پلیمر به الکتروود دارای بار منفی نزدیک شده و امکان جذب الکترون‌های بیشتر به این الکتروود را فراهم کرده و زمانی که نیروی خارجی برداشته شده و پلیمر به حالت عادی خود بر می‌گردد به دلیل دور شدن سر مثبت دو قطبی‌های الکتریکی از الکترون‌های تجمع شده در الکتروود بالایی، نیروی دافعه بین این الکترون‌ها نسبت به هم باعث حرکت معکوس آنها در مدار می‌شود و جهت جریان معکوس می‌شود.

نتیجه‌گیری

چگالی توان خروجی یکی از عامل‌های اصلی برای بررسی عملکرد فیلم پیزوالکتریک پلیمری ساخته شده است. از این رو یکی از اهداف اصلی این پژوهش افزایش این توان می‌باشد. از آنجایی که بررسی کمی مقدار فاز β تشکیل شده در هر مرحله از ساخت دشوار می‌باشد بررسی کیفی مقدار این فاز از طریق مقدار توان برداشت شده از مولدهای پیزوالکتریک قابل بررسی می‌باشد. به این منظور دستگاه ضربه زننده‌ای که بتوان توسط آن توان الکتریکی خروجی نانو مولد را اندازه‌گیری کرد طراحی و ساخته شد که بر اساس لرزش دیافراگم یک بلندگو کار کرده بسامد حرکت و دامنه نوسان آن قابل کنترل است. با توجه به پیشینه مقادیر توان بدست آمده از آزمون ضربه چگالی توان برای نمونه بدون فرآیند معکوس فاز و با فرآیند معکوس فاز به ترتیب $\mu W 185$ و $\mu W 288$ می‌باشد و در نهایت مقدار ولتاژ مدار باز و جریان مدار بسته به ترتیب $14/1$ و μA ۲۳ بدست آمد. افزایش توان خروجی نان مولد نشانه افزایش شکل‌گیری فاز بتا در نمونه‌ای است که تحت فرایند معکوس فاز قرار گرفته است.

منابع

1. Wang Z. L and Song J. Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays. Science 2006 ;312 :242-6.
2. Lijun L, Wenqing D, Jingquan L, Liu B and Yang B. Flexible PVDF based piezoelectric nanogenerators. Nano Energy 2020 ;78 :105251.
3. Schaëffer, E., Thurn-Albrecht, T., Russell, T. P., & Steiner, U. Electrically induced structure formation and pattern transfer. Nature 2000 ;403 :874-7.
4. Fu, C., Wang, X., Shi, X., & Ran, X. The induction of poly (vinylidene fluoride) electroactive phase by modified anodic aluminum oxide template nanopore surface. RSC advances 2015 ;5 :87429-36.
5. Fortunato, Marco, et al. Phase inversion in PVDF films with enhanced piezoresponse through spin-coating and quenching. Polymers 2019 ;11 :1096.
6. Bhattacharya D. et al. 2D WS 2 embedded PVDF nanocomposites for photosensitive piezoelectric nanogenerators with a colossal energy conversion efficiency of ~ 25.6%. Nanoscale 2021 ;13 :15819-29.

7. Joshi B, et al. Supersonically sprayed PVDF and ZnO flowers with built-in nanocuboids for wearable piezoelectric nano-generators. *Nano Energy* 2023 ;112 :108447.
8. Mahale B, Dhananjay B, and Gangal S. A. Study of β -phase development in spin-coated PVDF thick films. *Bulletin of Materials Science* 2017 ;40 :569-75.
9. Cardoso V. F. and et al. Micro and nanofilms of poly (vinylidene fluoride) with controlled thickness, morphology and electroactive crystalline phase for sensor and actuator applications. *Smart Materials and Structures* 2011 ;20 :087002.
10. Zhang W and et al. The Preparation, Structural Design, and Application of Electroactive Poly (vinylidene fluoride)-Based Materials for Wearable Sensors and Human Energy Harvesters. *Polymers* 2023 ;15 :2766.
11. Liwei Z, Shuangfeng L, Zhiwen Z, Guanchun R, Bin D, Dazhu C, Yan-Fei H and Lei Z, Recent Progress on Structure Manipulation of Poly (vinylidene fluoride)-Based Ferroelectric Polymers for Enhanced Piezoelectricity and Applications. *Advanced Functional Materials* 2023 ;2301302.
12. Soin N, and et al. Exclusive self-aligned β -phase PVDF films with abnormal piezoelectric coefficient prepared via phase inversion. *Chem. Commun.* 2015 ;51 :8257

Measuring the effect of phase inversion process on electrical efficiency of polyvinylidene difluoride piezoelectric film

Mohammad Reza Pirmordian¹, Mohammad Noormohammadi^{2*}

¹Department of physics, University of Kashan, Kashan, Iran

² Department of physics, University of Kashan, Kashan, Iran

mohamadreza.pier@grad.kashanu.ac.ir

noormohammadi@kashanu.ac.ir*

Abstract

This research investigates the change of the output power density, open circuit voltage, and short circuit current density of polyvinylidene fluoride (PVDF) film with phase inversion process. For this purpose, an oscillating device that can control its range of motion and oscillating frequency was built and using it, the power output of a polymer nanogenerator was evaluated. The Polyvinylidene difluoride thin film is coated on the aluminum substrate by the spin-coating method at speed of 2000 rpm under the phase inversion process and without the phase inversion process. the use of the phase inversion method has had a significant effect on the formation of the electrically active β -phase of Polyvinylidene difluoride polymer thin film compared to the samples which were prepared without the phase inversion process. In such a way the value of the power density, open-circuit voltage (V_{oc}), and short-circuit current (I_{sc}) of the spin-coated samples at the speed of 2000 rpm with the phase inversion process has increased by 103 μ W, 6 V and 9 μ A compared to the prepared sample without the phase inversion process. The stretching of the polymer chains by the spin-coating method and placing the polymer thin film in the vicinity of a non-solvent substance have provided more time for the orientation of Polyvinylidene difluoride polar monomers in a preferential direction. This structural order is transferred to the inner planes of the crystal structure and leads to the transition of α phase to β crystal phase.

Keywords: Piezoelectric, Polyvinylidene difluoride, power density, phase inversion, electric β -phase

طراحی و بررسی عملکرد نانومولد تریبوالکتریک مبتنی بر نانوکامپوزیت

PVDF/ Co Nanopowder

قدسیه هاشمی گچی^۱، محمد نورمحمدی^{۲*}

^۱دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

^۲دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: noormohammadi@kashanu.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: sgh.hashemi1399@gmail.com

چکیده فارسی

با ورود تجهیزات الکترونیکی قابل حمل و پوشیدنی به زندگی روزمره‌ی انسان‌ها و همچنین با رشد سریع اینترنت اشیا (IoT) نیاز به منابع انرژی جایگزین و در دسترس به شدت گسترش یافته است. می‌توان با برداشت انرژی مکانیکی از محیط اطراف، انرژی مورد نیاز این سیستم‌ها را تأمین کرد. در سال‌های اخیر نانومولد تریبوالکتریک که برای اولین بار توسط گروه وانگ در سال ۲۰۱۲ ارائه شد، راه‌حل مناسبی برای برداشت انرژی از محیط اطراف می‌باشد. در این تحقیق، طراحی، ساخت و بررسی نانومولد تریبوالکتریک (TENG) مورد بحث قرار گرفته است که در آن از نانوکامپوزیت پلی‌وینیلیدن فلوراید/ نانوپودر کبالت (PVDF/Co Nanopowder) که دارای بار الکتریکی مثبت و پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE) که دارای بار الکتریکی منفی است به عنوان صفحات تریبوالکتریک استفاده شده است. نانوپودرهای کبالت ساخته شده به روش شیمیایی سولوترمال به عنوان ماده تقویت کننده به پلیمرهای PVDF اضافه شده است. دستگاه از دو ماده تریبوالکتریک تشکیل شده است که هر یک از آنها بر روی یک صفحه آلومینیومی قرار می‌گیرند که به عنوان الکترود عمل می‌کند. هنگامی که آنها به صورت مکانیکی با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند، بارهای مثبت و منفی منتقل می‌شوند که منجر به اختلاف پتانسیل می‌شود. در این پژوهش بسامد ۳ هرتز مورد بررسی قرار گرفته است، که میزان جریان الکتریکی (I_{sc})، ولتاژ خروجی (V_{oc}) و بیشترین توان خروجی این سیستم به ترتیب ۷۰۴ mW، ۳۵ A و ۴۲۹۸ mW می‌باشند که توانایی روشن کردن ۸۰ لامپ LED سفید را دارد.

کلید واژه‌ها: نانومولد تریبوالکتریک، پلی‌تترافلوئورواتیلن، انرژی مکانیکی، پلیمر پلی‌وینیلیدن فلوراید، برداشت انرژی

۱. مقدمه

امروزه در دنیا انرژی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است و تأمین انرژی با توجه به مصرف بیش از حد آن فقط با استفاده از سوخت‌های فسیلی امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین تبدیل سایر انرژی‌ها به انرژی الکتریکی برای غلبه بر بحران انرژی پیشنهاد مؤثری می‌باشد [۱]. در زندگی روزمره کنونی استفاده از تجهیزات الکترونیکی در بین جوامع به بخش جدایی‌ناپذیر تبدیل شده است، که برای استفاده از این تجهیزات نیاز به منابع انرژی می‌باشد. با توجه به اینکه چندین دهه از وجود تجهیزات الکترونیکی بی‌سیم و قابل‌حمل می‌گذرد برای این سیستم‌ها نیاز به منابع انرژی جدید که مستقل، کم‌هزینه و بدون تعمیر و نگهداری باشد، ضروری به نظر می‌رسد [۲].

انرژی مکانیکی در محیط اطراف ما به فراوانی وجود دارد و از طرفی به آسانی قابل دسترسی می‌باشد برای همین به‌عنوان منبع انرژی مناسبی برای برداشت به‌شمار می‌آید که این برداشت انرژی می‌تواند توسط نانومولدها انجام شود [۳]. نانومولد تریبوالکتریک که بر اساس ادغام القای الکترواستاتیک و اثر تریبوالکتریک کار می‌کند برای اولین بار توسط وانگ و همکارانش در سال ۲۰۱۲ ارائه شد که فناوری مناسبی برای برداشت انرژی مکانیکی محیطی می‌باشد که می‌تواند حرکات و ارتعاشات را حتی در مقیاس کم به انرژی الکتریکی تبدیل کند [۴]. در زندگی روزمره ما پدیده تریبوالکتریک فراوان است، در پدیده تریبوالکتریک وقتی دو ماده در تماس یکدیگر قرار گیرند بار الکتریکی تولید می‌شود، زمانی که دو تا سطح از یکدیگر جدا شوند اختلاف پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌شود که برای متعادل کردن این اختلاف پتانسیل، الکترون‌های موجود در یک الکتروود با القای الکترواستاتیک از طریق بار خارجی به الکتروود دیگر منتقل می‌شوند [۵، ۶].

در این پژوهش از دو ماده پلی‌وینیلیدن‌فلوراید و پلی‌تترافلوئورواتیلن که در سری تریبوالکتریک به‌عنوان الکترون‌دهنده و الکترون‌گیرنده قرار دارند، استفاده شده است. با اضافه کردن نانوپودر کبالت به پلیمر پلی‌وینیلیدن‌فلوراید کارایی آن بهبود یافته است. فیلم نانو کامپوزیت بدست‌آمده و فیلم پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE) روی بسترهای آلومینیومی قرار گرفتند که به‌عنوان دو الکتروود در نظر گرفته شده‌اند و از آن برای بررسی ولتاژ و جریان خروجی در بسامد ۳ هرتز استفاده شده است. برای بررسی عملکرد سیستم، توان خروجی در مقاومت‌های مختلف و همچنین توانایی روشن کردن لامپ هم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲. روش ساخت فیلم PVDF/Co Nanopowder

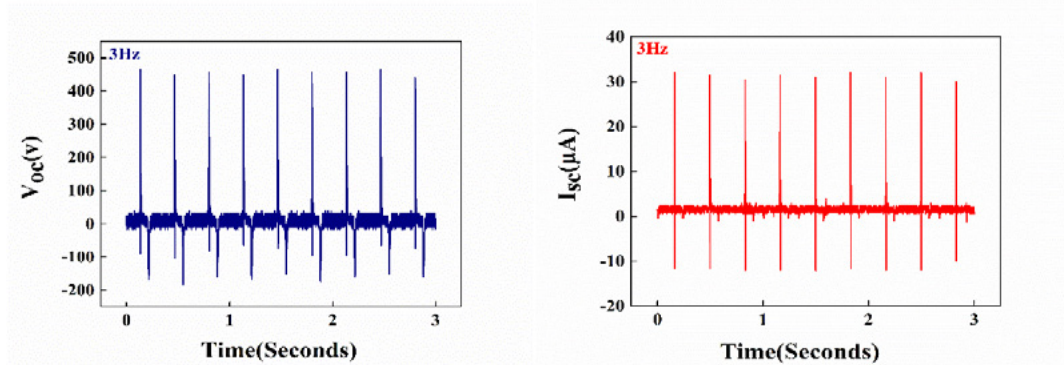
برای ساخت این فیلم از محلول ۱۲ درصد وزنی پلیمر PVDF در دی‌متیل‌فرم‌آمید (DMF) استفاده شده است به این صورت که ۴٪ گرم پلیمر PVDF در دی‌متیل‌فرم‌آمید (DMF) حل کرده و آن را به محلول نانوپودر کبالت در DMF اضافه می‌کنیم و آنها را کاملاً با یکدیگر حل می‌کنیم و محلول حاصل را به صورت قطره‌ای روی بستر آلومینیومی ریخته تا بعد از خشک شدن فیلم مورد نظر تشکیل شود، که از این فیلم به‌عنوان الکتروود مثبت در نانومولد تریبوالکتریک (TENG) استفاده می‌کنیم. برای طراحی سیستم TENG برای الکتروود مقابل از فیلم PTFE بر روی بستر آلومینیومی به‌عنوان الکتروود منفی استفاده می‌شود. هر دو الکتروود برای ثبت ولتاژ و جریان به اسیلوسکوپ متصل می‌شوند، که طرح‌واره مربوط به این نانومولد در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ - طرح‌واره سیستم تریبوالکتریک

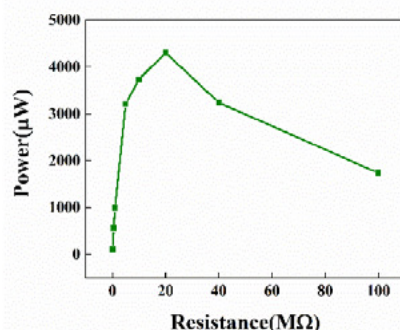
۳. نتایج و بحث

این نانومولد تریبوالکتریک براساس مد کاری تماس- جدایی عمودی طراحی شده است که در آن دو الکتروود در قسمت بالا و پایین سطوح ساختار با قطبیت الکتریکی مخالف (مثبت و منفی) قرار دارند. نیروی مکانیکی خارجی باعث تماس فیزیکی بین سطوح می‌شود، که موجب تغییر توزیع بار الکتریکی زوی آن‌ها می‌گردد. بر اثر القای الکترواستاتیک سطح نانوکامپوزیت به‌عنوان الکترون دهنده عمل می‌کند و بار تریبوالکتریکی مثبت می‌گیرد و در مقابل، سطح PTFE به عنوان الکترون گیرنده، بار تریبوالکتریکی منفی می‌گیرد، صفحه با بار سطحی منفی (PTFE) الکترون‌های الکتروود بستر آلومینیمی سطح نانوکامپوزیت را دفع کرده و همچنین بارهای سطحی مثبت روی سطح نانوکامپوزیت الکترون‌های الکتروود آلومینیومی سطح (PTFE) را جذب می‌کند که این منجر به اختلاف پتانسیل بین دو الکتروود می‌شود و جریان در مدار خارجی ایجاد می‌شود.

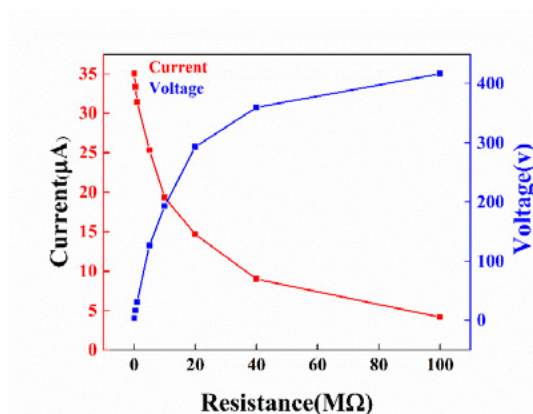


شکل ۲- نمودار جریان الکتریکی- زمان و ولتاژ- زمان در بسامد ۳ هرتز

با فاصله گرفتن سطوح از هم اختلاف پتانسیل ایجاد شده کاهش می‌یابد و زمانی که فاصله بین سطوح زیاد شود یا نیرو حذف گردد، اختلاف پتانسیل به صفر می‌رسد، این چرخه با تماس و جدایی سطوح تکرار می‌شود. دو الکتروود به دستگاه اسیلوسکوپ متصل هستند که ولتاژ و جریان خروجی را ثبت می‌کند. برای بسامد ۳ هرتز ولتاژ مدار باز (V_{oc})، ۵۰۴۷ و جریان اتصال کوتاه (I_{sc})، ۳۵ μA ثبت شده است که در شکل ۲ نشان داده شده است. برای بررسی توان خروجی سیستم، مقاومت‌های خارجی مختلفی به نمونه متصل شدند و همان‌طور که نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد بیشینه توان خروجی معادل ۴۲۹۸ μW می‌باشد که در مقاومت خارجی ۲۰ $M\Omega$ رخ داده است. همچنین با توجه به نمودار تغییرات ولتاژ و جریان الکتریکی در شکل ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش مقاومت، ولتاژ روندی صعودی دارد ولی جریان الکتریکی روند کاهشی به خود گرفته است. بعد از یک‌سوسازی جریان توسط پل دیودی، نانومولد قادر به روشن کردن ۸۰ عدد LED سفید است که به‌طور سری به هم متصل شده‌اند.



شکل ۳- نمودار توان بر حسب مقاومت در بسامد ۳ هرتز



شکل ۴- تغییرات ولتاژ و جریان برحسب مقاومت در بسامد ۳ هرتز



شکل ۵- تصویری از LED های روشن شده در بسامد ۳ هرتز

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به مسائلی مانند بحران انرژی، جایگزینی سوخت‌های فسیلی و تغییرات آب و هوایی به صنایع و فناوری‌های نوظهور مانند فناوری نانومولد برای برداشت و ذخیره‌سازی انرژی محیطی و به‌کار گرفتن آن در مقیاس کوچک نیازمندیم. پژوهش حاضر به ساخت و بررسی عملکرد نانومولد تریبوالکتریک (TENG) مبتنی بر نانوکامپوزیت PVDF/ CO Nanopowder در بسامد ۳ هرتز پرداخته است.

این پژوهش نشان می‌دهد با روش ساخت آسان و هزینه کم می‌توان ولتاژ و جریان الکتریکی قابل‌توجهی به‌دست آورد. برای این نانومولد ولتاژ و جریان ثبت شده در فرکانس ۳ هرتز به ترتیب ۵۰۴ V و ۳۵ μA می‌باشد. همچنین بیشترین توان خروجی ثبت شده با توجه به مقاومت‌های مختلفی که به نانومولد متصل شده است در مقاومت ۲۰ MΩ و معادل ۴۲۹۸ Wμ می‌باشد.

منابع

1. Pan S, Zhang Z. Triboelectric effect: A new perspective on electron transfer process. Journal of Applied Physics 2017 October; 122(14): 144302.
2. Fan F R, Tian Z Q, Wang Z L. Flexible triboelectric generator. Nano energy 2012 January; 1(2): 328-334.
3. Wang Z L, Wang A C. On the origin of contact-electrification. Materials Today 2019 November; 30: 34-51.
4. Zhang H, et al. Theories for triboelectric nanogenerators: A comprehensive review. Nanotechnology Reviews 2020 July; 9(1): 610-625.
5. Zhao Z, et al. Selection rules of triboelectric materials for direct-current triboelectric nanogenerator. Nature communications, 2021 August; 12(1): 4686.
6. Zou H, et al. Quantifying and understanding the triboelectric series of inorganic non-metallic materials. Nature communications, 2020 April; 11(1): 2093.

Design and performance evaluation of triboelectric nanogenerator based on PTFE and PVDF nanocomposite

Ghodsiyeh Hashemi Gachbi¹, Mohammad Noormohammadi^{2*}

¹University of kashan, Kashan, Iran

² University of kashan, Kashan, Iran

*Corresponding Author's E-mail: noormohammadi@kashanu.ac.ir

Presenter's E-mail: sgh.hashemi1399@gmail.com

Abstract

With the rapid growth of the IoT, the need for low-volume and accessible energy sources has greatly expanded. Triboelectric nanogenerator provides energy for systems by harvesting mechanical energy from the environment. In this research, the design, fabrication, and investigation of TENGs have been discussed, in which PVDF/Co Nanopowder, which has a positive electric charge, and PTFE, which has a negative electric charge, have been discussed. It has been used as triboelectric plates. The device consists of two triboelectric materials, each of which is placed on an aluminum plate that acts as an electrode. When they mechanically contact each other, positive and negative charges are transferred, resulting in a potential difference. In this research, the frequency of 3 Hz has been investigated, and the amount of electric current (Isc), output voltage, and maximum output power of this system are 504V, 35μA, and 4298 μW.

Keywords: Triboelectric nanogenerator, polytetrafluoroethylene, mechanical energy, polyvinylidene fluoride polymer, energy harvesting

استفاده از روش سارسا در حل مسئله کنترل ترافیک دو تقاطع

امیر نصیری^۱

دانشجوی دکتری برق کنترل دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

Nasiri_amir1986@yahoo.com

چکیده

یک شبکه ترافیکی کارآمد میتواند مزایای بسیاری از جمله ترافیک روانتر و آلودگی کمتر محیط زیست را به ارمغان آورد. یکی از روشهای حل مسأله ترافیک، کنترل زمان چراغ راهنمایی تقاطع‌ها است. در این پایان نامه زمان‌های پیشنهادی برای مدت زمان سبز بر اساس روش سارسا در نظر گرفته شده است. تعداد خودروها در هر خیابان به عنوان حالت، مجموع طول صف‌ها به عنوان پاداش و اعمال پیشنهادی ضرابی از زمانهای سبز روش وبستر هستند. سیگنال کنترلی تولید شده، مدت زمان سبز چراغ در هر خیابان در طول یک چرخه است. در این پایان نامه تاثیر چهارراه خیام بر سه راه خیام بررسی شده و ترافیک مسیر منتهی از چهارراه بر سه راه با استفاده از حل معادلات شبیه سازی شده است. نتایج بدست آمده بیان گر این است که روش پیشنهادی نسبت به روش وبستر و یا روشهای زمان ثابت، با معیار طول صف تشکیل شده پشت چراغ، عملکردی مشابه و یا بهتر داشته است.

کلمات کلیدی: ترافیک، تقاطع، کنترل سیگنال ترافیک، فاز ترافیکی

1. مقدمه

در این مقاله ابتدا به بیان کلیات و مسئله کنترل سیگنال ترافیک پرداخته میشود. راهکارهایی که میتواند برای بهبود وضعیت ترافیک شهری مورد استفاده قرار گیرد، به صورت کلی بررسی شده و روش پیشنهادی معرفی خواهد شد.

2. روش تحقیق

روشهای مختلفی برای طراحی و اعمال مدیریت و کنترل ترافیک در شهرها وجود دارد. روشهای کنترل ترافیک عمدتاً به دو روش حلقه باز و حلقه بسته تقسیم می شوند. در روش حلقه باز، اطلاعات تقاطع‌ها در چند دوره ثبت می شود، سپس با توجه به اطلاعات بدست آمده برای کنترل ترافیک برنامه ریزی صورت می گیرد. در کنترل ترافیک حلقه باز زمان بندی چراغ راهنمایی می تواند ثابت و یا حتی متغیر باشد. در زمانبندی ثابت بدون توجه به بار ترافیکی یک برنامه زمانی ثابت برای تنظیم چراغ راهنمایی اعمال می شود. در زمانبندی متغیر، تغییر به مفهوم استفاده از سنسورها و یا بازخورد گیری از آنها نیست بلکه با استفاده از یک سابقه ترافیکی، زمانبندی مشخصی را برای ساعات مختلف شبانه روز تنظیم می کنند. تغییرات ترافیکی احتمالی، زمانبندی را عوض نخواهد کرد. عیب این روش این است که نسبت به تغییرات احتمالی حساس نبوده و قابلیت تطبیق با شرایط را ندارد. این روش اولین بار در سال ۱۹۶۰ برای کنترل سیگنال های چراغ راهنمایی در یک تقاطع ساده به کار رفت، اما استفاده از آن به دلیل عدم توجه به تغییرات در حجم تردد نتایج مناسبی در پی نداشت.

در کنترل ترافیک حلقه بسته، از سنسورهایی برای اندازه گیری حجم ترافیکی پشت چراغ استفاده می شود و زمان بندی تقاطع‌ها با توجه به بار ترافیکی آنها تعیین می شوند. همچنین تغییرات احتمالی از جمله تصادفات و شرایط آب و هوایی

که باعث تغییر در حجم ترافیکی شوند در زمانبندی چراغ راهنمایی تاثیر دارند. در این روش سیستم های کنترل ترافیک، بر اساس الگوریتم های متنوعی طراحی می شوند تا پاسخگوی تقاضا و حجم متغیر ترافیکی در لحظات مختلف شبانه روز باشند.

۳. سیستم های کنترل ترافیک حلقه باز

سیستم های کنترل ترافیک حلقه باز به صورت آفلاین عمل می کنند. به این صورت که اطلاعات تقاطع ها در چند دوره ثبت می شوند. سپس با توجه به اطلاعات بدست آمده برای کنترل ترافیک برنامه ریزی صورت می گیرد. در واقع این سیستم ها بر اساس اطلاعات قبلی عمل می کنند و قادر به واکنش در برابر اتفاقات جدید نیستند و شرایط غیر منتظره در ترافیک را نمی توانند مدیریت کنند.

۳.۱ روش زمانبندی ثابت اکسیلیک

در آیین نامه استرالیا رابطه ای که برای تعیین طول چرخه بهینه استفاده شده است بصورت زیر می باشد:

$$c0 = \frac{[(1.4+k)*l+6]}{(1-\gamma)} \quad (1)$$

که در آن l کل زمان تلف شده برای تقاطع، γ نسبت جریان تقاطع و k عددی بین -0.3 تا $+0.4$ می باشد. انتخاب k با توجه به استراتژی های مختلف برای پیدا کردن طول چرخه بهینه از جدول زیر انتخاب می شود.

K	هدف
0.4	حداقل مصرف سوخت
0.2	حداقل هزینه شامل زمان
0	حداقل تاخیر
-0.3	حداقل طول صف

جدول ۲۱ مقادیر پیشنهادی برای k

۴/۱ روش HCM85

در این روش طول چرخه بهینه بر اساس رابطه زیر تعیین می شود:

$$C = \frac{L * Xc}{Xc - \gamma} \quad (2)$$

که در آن Xc درجه اشباع بحرانی تقاطع و عددی بین 0 و 1 است. L زمان تاخیر و γ نسبت جریان تقاطع نام دارد. پس از آنکه طول چرخه محاسبه شد، زمان سبز موثر بین فازها، توزیع می شود.

1.2 روش وبستر

در یک سیستم کنترل زمان بندی شده توسط وبستر، زمان بندی سبز بودن چراغهای یک تقاطع براساس تاریخچه دادههای جمعآوری شده، محاسبه میشود. این فرمول به صورت رابطه ریاضی ارائه شده است. در روش مذکور، در صورتی که تراکم وسیله نقلیه مربوط به یکی از مسیرها بیشتر باشد، این مسیر مدت بیشتری فرمان سبز دریافت میکند. باید در نظر داشت که وضعیت تقاطع در هر لحظه به وضعیت لحظه قبل، تعداد وسائل نقلیه وارد شده به تقاطع و تعداد وسائل نقلیهایی که از تقاطع خارج شده اند، بستگی دارد.

برای توضیح بیشتر ذکر چند نکته در این قسمت ضروری است :

مدت زمان چرخه یک چراغ راهنمایی برابر است با فاصله زمانی از ابتدای زمان سبز یک فاز تا شروع مجدد زمان سبز همان فاز. مدت زمان چرخه بستگی به وضعیت فیزیکی و ترافیک تقاطع دارد. زمان سبز فاز مسیری از تقاطع که تردد وسایل نقلیه از آن زیادترو بار ترافیک در آن بیشتر باشد، طولانی تر در نظر گرفته می شود.

با پیشنهاد وبستر (روش حداقل تاخیر موسسه تحقیقات جاده) ، مناسب ترین زمان چرخه اینگونه محاسبه می شود:

$$T = \frac{1.5L+5}{1-Y} \quad (۳)$$

که در آن متغیرها بصورت زیر تعریف می شوند:

T: بهترین زمان چرخه (پیشنهادی وبستر)(ثانیه)

L: مجموع زمان های تلف شده در یک چرخه (ثانیه)

Y: مجموع بزرگترین سنگینی ترافیک مسیرهایی که از یک فاز استفاده می کنند.

لازم به توضیح است که منظور از سنگینی ترافیک، نسبت تردد عادی (q) به تردد اشباع (s) است که بصورت زیر بدست می آید:

$$y = \frac{q}{s} (\text{pcu/hr}) \quad (۴)$$

بعد از محاسبه بهترین زمان چرخه، با کسر زمان های تلف شده از آن، مجموع زمانهای سبز موثر را خواهیم داشت:

$$Tc = T - L \quad (۵)$$

که در آن T_c مجموع زمانهای سبز موثر خواهد بود. همچنین برای بدست آوردن زمان سبز موثر در هر فاز ، لازم است T_c را بین فازها به نسبت سنگینی ترافیک هر فاز تقسیم کنیم . به عنوان مثال برای یک تقاطع دو فاز داریم:

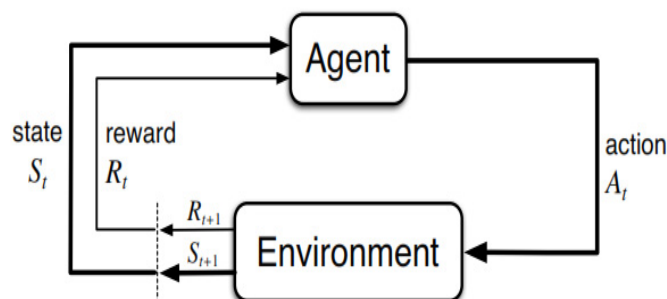
$$T_{ns} = T_c \frac{\max(y_1, y_3)}{\max(y_1, y_3) + \max(y_2, y_4)} \quad (۶)$$

$$T_{ew} = T_c \frac{\max(y_2, y_4)}{\max(y_1, y_3) + \max(y_2, y_4)} \quad (۷)$$

که در آن T_{ns} زمان سبز موثر برای فاز ۱ (یعنی مسیرهای ۱ و ۳) و T_{ew} زمان سبز موثر برای فاز ۲ (یعنی مسیرهای ۲ و ۴) خواهد بود.

۵. سیستم های کنترل ترافیک حلقه بسته

در سیستم کنترل ترافیک حلقه بسته، خروجی الگوریتم (که معمولاً زمان سبز و یا توالی فازها است) بطور مداوم مورد



شکل ۱ نحوه تعامل محیط و عامل

بازخورد قرار می‌گیرد و با توجه به شرایط جدید دستخوش تغییرات می‌شود. در ادامه دو نمونه اولیه آن معرفی می‌شوند و سپس تکنیک‌های هوشمند مرور خواهند شد.

۵.۱ سیستم‌های SCATS

این سیستم متشکل از کامپیوتر ناظر در مرکز کنترل ترافیک اصلی، کنترل‌گرهای منطقه ای و کنترل‌گرهای محلی سیگنال می‌باشد.

کامپیوتر ناظر مرکزی به کامپیوتر منطقه اجازه دسترسی به داده‌های ترافیک و نظارتی را می‌دهد. کامپیوتر ناظر کارهای زیر را بدون دخالت در کنترل ترافیک انجام می‌دهد:

بررسی وضعیت ترافیک و وسایل به منظور تصحیح خطا

گزارش داده‌های خاص ترافیک را برای ثبت کوتاه مدت یا بلند مدت پشتیبان‌گیری از کنترل‌گر منطقه ای به مرکز کنترل ترافیک اجازه می‌دهد که بر سیستم‌ها، زیر سیستم‌ها و یا تقاطع‌ها نظارت کند و پارامترهای کنترلی را تغییر دهد.

هر کنترل‌گر منطقه ای به صورت خود مختار تقاطع‌های منطقه خود را کنترل می‌کند. این کنترل‌گرها قلب SCATS هستند و معمولاً به منظور کاهش هزینه اتصالات در مرکز ترافیک منطقه تحت کنترل قرار می‌گیرند. آنها با تحلیل اطلاعات که توسط ریز پردازنده تقاطع‌ها پردازش شده‌اند، تصمیمات مربوط به سیگنال‌ها را اتخاذ می‌کنند. از مهم‌ترین قابلیت‌های این سیستم می‌توان به مواردی همچون کنترل تطبیقی و هوشمند، ایجاد هماهنگی بین چراغ‌های راهنمایی، امکان آمارگیری و گزارش‌گیری اشاره کرد. سیستم متشکل از کامپیوتر ناظر در مرکز کنترل ترافیک اصلی، کنترل‌گرهای منطقه ای و کنترل‌گرهای محلی سیگنال می‌باشد.

۵.۲ سیستم‌های SCOOT

این سیستم، بصورت متمرکز عمل کرده و بهینه‌سازی را در سه حالت انجام می‌دهد:

۱- قطاع (در این حالت زمان سبز ماندن چراغ هر خیابان را مشخص می‌کند)

۲- افست (در این حالت فاصله زمانی بین دو تقاطع تعیین می‌شود)

۳- چرخه (در این حالت ترتیب اجازه عبور از خیابان‌ها تعیین می‌شود)

۶. یادگیری تقویتی

اکثر سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک موجود نیاز به مدلی از پیش تعریف شده از جریان ترافیک برای داشتن یک پیش‌بینی کوتاه مدت از وضعیت ترافیک آینده دارند. در یادگیری تقویتی، هیچ مدل مشخصی از محیط مورد نیاز نیست و رابطه بین عامل

و محیط توسط تعامل با محیط یاد گرفته می‌شود. در این روش عامل به صورت پویا با تعامل کردن با محیط خود برای رسیدن به هدف تلاش می‌کند. عامل فعالیت‌های متفاوتی را در شرایط مختلف با توجه به هدف امتحان می‌کند و بهترین عمل را با توجه به پاداش دریافتی انتخاب می‌کند. عملی که عامل انتخاب می‌کند نه تنها بر پاداش لحظه‌ای

اثر می‌گذارد، بلکه حالت‌های بعدی و پاداش‌های بعدی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

7. تشریح روش پیشنهادی

اولین گام در حل مسئله یادگیری تقویتی یعنی تعریف و تعیین وضعیت، عمل و پاداش است که مورد بررسی قرار می‌گیرد.

7.1 توصیف وضعیت

وضعیت مشخص‌کننده فاکتورهای تصمیم‌گیری عامل است. در واقع مجموعه اطلاعاتی که دانستن آنها ما را در انتخاب تصمیم بهینه کمک می‌کند وضعیت نام دارد.

در حل مسئله کنترل سیگنال ترافیک، وضعیت می‌تواند یکی از موارد زیر تعریف شود.

تعداد خودروهای موجود در هر مسیر، زمان قرمز بودن چراغ، بازه زمانی بین فازهای ترافیکی در این پژوهش، ساعات مختلف شبانه روز که به ازای آنها تعداد خودروهای عبوری از تقاطع مشخص می‌شوند، به عنوان state تعریف شده است. با این شرایط ما در شبیه‌سازی ۲۴ حالت خواهیم داشت.

7.2 توصیف پاداش

پاداش مشخص‌کننده این است که عمل انتخاب شده و به دنبال آن وضعیت جاری تا چه حد به هدف نزدیک است که در آن مجموعه‌ای از پاداش‌های ممکن است. مقدار پاداش می‌تواند ثابت یا متغیر، مثبت یا منفی باشد. برای پاداش می‌توان موارد زیر را متصور شد.

7.3 توصیف عمل

عمل، مشخص‌کننده تصمیم و اقدام عامل است. دو صورت کلی برای تعریف عمل در حل مسئله کنترل ترافیک وجود دارد که عبارتند از:

نوع فاز ترافیکی (مشخص‌کننده ترکیب سیگنال‌های سبز و مسیرهای فاقد تداخل است).

بازه‌های زمانی اختصاص داده شده به فازهای ترافیک

در این پژوهش، بازه‌های زمانی اختصاص داده شده به فازهای ترافیکی، به عنوان عمل تعریف شده است.

همچنین در این مقاله، زمانهایی بجز آنچه فرمول وبستر برای کنترل سیگنال ترافیک پیشنهاد می‌دهد، به عنوان عمل برای عامل تعریف شده و در یک فرآیند یادگیری به عامل اجازه دهیم امکان انتخاب آنها را نیز داشته باشد.

تعداد این اعمال (زمانهای پیشنهادی) ۵ عدد بوده و به اینصورت تعریف میشوند:

$$action\ 1 = 0.9 * greencycle(webster) \quad (8)$$

$$action\ 2 = 0.95 * greencycle(webster) \quad (9)$$

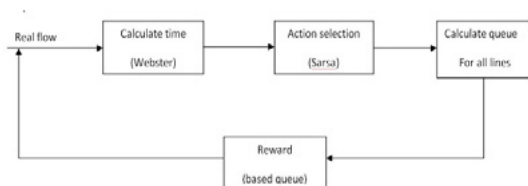
$$action\ 3 = greencycle(webster) \quad (10) \quad (10)$$

$$action\ 4 = 1.05 * greencycle(webster) \quad (11) \quad (11)$$

$$action\ 5 = 1.1 * greencycle(webster)(12) \quad (12)$$

شایان ذکر است که منظور از greencycle(Webster) همان زمان سبز پیشنهادی فرمول وبستر است. برای مثال چنانچه برای عدد ۱۰۰ بدست آید، عامل اجازه خواهد داشت اعداد ۹۰ و ۹۵ و ۱۰۰ و ۱۰۵ و ۱۰۰ ثانیه را انتخاب کند.

روش سارسا پیشنهاد شده برای حل مسئله، دارای هدف کاهش طول صف خودروها، در دو تقاطع مرتبط مذکور است. بنابراین کنترل تقاطعها با یادگیری تقویتی محقق می شود. کنترل با استفاده از روش سارسا در جهت دستیابی به وضعیت بهینه تلاش خواهد نمود.



طرح کلی ایده پیشنهادی در شکل زیر مشاهده میشود.

شکل ۱ طرح کلی ایده پیشنهادی

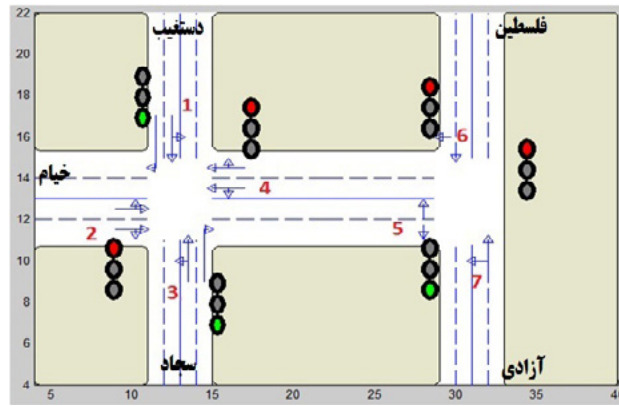
در این مقاله که از روش اپسیلن حریصانه^۱ برای انتخاب عمل استفاده می شود ، پارامتر ϵ از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\epsilon_t = \max\{0.001, 1 - (\epsilon_0)(1 + \frac{8t}{\max_t})\} \epsilon \quad (13)$$

که در آن $\max_t$ تعداد کل اپیزودها^۲ و پارامتر نیز برای مقدار دهی اولیه پارامتر جستجو مورد استفاده قرار می گیرد. انتخاب مقدار مناسب برای انجام جستجو در طول آزمایش بسیار مهم است. با انتخاب همگرایی الگوریتم تضمین می شود سیکل های در نظر گرفته شده در روش پیشنهادی بصورت یک ساعتی (ثابت) بوده و اکشن های انتخابی در ابتدای هر سیکل تغییر خواهند کرد و در طول سیکل اجازه تغییر ندارند.

8. تقاطع دوم

برای شبیه سازی فرض میشود، دو تقاطع مرتبط شامل یک سه راه و یک چهارراه هستند که مطابق شکل زیر به هم مرتبط اند. مسیرها به ترتیب با شمارههای ۱ الی ۷ مشخص شده اند.



شکل ۲ دو تقاطع مرتبط شامل یک سه راه و یک چهار راه

عمل‌ها و پاداش در تقاطع دوم نیز مانند تقاطع اول تعریف می‌شوند. پس ۵ عمل قابل انتخاب داریم و پاداش نیز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R = -q_5 - q_6 - q_7 \quad (14) \quad (14)$$

وضعیت‌ها نیز به تعداد ۲۴ عدد و برای طول شبانه روز با توجه به اطلاعات ترافیکی و تعداد خودروهای عبوری از تقاطع تعریف می‌شوند.

ترافیک مسیر شماره ۵ تا حد زیادی وابسته به مسیرهای ۱ تا ۳ خواهد بود. این ارتباط با حل معادلات شامل داده‌های واقعی بدست آمده است:

$$\text{flow}(5) = X(1) * \text{flow}(1) + X(2) * \text{flow}(2) + X(3) * \text{flow}(3) \quad (15)$$

معلومات، اطلاعات ترافیکی به ازای ۲۴ ساعت شبانه روز و مجهولات $X(1)$ و $X(2)$ و $X(3)$ هستند بنابراین ۲۴ معادله و ۳ مجهول داریم:

معادلات بصورت ماتریسی به شکل زیر خواهند بود

$$[\text{flow}(1, 2, 3)][X] = [\text{flow}(5)] \quad (16) \quad (16)$$

$$[\text{flow}(1, 2, 3)]^t [\text{flow}(1, 2, 3)][X] = [\text{flow}(1, 2, 3)]^t [\text{flow}(5)] \quad (17)$$

$$[X] = \text{inv}[[\text{flow}(1, 2, 3)]^t [\text{flow}(1, 2, 3)]] [\text{flow}(1, 2, 3)]^t [\text{flow}(5)] \quad (18)$$

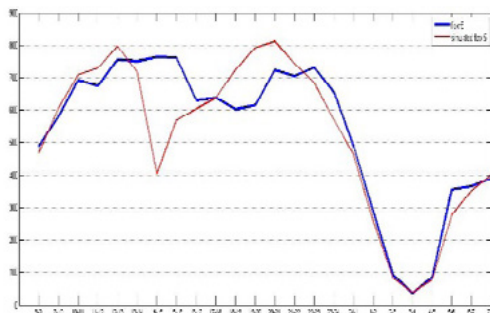
این معادلات با روش حداقل مربعات تحلیل شده و نتایج حل این معادلات به صورت زیر است:

X_1 : درصد خودروهایی که از مسیر شماره ۱ به مسیر ۵ می‌پیوندند برابر است با: ۱۷/۵۸٪

X_2 : درصد خودروهایی که از مسیر شماره ۲ به مسیر ۵ می‌پیوندند برابر است با: ۵۵/۷۱٪

X_3 : درصد خودروهایی که از مسیر شماره ۳ به مسیر ۵ می‌پیوندند برابر است با: ۱۱/۲۴٪

در شکل زیر مقایسه جریان خودرو عبوری از مسیر ۵ با جریان شبیه سازی شده از طریق حل معادلات ماتریسی صورت گرفته است.



شکل ۴. شبیه سازی ترافیک مسیر ۵ با استفاده از داده های مسیر ۱ تا ۳

در شکل بالا منحنی تیره رنگ ترافیک واقعی مسیر شماره ۵ بوده و منحنی خاکستری ترافیک شبیه سازی شده آن، که از حل معادلات ماتریسی بدست آمده است، می باشد.

همانگونه که تبیین شد ترافیک مسیر شماره ۲ بیشترین تاثیر را برروی ترافیک مسیر شماره ۵ داشته و کنترل مناسب آن میتواند به کاهش حجم ترافیک مسیر شماره ۵ بیانجامد.

در فصل بعد، سناریو های مختلف برای این دو تقاطع طراحی شده و نتایج شبیه سازی آن بیان خواهد شد.

طول صف بر اساس رابطه زیر تعریف می شود:

$$q_{i(t+1)} = A_{i(t+1)} + (\text{redTime}_i * \text{flow}_i) \quad (19)$$

در این رابطه طول صف مسیر آم در پشت چراغ قرمز، تعداد ماشین باقیمانده بعد از اتمام زمان سبز در مسیر آم، مدت زمان قرمز بودن چراغ راهنمایی در مسیر شماره i و دبی ورودی خودروها در مسیر آم هستند.

همچنین تعداد خودروهای باقیمانده بعد از اتمام چراغ سبز به اینصورت محاسبه می شوند:

$$A_{i(t+1)} = q_{i(t)} + \text{greenTime}_i * (\text{flow}_i - S_i) \quad (20)$$

در این رابطه، مدت زمان سبز بودن مسیر آم، دبی ورودی خودروها در مسیر آم و S حداکثر ظرفیت تعداد خودروی عبوری (اشباع) برای مسیر i است.

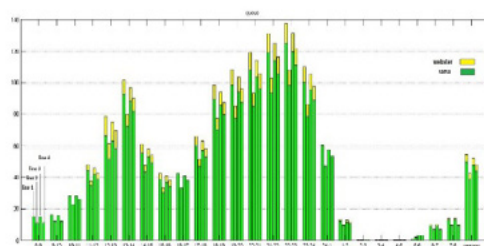
طول صف ترافیکی (در لحظه چراغ قرمز) برابر است با مجموع تعداد وسایل نقلیه باقیمانده در پایان زمان سبز و اتومبیل‌های ورودی به تقاطع در مدت زمانی که چراغ قرمز بوده است.

همچنین تعداد خودروهای باقیمانده بعد از اتمام زمان چراغ سبز برابر است با مجموع طول صف ایجاد شده در مدت زمان چراغ قرمز و دبی ورودی در مدت زمانی که چراغ راهنمایی سبز است، منهای تعداد خودروهای خارج شده از تقاطع که با ظرفیت حداکثر در مدت زمان سبز از تقاطع خارج می شوند.

۹. تحلیل نتایج

مسئله را با داده های واقعی، یک بار با روش وبستر و بار دیگر با روش پیشنهادی سارسا تحلیل میکنیم. طول صف

مسیر های ۱ تا ۴ به صورت زیر خواهد بود:



شکل ۴ طول صف مسیر ۱ تا ۴

لازم به توضیح است که در این نمودار رنگ تیره نتایج شبیه سازی روش سارسا و رنگ روشن تر نتایج شبیه سازی وبستر است. محور افقی بر حسب زمان (ساعات شبانه روز با تفکیک یک ساعتی) و محور عمودی تعداد خودرو می باشد.

همانطور که ملاحظه می شود در تمام حالت ها طول صفی که حاصل از فرمان روش پیشنهادی سارسا می باشد، کمتر از طول صف وبستر است. به عبارتی بطور متوسط طول صف ایجاد شده در روش سارسا تا ۹٪ کمتر از طول صفی است که در روش وبستر تولید می شود.

جدول انتخاب اعمال سارسا به صورت زیر خواهد بود:

جدول ۲- درصد انتخاب عمل های مختلف

Action 1	12.5 %
Action 2	25%
Action 3 = webster	25%
Action 4	4.1%
Action 5	33.3%

تحلیل این جدول نشان می دهد در برخی حالات، نیاز به زمان کمتری از آنچه وبستر پیشنهاد می دهد، برای عبور وسایل نقلیه نیاز است. همینطور در برخی ساعات شبانه روز لازم است زمانی بیشتر برای تخلیه تقاطع و ایجاد طول صف کمتر هزینه شود. در ۲۵ درصد حالات همان زمانی که وبستر برای کنترل تقاطع پیشنهاد می دهد مناسب تشخیص داده شده و در ۷۵ درصد حالات زمانهایی کمتر و یا بیشتر برای تخلیه تقاطع نیاز بوده است. جزئیات بیشتر در جدول ۴-۱ نشان داده شده است.

۱۰. نتیجه گیری

با طراحی سناریوهای مختلف، برتری روش پیشنهادی نسبت به روش وبستر بیان شد. برای هر سناریو معرفی شده نمودار مربوط به طول صف و جدول انتخاب اعمال بیان شد. نهایتاً نحوه همگرایی اعمال در وضعیت های مختلف ترسیم و تحلیل گردید.

۱۱. مراجع

[1] S. Araghi, A. khosravi and D. Creighton, "A review on computational intelligence methods for controlling traffic signal timing," no. 42, pp. 1538-1550, 2015.

[۲] مهدی تاتار، "کنترل هوشمند ترافیک بر مبنای مدل ماکروسکوپی با منطق فازی و یادگیری تقویتی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، بهمن ۱۳۹۵.

[۳] E. Azimirad, N. Pariz, and M. B. N. Sistani, "A novel fuzzy model and control of single intersection at urban traffic network," IEEE Systems Journal, vol. 4, pp. 107-111, 2010

[4] M. Zhang and Y. Lu, "Adaptive Network Traffic Prediction Algorithm based on BP Neural Network," International Journal of Future Generation Communication and Networking, vol. 8, pp. 195-206, 2015.

[5] f. daneshfar, J. RavanJamJah, F. Mansoori, H. Bevrani and B. Zahir Azami, "Adaptive Fuzzy Urban Traffic Flow Control Using a Cooperative Multi-Agent System based on Two Stage Fuzzy Clustering," in IEEE, Barcelona, 2009.

Abstract

An efficient traffic network can bring many benefits, including smoother traffic and less environmental pollution. One way of solving the traffic problem is to control the traffic lights at intersections. In this thesis, the proposed times for the green period are based on the Sarsa method. The number of cars in each street as a state, the sum of the lengths of the queues as bonuses, and the proposed actions are coefficients of Webster's Green Times. The control signal generated is the duration of the green light on each street during a cycle. In this thesis, the impact of Khayyam crossroads on Khayyam three roads is investigated and the traffic leading to the crossroads on three roads is simulated using equations. The results indicate that the proposed method performs similar or better than Webster's or fixed-time methods, with the criterion of queue length formed behind the lights.

استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی در جهت تولید بیوپار برای حذف آلودگی رنگی از آب

معصومه کارآمد^۱، فاطمه بشی پور^{۲*}

^۱دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۲دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

f.bashipour@razi.ac.ir*

masoumekaramad@gmail.com

چکیده فارسی

وجود آلاینده‌های رنگی در آب خسارات جبران ناپذیری را به محیط زیست و انسان وارد میکند بنابراین تصفیه این آلاینده از آب ضروری است. روش‌های زیادی برای تصفیه آب‌های حاوی آلودگی رنگی مانند انعقاد، فرآیند‌های اکسیداسیون پیشرفته، فرآیندهای غشایی و فرآیند‌های بیولوژیکی به کار گرفته شده است. که هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب خود را دارند. روش جذب یکی از بهترین روش‌های تصفیه از میان سایر روش‌های تصفیه شناخته شده است. با توجه به خواص درمانی سیاه دانه و اینکه حدود ۴۰ درصد این ماده از روغن تشکیل شده است. روغن‌گیری سیاه دانه در اکثر عطاری‌ها انجام می‌شود و پس از انجام روغن‌گیری، تفاله آن به صورت مازاد هدر می‌رود. در این مطالعه ابتدا مروری به روش‌های تولید بیوپار توسط تجهیزات آزمایشگاهی شده است و پس از آن با قرار دادن تفاله سیاهدانه پس از روغن‌گیری در دو کوره کوارتزی و کوره الکتریکی در سه دمای متفاوت به عنوان بیوپار جهت حذف آلودگی رنگی از محیط‌های آبی استفاده شده است. بازسازی جاذب امکان استفاده مجدد جاذب را تا دو دوره می‌دهد.

کلید واژه‌ها : کوره کوارتزی، بیوپار، آلودگی رنگی

۱. مقدمه

با افزایش تقاضا، انواع مختلفی از رنگ‌ها به طور گسترده در صنایع مبتنی بر نساجی، چرم، کاغذ، پلاستیک، آرایشی، دارویی، چاپ و فرآوری مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رنگ یکی از آلاینده‌های خطرناک و کشنده آب است که به دلیل ماهیت سمی و غیر قابل تجزیه زیستی، اثرات منفی نه تنها بر انسان، بلکه بر کل اکوسیستم می‌گذارد. رنگ‌های اضافی در بدن انسان منجر به بیماری‌های مختلفی می‌شود که به مغز، کلیه‌ها، کبد و پوست آسیب می‌زند. [۱-۳] بنابراین حذف این آلودگی از آب امری ضروری است. یکی از بهترین روش‌ها حذف این آلودگی از آب جذب توسط بیوپار است. روش‌های مختلف ترموشیمیایی برای تبدیل زیست توده به بیوپار از جمله پیرولیز، شکستن زیست توده و تبدیل به گاز توسعه داده شده‌اند. نوع زیست توده و روش تبدیل، حداکثر بازده نهایی و مهم‌تر از آن ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیوپار را تعیین می‌کنند. پارامترهای مهم سنتزی عبارت‌اند از دما، نرخ گرمایش، زمان ماند و جوی که تحت آن عملیات حرارتی انجام می‌شود.

پیرولیز

اصلی‌ترین و متداول‌ترین فرآیند ترموشیمیایی برای تبدیل زیست توده به بیوپار، به ویژه برای مواد کارآمد برای کاربرد های تصفیه پساب است. پیرولیز به عنوان تجزیه حرارتی زیست توده در غیاب کامل اکسیژن یا در یک منبع محدود اکسیژن که تحت آن احتراق کامل رخ نمی‌دهد شناخته می‌شود. لیگنین، سلولز و همی سلولز در مواد اولیه زیست توده در طی پیرولیز تجزیه می‌شوند تا با حذف گونه‌های غیر کربنی مانند اکسیژن و هیدروژن محتوی کربن ماده اولیه را غنی کنند. بسته به شرایط/پارامترهای فرآیند از جمله نرخ گرمایش، دمای پیک و زمان ماند، فرآیند پیرولیز معمولی را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد: پیرولیز آهسته و سریع و پیرولیز میکروویو [۴، ۵]

پیرولیز آهسته

در پیرولیز آهسته نرخ گرمایش بسیار کم است ($< 10^{\circ}\text{C}/\text{min}$) و زمان اقامت حدود یا بیش از یک ساعت است. نرخ گرمایش بالاتر محصولات فرعی گازی را افزایش می‌دهد و بازده محصولات جانبی جامد را کاهش می‌دهد، بنابراین فرآیند پیرولیز آهسته دارای بازده بیوپار بهتری نسبت به فرآیند پیرولیز سریع است و به همین دلیل در مقایسه با پیرولیز سریع ارجحیت دارد.

پیرولیز سریع

در پیرولیز سریع، ماده اولیه زیست توده به سرعت در دمای متوسط گرم می‌شود درجه حرارت (400°C - 700°C) با زمان ماندگاری بسیار کوتاه بخار و سرعت سریع خنک شدن که منجر به افزایش تولید محصولات مایع به همراه با چند گاز غیر قابل تراکم و مقداری بیوپار می‌شود.

پیرولیز میکروویو

پیرولیز میکروویو یک فناوری نوظهور برای تبدیل زیست توده به سوخت‌های زیستی، بیوپار، روغن زیستی، و گاز سنتز است.

امواج میکروویو بین فرکانس‌های مادون قرمز و رادیویی قرار دارند. طول موج امواج میکروویو بین ۱ میلی‌متر تا ۱ متر و

میکروویو از طریق نمونه زیست توده نفوذ می‌کنند و انرژی میکروویو به انرژی حرارتی درون ذره تبدیل می‌شود.

تورفکشن

تورفکشن یک فرآیند ترموشیمیایی است که در یک محدوده دمایی (200°C - 300°C) تحت شرایط فشار اتمسفر و شرایط خنثی یا نبود اکسیژن بیوپار را تولید می‌کند. تورفکشن را می‌توان به دو دسته تورفکشن خشک و تورفکشن مرطوب دسته بندی کرد. دما، زمان ماند، نوع ماده اولیه زیست توده پارامترهای کلیدی هستند که بر کارایی فرآیند تورفکشن تأثیر می‌گذارند. علاوه بر حذف رطوبت و آب، مواد فرار نیز در طی تجزیه جزئی زیست توده حذف می‌شوند. محتوای اکسیژن و هیدروژن در طول فرآیند به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. ترکیبات لیگنوسلولزی مانند سلولز، همی سلولز و لیگنین در حین تورفکشن تجزیه می‌شوند که همی سلولز بیشترین تأثیر را دارد. به طور کلی، تورفکشن ذرات جاذب را تولید نمی‌کند زیرا تنها تجزیه جزئی در طول تورفکشن رخ می‌دهد.

تورفکشن مرطوب به عنوان کربنیزاسیون هیدروترمال HTC نیز شناخته می‌شود. که هیدروچار در یک شرایط خنثی دمای پایین تر ($180-260^{\circ}\text{C}$) و فشارهای بالا تولید می‌شود. هیدروچار یک دوغاب ذغال-آب است که از طریق HTC تولید می‌شود.

گازی شدن

گازی شدن یک فرآیند احتراق جزئی ترموشیمیایی است که بخش آلی را اکسید می‌کند و در دماهای بالاتر ($700-1500^{\circ}\text{C}$) با زمان ماند ۱۰ تا ۲۰ ثانیه در حضور اکسیژن، هوا، کربن دی اکسید و بخار آب محدود بیوچار تولید می‌کند. همانطور که از نام آن مشخص است، گازی سازی برای تولید مخلوطی از گازها (CO_2)، CO ، CH_4 و سایر هیدروکربن های با وزن مولکولی کم (استفاده می‌شود. بازده بیوچار از فرآیند تبدیل به گاز کمتر از فرآیند پیرولیز است. [4])

تاکنون مطالعات متعددی بر روی حذف آلودگی های رنگی با استفاده از بیوچار شده است که در زیر به چند مورد اشاره شده است.

دابین گو و همکاران برای بازسازی جاذب طبیعی برگ های زائد ریخته شده مگنولیا، مگنولیای سفید و میشلیا فیگو از کوره الکتریکی در دمای 723K و سرعت افزایش دما 276K/min استفاده کردند و وقتی به آن دما رسید به مدت ۲ ساعت گرم نگه داشته شد میشلیا فیگو به مدت سه سیکل متوالی به بیوچار میشلیا فیگو پایدار با ظرفیت جذب رضایت بخش تبدیل شد. [9] البهای پراکاش روات و همکاران از دو نوع بیوچار گیاه نعنا که در دو دمای متفاوت 450°C و 700°C به مدت ۱۲۰ دقیقه با سرعت 5°C/min تجزیه شده اند استفاده کردند این دو نوع بیوچار ویژگی های متفاوتی دارند. بیوچار تجزیه شده در دمای 700°C عملکرد بهتری نسبت به بیوچار تجزیه شده در دمای 450°C را داشت. [۱۰] طاهر فضل و همکاران از بیوچار ماکروجلبک ها و ذغال سنگ برای حذف متیلن بلو از پساب شبیه سازی شده و همچنین پساب واقعی استفاده کردند. برای تهیه بیوچار مواد اولیه را به مدت ۲ ساعت درون کوره الکتریکی در سه دمای 450°C ، 550°C و 650°C قرار دادند. بیوچار ماکروجلبک ها و ذغال سنگ بیش از ۹۰ درصد متیلن بلو را از پساب شبیه سازی شده تنها در ۱۰ دقیقه در سایت های فعال خود جذب کردند. بیوچار گرفته شده از ماکروجلبک راندمان حذف رنگ ۷۵ درصد را در پساب واقعی نساجی نشان داد و همچنین راندمان ۶۷ درصدی را برای حذف رنگ برای چرخه ی دوم بازسازی را نشان داد. [۱۱] کونگ نگوین و همکاران جذب رنگ متیل اورانژ را با استفاده از سه بیوچار تولید شده در کوره الکتریکی در دمای 500°C به مدت دوساعت از پسماند های کشاورزی و گیاهان مهاجم بررسی کردند. بیوچار ها شامل پوست درخت آتل، میموزا و پوسته قهوه بود که پوسته قهوه کمترین سطح ویژه را در مقابل پوست درخت آتل و میموزا داراست. [12]

نبیله سهیمی و همکاران در مطالعه ای از بامبوی محلی به عنوان ماده ی اولیه برای تولید بیوچار تحت دماهای مختلف تجزیه 400°C تا 800°C استفاده کردند نتایج جذب تایید کردند که دمای تجزیه در اثر حرارت تأثیر قابل توجهی بر عملکرد جذب دارند و بیوچار پیرولیز شده در دمای 500°C درجه سانتی گراد دارای بالاترین عملکرد جذب است. [۱۶] در این پژوهش از بیوچار گرفته شده از تفاله سیاهدانه پس از روغن گیری در جهت حذف آلودگی رنگی استفاده شده است.

۲. روش تحقیق

تفاله سیاهدانه را درون هاون کاملاً خرد کرده و پس از آن درون کوره کوارتزی و کوره الکتریکی با دماهای متفاوت و سرعت حرارت دهی 5°C/min قرار داده پس از خارج کردن از کوره آن را با آب مقطر شست و شو داده و کاملاً خشک کرده و به عنوان جاذب بیوچار استفاده کرده. تمام آزمایش های جذب درون فالكون های 10ml حاوی غلظت مشخصی از متیلن بلو و جاذب بدون در نظر گرفتن pH انجام شده است. فالكون های حاوی رنگ و جاذب ابتدا به مدت ۵ دقیقه به روی شیکر با دور ۳۰۰۰ در دقیقه قرار گرفتند و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق بر روی رک فالكون قرار گرفتند. پس از گذشت زمان مناسب غلظت رنگ نهایی با استفاده از دستگاه UV و منحنی کالیبراسیون به دست آمده از غلظت های مشخص از متیلن بلو محاسبه می‌شود. رنگ جذب شده در حال تعادل q_e و درصد حذف رنگ توسط روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$=q_e$$

درصد حذف رنگ =

Ci (میلی گرم بر لیتر) غلظت رنگ اولیه، Ce (میلی گرم بر لیتر) غلظت نهایی یا تعادلی، V (لیتر) حجم محلول، m (گرم) جرم جاذب

برای استفاده دوباره از جاذب آن را به مدت ۱۰ دقیقه درون ماکروویو قرار داده و تا چند دوره استفاده کرده.



شکل ۱- کوره کوارتزی

۳. نتایج و بحث

تفاله سیاهدانه پس از روغن گیری در سه دما 500°C , 600°C , 700°C به مدت ۲ ساعت درون کوره الکتریکی قرار گرفت و در آزمایشات دیگری در سه دما 500°C , 600°C , 700°C به مدت ۲ ساعت درون کوره کوارتزی قرار گرفت. نتایج به این صورت بود که با افزایش دما از 500°C به 600°C عملکرد بیوچار بهتر می شود اما با افزایش دما از 600°C به 700°C عملکرد بیوچار کاهش می یابد. عملکرد کوره کوارتزی نسبت به کوره الکتریکی بهتر بوده است. استفاده از ماکروویو در بازسازی جاذب استفاده امکان استفاده مجدد از کوره را تا چند دوره بدون پایین آمدن قابل توجهی از عملکرد جاذب را می دهد.

۴. نتیجه گیری

استفاده از کوره در جهت تولید بیوچار برای حذف آلودگی رنگی یک راهکار مناسب، ارزان قیمت و در دسترس است. در این تحقیق از روش پیرولیز زیست توده در دو کوره و سه دما جهت تولید بیوچار استفاده شده که بهترین عملکرد مربوط به کوره کوارتزی در دمای 600°C بوده است.

۱. Patra, S. and S.K. Swain, Water pollution issues and monitoring the problems, in Nanohybrid Materials for Water Purification. 2022, Springer. p. 1-21.
۲. Ranjan Mishra, S., V. Gadore, and M. Ahmaruzzaman, Nanostructured composite materials for treatment of dye contaminated water, in Nanohybrid materials for water purification. 2022, Springer. p. 97-120.
۳. Rathi, B.S., P.S. Kumar, and D.-V.N. Vo, Critical review on hazardous pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, removal technologies and risk assessment. Science of The Total Environment, 2021. 797: p. 149134.
۴. Madhubashani, A., et al., Propensity and appraisal of biochar performance in removal of oil spills: A comprehensive review. Environmental Pollution, 2021. 288: p. 117676.
۵. Enaime, G., et al., Biochar for wastewater treatment—conversion technologies and applications. Applied Sciences, 2020. 10(10): p. 3492.

Using laboratory equipment to produce biochar to remove color pollution from water

masoumeh karamad¹, Fatemeh bashipour^{*2}

¹ Razi University, Kermanshah, Iran

² Razi University, Kermanshah, Iran

*f.bashipour@razi.ac.ir

masoumekaramad@gmail.com

Abstract

The presence of colored pollutants in water causes irreparable damage to the environment and humans, so it is necessary to purify this pollutant from water. Many methods have been used to purify water containing colored pollution, such as coagulation, advanced oxidation processes, membrane processes, and biological processes. Each of these methods has its own advantages and disadvantages. Absorption method is one of the best methods. Purification methods are known among other purification methods. Due to the healing properties of black seeds and the fact that about 40% of this substance consists of oil. Oil extraction of black seeds is done in most perfumeries and after oil extraction, Its slag is wasted as excess. In this study, firstly, a review of the methods of producing biochar by laboratory equipment was made, and then by placing black seed slag after oiling in two quartz furnaces and an electric furnace at three different temperatures as Biochar has been used to remove color pollution from water environments. Regeneration of the absorbent allows the reuse of the absorbent for up to two cycles.

Keywords: Quartz furnace, biochar, methylene blue, Color pollution

بررسی اثر خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات در حوزه پزشکی و سلامت

نادیا محمودی خطیر^{۱*}، رضوانه یوسفی^۱، مرضیه مخبر دزفولی^۲

^۱گروه بیوتکنولوژی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه الزهرا (س)، تهران، ایران

^۲مرکز تحقیقات قلب و عروق شهید رجایی، مرکز آموزشی، تحقیقاتی و درمانی قلب و عروق شهید رجایی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.alzahra@khatir.n

ایمیل ارائه‌دهنده: rezvanehyousefi2000@gmail.com

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از فناوری نانو و خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات در حوزه پزشکی و سلامت پیشرفت چشمگیری داشته‌است. با گسترش میکروارگانیسم‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک، اهمیت استفاده از نانوذرات برای مبارزه با عوامل عفونی افزایش پیدا کرده‌است. از میان نانوذرات، نانوذرات نقره با توجه به دارا بودن فعالیت خوب آنتی‌باکتریال، در پزشکی و منسوجات پزشکی، پانسمان‌ها، دندانپزشکی، بهداشت و سلامت، صنایع غذایی و تصفیه آب کاربرد گسترده‌ای دارند. نانوذرات با ویژگی‌های منحصر به فرد خود، قادرند از مکانیسم‌های متفاوتی برای نابودی میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از رشد بی‌رویه آن‌ها استفاده کنند. از این رو به عنوان جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها شناخته شده‌اند. هر کدام از نانوذرات فلزی در برابر انواع مختلف باکتری‌ها، مکانیسم‌های متفاوتی دارند. به طور مثال نانوذرات نقره با ایجاد تداخل در زنجیره انتقال الکترون و انتقال انرژی از طریق غشا باعث نابودی میکروارگانیسم‌ها می‌شوند. روش‌های متفاوتی برای سنتز نانوذرات وجود دارد اما بیوسنتز نانوذرات نسبت به روش‌های شیمیایی و فیزیکی به دلیل پایداری بالاتر و هزینه کمتر، مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌است. انواع بیوسنتز نانوذرات نقره توسط آنزیم آلفا-آمیلاز باکتریایی، عصاره آلوئه‌ورا، عصاره آبی گیاه شاه‌تره و نشاسته محلول وجود دارد. در این پژوهش خاصیت ضدباکتری نانوذرات بررسی شده و مکانیسم‌های انواع نانوذرات در مقابله با باکتری‌ها، تاثیر ویژگی نانوذرات بر فعالیت آنتی‌باکتریال آن‌ها، چگونگی سنتز و کاربردهای آنتی‌باکتریال نانوذرات در حوزه پزشکی و سلامت پرداخته می‌شود.

کلید واژه‌ها: نانوذرات، آنتی‌باکتریال، پزشکی، سلامت

۱. مقدمه

امروزه نانوتکنولوژی، تأثیرات زیادی بر زندگی انسان در زمینه‌های گوناگون گذاشته است که از جمله آن می‌توان به علوم پزشکی، دارویی و سلامت اشاره کرد. استفاده از فراورده‌های نانو در پزشکی و سلامت مانند پیشگیری، تشخیص و درمان بیماری‌ها، بهداشت، مبارزه با میکروب‌ها، ساخت ابزار، کاتالیست‌ها، حسگرهای زیستی، نساجی و تصفیه پساب‌ها، پیشرفت چشمگیری داشته‌است. از خواص آنتی‌باکتریال نانوذرات در پزشکی و دندانپزشکی استفاده زیادی می‌شود که از آن می‌توان به پوشش‌های انواع کاتتر، دندان‌های مصنوعی، ایمپلنت‌ها، دریچه‌های مصنوعی قلب و دیگر ابزارهای بیمارستانی اشاره کرد (۱). تفاوت‌های فیزیکی و شیمیایی، اندازه کوچک و نسبت سطح به حجم زیادی که نانوذرات فلزی دارا هستند، باعث تماس بیشتر با فضای بیرون می‌شود و تأثیر ضدباکتریایی زیادی دارد و از این رو مورد توجه قرار گرفته‌اند. نانوذرات نقره دارای کاربردهای بسیار زیادی در زمینه‌های گوناگون از قبیل مدارهای الکترونیکی، سنسورها، فیلترها، الکترودها و کاربردهای آنتی‌باکتریال و زیست‌محیطی می‌باشند. نانوذرات نقره توسط روش‌های شیمیایی و فیزیکی از جمله امواج میکرو، تجزیه حرارتی، روش‌های الکتروشیمی و سونوشیمی به وسیله پرتوها تولید می‌شوند. بیوسنتز نانوذرات فلزی با عصاره گیاهان مختلف می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های تولید فیزیکی و شیمیایی که سمیت و هزینه بیشتری دارند، باشد. با توجه به نکات ذکر شده، در این پژوهش به تأثیر خواص آنتی‌باکتریال نانوساختارهای سنتز شده و کاربردهای آن در حوزه پزشکی و سلامت پرداخته می‌شود.

مکانیسم‌های آنتی‌باکتریال نانوذرات

عواملی در تأثیرات ضدباکتریایی نانوذرات شامل اندازه نانوذرات، شکل، بار سطحی آن‌ها، پتانسیل زتا و ساختار کریستال نقش دارند. مکانیسم‌های آنتی‌باکتریال هر کدام از نانوذرات فلزی بر انواع مختلف باکتری‌ها متفاوت است. به عنوان مثال نانوذرات نقره با ایجاد تداخل در زنجیره انتقال الکترون و انتقال انرژی از طریق غشا، نانوذرات اکسید منیزیم و اکسید تیتانیوم با تولید گونه‌های فعال اکسیژن، نانوذرات روی با جلوگیری از تولید آنزیم‌ها و نانوذرات طلا با تولید حفره بر دیواره سلولی، نانوذرات آهن و آلومینیوم با تولید گونه‌های فعال و واکنش‌پذیر اکسیژن و در نتیجه آن ایجاد استرس اکسیداتیو، باعث از بین رفتن میکروارگانیسم مورد نظر می‌شوند (۲).

2- تأثیر ویژگی‌های نانوذرات بر خواص آنتی‌باکتریالی آن

۲-۱- اندازه نانوذرات

اندازه یک نانوذره می‌تواند تا حد زیادی بر فعالیت ضدباکتریایی آن تأثیر بگذارد. قطر و طول نانولوله‌ها با پارامتر فرآیند اکسیداسیون آندی تنظیم شده‌است که امکان طولانی‌تر کردن انتشار دارو در برابر استافیلوکوکوس اورئوس را فراهم می‌کند. نانوذرات کوچک‌تر دارای نواحی سطحی خاص بیشتری هستند، در نتیجه احتمال بیشتری برای تماس و عبور از غشای سلول باکتریایی نسبت به نانوذرات و یا پلیمرهای بزرگ‌تر به وجود می‌آید. نانوذرات کوچک‌تر میزان سمیت بیشتری نسبت به نانوذرات با سایز بزرگ‌تر داشته‌اند (۳).

۲-۲- شکل نانوذرات

یکی دیگر از ویژگی‌های نانوذرات شکل هندسی آن است که با ابعاد و نوع آن به طور مستقیم ارتباط دارد. این ارتباط به این صورت است که هرچه اندازه و ابعاد نانوذرات کوچک‌تر باشد، فعالیت‌های آن‌ها متنوع‌تر شده و ویژگی‌های شگفت‌انگیزتری از خود نشان می‌دهند. از این رو امروزه با روش‌های مختلفی، نانوذرات در شکل‌هایی همچون کروی، هرمی، مکعب و سوزنی تولید می‌شوند (۱۷). نانوذرات نقره مکعبی شکل فعالیت ضدباکتریایی قوی‌تری نسبت به نانوذرات نقره سیمی شکل با قطرهای مشابه دارند. این موضوع نشان می‌دهد اثر شکل بر فعالیت ضدباکتریایی به دلیل سطح خاص و ناحیه واکنش است. در میان نانوذرات با مساحت سطح یکسان، شکل عاملی بسیار مهم است؛ زیرا نواحی با چگالی اتم بالاتر، واکنش‌پذیری بیشتری دارند. برخی تحقیقات نیز نشان می‌دهد شکل نانوذره نقره هیچ تأثیری در حساسیت میکروبی ندارد (۳).

۲-۳- ناهمواری و زبری نانوذرات

با افزایش زبری نانوذرات، اندازه و نسبت سطح به جرم باعث جذب پروتئین‌های باکتریایی و به دنبال آن کاهش چسبندگی باکتری و نانوذرات می‌گردد. (۴)

۲-۴- پتانسیل زتا نانوذرات

به دلیل وجود یون‌های مختلف و ترکیبات سازنده غشا مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و کربوهیدرات‌ها، در سطح غشا سلول‌ها بار الکتریکی وجود دارد. پتانسیل زتا به پتانسیل الکتریکی در تعلیق کلونیدی اشاره دارد. اگر پتانسیل از قسمت عمده فاز مایع به سمت سطح مشترک افزایش یابد، پتانسیل زتا مثبت است (۵، ۶). پتانسیل زتا در نانوذرات تأثیر زیادی بر اتصال میان باکتری‌ها و نانوذرات دارد. این اتصال به دلیل جاذبه الکترواستاتیک بین نانوذرات دارای بار مثبت و غشای سلول باکتریایی که بار منفی دارد اتفاق می‌افتد. منیزیم و نانوذراتی با بار سطحی مثبت، مستعد جذب شدن توسط سطح سلول باکتریایی هستند و برخلاف همتایان خود که بار منفی دارند با باکتری‌ها ارتباط نزدیکی ایجاد می‌کنند. در مقایسه با نانوذراتی که بار منفی دارند یا خنثی هستند، اعتقاد بر این است که ذرات دارای بار مثبت باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شوند. یک مطالعه جدید نشان داد نانوذرات با بار منفی به دلیل وجود پتانسیل منفی

قابلیت کمی برای اتصال دارند؛ با این وجود، در غلظت‌های بالاتر، نانوذرات با شارژ منفی سطح مشخصی از فعالیت ضدباکتریایی به دلیل ازدحام مولکولی که دارند منجر به تعامل مناسب بین نانوذرات و سطح باکتری‌ها می‌شود. (۷)

۲-۵- شرایط محیطی

شرایط محیطی مختلف باعث اختلاف معناداری در فعالیت ضد میکروبی نانوذرات می‌شود. برای مثال، دمای محیط به دلیل تأثیر آن بر میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن، اثرات زیادی در فعالیت ضدباکتریایی آن‌ها دارد. هنگامی که نانوذرات اکسید روی با دما تحریک می‌شوند، الکترون‌ها در مناطق فعال گیر می‌افتند و پس از آن، برای تولید گونه‌های فعال اکسیژن با اکسیژن در تعامل قرار گرفته و از این طریق اثر ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی را افزایش می‌دهند. علاوه بر این PH محیط بر فعالیت ضد میکروبی درون سلولی تأثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد که شرایط اسیدی باعث اتصال نانوذرات به دیواره باکتری‌ها می‌شود و همچنین با کاهش PH میزان انحلال نانوذرات اکسید روی افزایش می‌یابد که منجر به افزایش خاصیت ضد میکروبی می‌گردد (۳).

۳- کاربردهای آنتی‌باکتریال نانوذرات در حوزه پزشکی و سلامت

در گذشته از فلزات مختلف و ترکیبات آن‌ها در فرآورده‌های دارویی استفاده می‌شد. همچنین نقره با همه‌ی اشکالش در طول تاریخ به عنوان یک عامل ضد میکروبی به تنهایی یا ترکیب شده با سایر فناوری‌ها استفاده می‌شد (۸). امروزه نیز برای مصارف مختلفی مانند میکروپک‌ش‌ها، مواد آرایشی بهداشتی، مواد آنتی باکتریال و داروهای متنوع در کرم‌ها، پانسمان‌ها، برای درمان سوختگی و زخم، در بسته‌بندی مواد غذایی برای جلوگیری از آلودگی، در لوازم خانگی مانند یخچال و ماشین لباسشویی، به دلیل توانایی در مهار رشد باکتری‌ها با نیترات نقره یا سولفادیازین نقره، نانوذرات نقره و ترکیبات آن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹).

۱-۳- تأثیر نانوذرات بر از بین بردن عفونت‌های بیمارستانی و ابزارهای پزشکی

استفاده طولانی مدت از وسایل پزشکی قابل کاشت به عنوان یک عامل اصلی در افزایش خطر عفونت‌ها و باکتری شناخته می‌شود که هر دو به طور قابل توجهی سیر مرگ و میر و همچنین هزینه‌های پزشکی و بستری شدن در بیمارستان را به ویژه در میان بیماران مسن افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مقاومت دارویی می‌تواند در هنگام قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آنتی‌بیوتیک‌ها در طول اقامت در بیمارستان و تشکیل بیوفیلم در دستگاه‌های پزشکی ایجاد شود. اصلی‌ترین مشکل در استفاده از ابزارهای پزشکی به خصوص موارد مورد استفاده در اعمال جراحی‌ها، آغستگی به میکروارگانیسم‌ها و آلودگی‌هایی است که از طریق آن‌ها منتشر می‌شود. بلافاصله پس از آغشته شدن میکروارگانیسم‌ها به سطوح ابزارهای جراحی، روی محل کاشت یا عمل جراحی تکثیر پیدا کرده و به طور معمول موجب عفونت‌هایی خطرناک می‌شود. معمولاً میکروارگانیسم‌ها در سطوح داخلی ابزار و دستگاه‌های پزشکی جمع شده و پس از رشد و نمو، کلنی‌های مختلفی ایجاد می‌کنند. اگر به موقع تشخیص داده نشود، گسترش و رشد سریع میکروارگانیسم‌ها ایجاد عفونت‌ها و بیماری‌های مختلفی خواهد کرد. به همین دلیل، تلاش‌هایی برای بهبود ویژگی‌های ضدباکتریایی و ضد قارچی دستگاه‌های پزشکی با پوشش دادن آن‌ها با موادی که خاصیت ضدباکتری و ضد بیوفیلم از خود نشان می‌دهند، صورت گرفته‌است و تا به امروز، تعدادی از عوامل ضد میکروبی با قابلیت جلوگیری از عفونت‌های مرتبط با دستگاه به عنوان پوشش بیومواد پیشنهاد شده‌است و اثرات حفاظتی آن نانومواد بیشتر شامل اختلال در غشاهای میکروبی و جلوگیری از تکثیر میکروبی سطح دستگاه در نانوذرات نقره هستند (۱۰). با وجود انواع پوشش‌های ضد میکروبی برای دستگاه‌های پزشکی که تا به امروز مورد بررسی قرار گرفته‌اند، تنها تعداد محدودی برای استفاده بالینی معرفی شده‌اند و تحقیق در این زمینه امری ضروری است. عفونت‌های ناشی از وارد کردن کاشتنی‌ها به بدن انسان در کنار درمان نقص عضو، یکی از مهمترین نگرانی‌های علم مهندسی پزشکی محسوب می‌شود. از طرفی تمایل به کاهش هزینه‌ها نیز انگیزه‌های بسیاری در زمینه ساخت پوششی مناسب ایجاد کرده‌است. به این منظور پوشش ضدباکتریایی نانوکامپوزیت مس و کیتوسان به روش الکتروفراتیک برای پوشش آنتی‌باکتریال طراحی شده‌است (۱۱).

۲-۳- تأثیر خاصیت آنتی‌باکتریال نانوذرات در دندانپزشکی

نانوتکنولوژی به یک حوزه تحقیقاتی مهم تبدیل شده‌است که عمده‌تاً بر افزایش خواص ضد باکتریایی و مکانیکی مواد دندانی متمرکز است (۱۲). در مواد ترمیمی دندان از خواص ضدباکتریایی نانوذرات استفاده می‌گردد و از متآنالیزهای حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که ادغام نانوذرات در مواد باندینگ دندانی وسیله‌ای مثبت برای افزایش خواص ضدباکتریایی آن‌ها است. فعالیت ضدباکتریایی مواد باندینگ دندانی اصلاح شده با نانوذرات در مقایسه با مواد اولیه به طور قابل توجهی بالاتر است. نانوذرات TiO_2 بیشترین فواید ضدباکتریایی را در صورت استفاده در دندانپزشکی ارائه می‌دهند (۱۳). ایجاد یک لایه بر سطوح آینه‌های دندان پزشکی با استفاده از علم نانوتکنولوژی، موجب ایجاد خاصیت خود تمیزشوندگی در سطح آینه‌ها شده، به علاوه نانوذراتی چون دی اکسید تیتانیوم، هنگام قرارگیری در مقابل نور ماوراء بنفش، دارای خواص ضد میکروبی می‌باشند (۱۴).

۳-۳- بررسی اثر آنتی‌باکتریال نانوذرات نقره در منسوجات پزشکی

استفاده از تکمیل ضد میکروبی نانو نقره بر روی منسوجات بیمارستانی علاوه بر خاصیت ضد میکروبی که در گان جراحی ایجاد می‌کند باعث عدم جذب مایعات مختلف به‌ویژه خون می‌شود و باعث حفظ توازن بیولوژیکی و طراوت بهداشتی پوست در طول مدت عمل جراحی می‌شود (۱۳).

۴-۴- کاربرد نانوذرات در پانسمان

عفونت‌های باکتریایی سبب می‌شوند تا زخم‌ها با سرعت کمتری بهبود یابند. بنابراین پیشگیری و درمان عفونت بخش مهمی از بهبود زخم است. استفاده از باند

پانسمان حاوی نانوذرات نقره با خاصیت آنتی‌باکتریال باعث افزایش سرعت بهبودی می‌شود. پانسمان‌های حاوی نانوذرات نقره با خاصیت آنتی‌باکتریال در مصارف مختلفی همچون سوختگی‌های حاد، زخم‌های مزمن، زخم‌های بستر حاد و زخم‌های دیابتی حاد کاربرد دارد (۱۵). زخم‌های دیابتی با پانسمان جدید فوم سیلیکونی نرم ضد میکروبی همراه با درمان استاندارد و آنتی‌بیوتیک تحت درمان قرار می‌گیرد. مشاهدات نشان داده‌است که استفاده از نانوذرات در پانسمان‌ها موجب بهبود زخم و کاهش طول درمان می‌گردد (۱۶).

۴-۵- تاثیر استفاده از نانوذرات نقره در تصفیه آب

در سال‌های اخیر برای از بین بردن میکروارگانیسم‌های عامل آلودگی و بیماری موجود در آب از یون‌های فلزی، فیلم‌های پلیمری و ژئولیت‌های طبیعی و متنوع استفاده شده است. به کارگیری نانوذرات فلزی جهت تصفیه کردن آب موضوعی جدید است و به دلیل نسبت سطح به حجم بالایی که دارند، در حذف میکروارگانیسم‌ها بسیار موثر هستند. در این راستا می‌توان به فوم‌های پلی‌یورتان که دارای نانوذرات نقره هستند اشاره کرد (۱۷، ۱۸).

۴-۶- بررسی کاربردهای آنتی‌باکتریال در صنایع غذایی

امروزه همه شرکت‌های مواد غذایی به دنبال راهی برای بهبود محصولات و تولیدات، ایمنی مواد غذایی و ویژگی مواد غذایی هستند. یکی از راه‌های مهم و تاثیرگذار برای نگهداری و حفاظت از مواد غذایی در برابر تغییرات میکروبی و شیمیایی که نامطلوب است، استفاده از بسته‌بندی‌های هوشمند ضد میکروبی آنتی‌اکسیدانی است. به همین جهت از اسانس‌های گیاهی که دارای خاصیت آنتی‌باکتریال و آنتی‌اکسیدانی هستند، در پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود. طی قرن‌ها از عصاره گیاهان و روغن‌ها، به عنوان منبع طبیعی ضدباکتری استفاده شده‌است. روغن‌های تصفیه‌شده و خالص به عنوان آنتی‌باکتریال طبیعی در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین برای جلوگیری از رشد باکتری‌های تولید شده غذا، مدل‌های اندازه‌گیری و فرآیندهای غذایی نیز اهمیت دارند (۱۹).

۵. نتیجه‌گیری

سال‌های زیادی است که از نانوذرات نقره به عنوان عامل آنتی‌باکتریال در اغلب ابزارها و دستگاه‌های پزشکی استفاده می‌شود. نقره می‌تواند طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها همچون انواع باکتری‌ها، قارچ‌ها و مخمرها را از بین ببرد. از این رو از نقره در صنایع مختلف و مصارف پزشکی استفاده زیادی می‌شود چون با سرعت زیادی از بافت‌ها زدوده شده و آسیب و صدمه‌ای به سلول‌های بافتی که برای نابودی میکروارگانیسم‌ها در غلظت‌های مورد نیاز به آن اضافه شده است، ندارد (۲۰). نانوذرات معدنی نقره مزایای زیادی نسبت به دیگر مواد شیمیایی آنتی‌باکتریال دارد؛ زیرا مواد شیمیایی دارای مقاومت دارویی‌اند. مکانیسم آنتی‌باکتریال نانوذرات نقره به صورت اتصال به سطح باکتری‌هاست و از این طریق با آسیب به دیواره سلولی یا غشای باکتری عملکرد و متابولیسم‌های باکتری‌ها را مختل کرده و آن‌ها را از بین می‌برند. بار مثبت یون‌های نقره در مکانیسم آنتی‌باکتریال آن‌ها، اهمیت زیادی دارد؛ زیرا ممکن است بارهای مثبت یون‌های نقره با بارهای منفی موجود در غشا باکتری‌ها دچار واکنش‌های الکترواستاتیکی شده و به غشای آن‌ها متصل شود. همچنین یون‌های نقره باعث آزادسازی یون‌های پتاسیم از باکتری‌ها می‌شود. از این رو غشای پلاسمایی و محتویات درون سلول باکتری که حاوی DNA، آنزیم‌ها و مواد حیاتی باکتری‌ست، مورد هدف یون‌های نقره قرار می‌گیرد. زمانیکه یون‌های نقره، رشد و فعالیت باکتری‌ها را مختل کردند، مانند گرانون‌هایی در واکوئل‌ها و دیواره سلولی باکتری‌ها قرار گرفته و به محتویات درون سلول باکتری آسیب می‌رسانند. باکتری‌هایی که گرم مثبت هستند به دلیل وجود لایه پپتیدوگلیکانی که دارند در مقابل نانوذرات نقره حفاظتی قوی و محکم دارند؛ در نتیجه به مواد آنتی‌باکتریال کمتر حساس بوده و غلظت‌های بیشتری برای از بین بردن آن‌ها نیاز است. در باکتری‌های گرم منفی، خاصیت ضدباکتری نانوذرات نقره به غلظت نانوذره به کار رفته و تجمع در دیواره سلولی باکتری‌ها وابسته است. نانوذراتی که در غشا تجمع پیدا می‌کنند باعث افزایش نفوذپذیری غشا شده و مرگ تدریجی باکتری را به دنبال دارد. بیوسنتز نانوذرات نسبت به تولید آن‌ها از طریق روش‌های شیمیایی و فیزیکی مزیت‌های زیادی دارد. سنتز نانوذرات به روش زیستی، پایداری بالاتری داشته و سازگار با محیط زیست است. از دیگر مزیت‌های بیوسنتز نانوذرات این است که نسبت به تولید با روش‌های فیزیکی و شیمیایی هزینه کمتری مورد نیاز است. بنابراین استفاده از خاصیت آنتی‌باکتریال نانوذراتی که با روش بیوسنتزی ساخته شده‌اند با توجه به مزایا و اثر خوبی که دارند، می‌تواند جایگزینی مناسب برای انواع آنتی‌بیوتیک‌ها باشد (۲۱، ۲۲).

1. NABIPOUR YS, ROSTAMZAD A. Comparing the antimicrobial effects of silver and copper nanoparticles against pathogenic and resistant bacteria of *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*. 2015;36(3):2541-6.
2. Tahir MF, Khan MZ, Attacha S, Asim N, Tayyab M, Ali A, et al. The Comparative Performance of Phytochemicals, Green Synthesised Silver Nanoparticles, and Green Synthesised Copper Nanoparticles-Loaded Textiles to Avoid Nosocomial Infections. *Nanomaterials*. 2022;12(20):3629.
3. Chougule S, Gurme S, Jadhav J, Dongale T, Tiwari A. Low density polyethylene films incorporated with Biosynthesised silver nanoparticles using *Moringa oleifera* plant extract for antimicrobial, food packaging, and photocatalytic degradation applications. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 2021;30:208-14.
4. Ghaderi RS, Kazemi M, Soleimanpour S. Nanoparticles are more successful competitor than antibiotics in treating bacterial infections: a review of the literature. *Iranian Journal of Medical Microbiology*. 2021;15(1):18-45.
5. McNeil SE. Characterization of nanoparticles intended for drug delivery: Springer; 2011.
6. Yuan Y, Zhang S, Ma M, Wang D, Xu Y. Encapsulation and delivery of curcumin in cellulose nanocrystals nanoparticles using pH-driven method. *Lwt*. 2022;155:112863.
7. Ben-Sasson M, Zodrow KR, Genggeng Q, Kang Y, Giannelis EP, Elimelech M. Surface functionalization of thin-film composite membranes with copper nanoparticles for antimicrobial surface properties. *Environmental science & technology*. 2014;48(1):384-93.
8. Piktel E, Suprewicz Ł, Depciuch J, Chmielewska S, Skłodowski K, Daniluk T, et al. Varied-shaped gold nanoparticles with nanogram killing efficiency as potential antimicrobial surface coatings for the medical devices. *Scientific reports*. 2021;11(1):12546.
9. Silva LP, Silveira AP, Bonatto CC, Reis IG, Milreu PV. Silver nanoparticles as antimicrobial agents: Past, present, and future. *Nanostructures for antimicrobial therapy*: Elsevier; 2017. p. 577-96.
10. Shafaghat A. Investigation the antibacterial effect of silver nanoparticles made by nanophytosynthesis alone and in combination with chloramphenicol. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*. 2018;20(5):45-58.
11. Murugesan S, Scheibel T. Chitosan-based nanocomposites for medical applications. *Journal of Polymer Science*. 2021;59(15):1610-42.
12. Ferrando-Magraner E, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V, Almerich-Silla JM, García-Sanz V, Fernández-Alonso M, et al. Antibacterial properties of nanoparticles in dental restorative materials. A systematic review and meta-analysis. *Medicina*. 2020;56(2):55.
13. Hazawai A, Hejazi Z, Azadi M. Investigation of Antimicrobial Effect of Medical Textiles by Nanosilver. *Journal of Textile Science and Technology*. 2008;4(1):92-87.
14. Tavassoli-Hojjati S, Mahdavi M, Hamzeh F, Rezvani MB, Babaki FA, Saderi H, et al. Effect of Nano Titanium Dioxide on Self-Cleaning and Antibacterial Properties of Dental Mirrors. *Journal of Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences*. 2013;31(2).
15. Dumville JC, Lipsky BA, Hoey C, Cruciani M, Fiscon M, Xia J. Topical antimicrobial agents for treating foot ulcers in people with diabetes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2017(6).
16. Tong JW. Case reports on the use of antimicrobial (silver impregnated) soft silicone foam dressing on infected

diabetic foot ulcers. *International wound journal*. 2009;6(4):275-84.

17. Furno F, Morley KS, Wong B, Sharp BL, Arnold PL, Howdle SM, et al. Silver nanoparticles and polymeric medical devices: a new approach to prevention of infection? *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2004;54(6):1019-24.
18. Bidhendi ME, Parandi E, Meymand MM, Sereshti H, Nodeh HR, Joo S-W, et al. Removal of lead ions from waste-water using magnesium sulfide nanoparticles caged alginate microbeads. *Environmental Research*. 2023;216:114416.
19. Hou D, O'Connor D, Igalavithana AD, Alessi DS, Luo J, Tsang DC, et al. Metal contamination and bioremediation of agricultural soils for food safety and sustainability. *Nature Reviews Earth & Environment*. 2020;1(7):366-81.
20. Liu Y, Hardie J, Zhang X, Rotello VM, editors. *Effects of engineered nanoparticles on the innate immune system*. *Seminars in immunology*; 2017: Elsevier.
21. Zhang L, Gu F, Chan J, Wang A, Langer R, Farokhzad O. Nanoparticles in medicine: therapeutic applications and developments. *Clinical pharmacology & therapeutics*. 2008;83(5):761-9.
22. Mollania N, Gharibnia F, Rostami-Taghi Dizaj R, Kheyraadi M. Study on the antibacterial effects of silver nanoparticles produced by α -amylase enzyme. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2016;23(2):214-21.

Investigating the effect of antibacterial properties of nanoparticles in the field of medicine and health

Nadia Mahmoudi Khatir^{1*}, Rezvaneh Yosefi¹, Marzieh Mokhber-Dezfouli²

¹Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences Alzahra University, Tehran, Iran

² Rajaie Cardiovascular Medical and Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: n.khatir@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: rezvanehyousefi2000@gmail.com

Abstract

In recent years, the use of nanotechnology and antibacterial properties of nanoparticles in the field of medicine and health has made significant progress. With the spread of antibiotic-resistant microorganisms, the importance of using nanoparticles to fight infectious agents has increased. Among the nanoparticles, silver nanoparticles are widely used in medicine and medical textiles, dressings, dentistry, health, food industry and water purification due to their good antibacterial activity. Nanoparticles, with their unique properties, are able to use different mechanisms to destroy microorganisms and prevent their excessive growth. Therefore, they are known as a good alternative to antibiotics. Each of the metal nanoparticles have different mechanisms against different types of bacteria. For example, silver nanoparticles cause the destruction of microorganisms by causing interference in the electron transport chain and energy transfer through the membrane. There are different methods for the synthesis of nanoparticles, but the biosynthesis of nanoparticles has received more attention than chemical and physical methods due to its higher stability and lower cost. has taken. There are different types of biosynthesis of silver nanoparticles by bacterial alpha-amylase enzyme, aloe vera extract, aqueous extract of Shahtare plant and soluble starch. In this research, the antibacterial property of nanoparticles is investigated and the mechanisms of various types of nanoparticles in fighting bacteria, the effect of the characteristics of nanoparticles on their antibacterial activity, how to synthesize and antibacterial applications of nanoparticles in the field of medicine and health are discussed.

Keywords: Nanoparticles, Antibacterial, Medicine, Health

تعیین حلالیت ماده ی آنتراسین در کربن دی اکسید فوق بحرانی بر اساس داده های مستخرج از تجهیزات نوین آزمایشگاهی

روزبه بایمانی^۱، فاطمه بشی پور^{۲*}

^۱دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۲دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.razi@bashipour.F

ایمیل ارائه‌دهنده: com.gmail@baymani.Rouzbeh

چکیده

امروزه استفاده از تجهیزات پیچیده در عملیات استخراج سیالات فوق بحرانی^۱ که از روش های نوین جداسازی است، بسیار پرطرفدار است [۱]. با توجه به پیچیدگی فرایند استخراج و گران بودن تجهیزات مربوطه، استفاده از تکنیک های هوش مصنوعی جهت مدلسازی فرآیندهای پیچیده و غیر خطی بسیار کارگشاست زیرا می تواند پیش بینی حلالیت هیدروکربن های اروماتیک چند حلقه ای (PAHs)^۲ در سیالات فوق بحرانی را انجام دهد، که جهت ایجاد شرایط بهینه عملیاتی مورد نیاز است [۲]. کربن دی اکسید فوق بحرانی به دلیل مزایای فراوانش، از جمله خصوصیات فیزیکی مناسب، غیرقابل اشتعال و غیر خورنده بودن در محیطهای خشک، انتخاب پذیری بالا، فراوانی و ارزانی، این ماده از محبوبترین سیالات فوق بحرانی است. در این مطالعه، جهت تعیین میزان حلالیت ماده ی آنتراسین، که یک آروماتیک کاربردی در صنایع مختلف است، در کربن دی اکسید فوق بحرانی از سیستم فاز-عصبی تطبیقی استفاده شده است [۳-۴]. بر اساس داده‌های تجربی، دما و فشار عملیاتی به عنوان پارامترهای ورودی و میزان حلالیت در دی اکسید کربن فوق بحرانی به عنوان پارامتر خروجی در نظر گرفته شدند. جهت بررسی کارایی این تکنیک هوش مصنوعی، از معیارهای ارزیابی شامل ضریب همبستگی (R2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) استفاده شد. داده های تجربی مورد استفاده در این پژوهش به کمک سیستم های آزمایشگاهی نوین استخراج به کمک سیالات فوق بحرانی بدست آمده که پیش بینی حلالیت جامدات در سیالات فوق بحرانی خالص را راحت تر می کند.

کلید واژه‌ها: سیستم های نوین استخراج فوق بحرانی، شبکه عصبی-فازی تطبیقی پذیر (ANFIS)، حلالیت هیدروکربن های اروماتیک، کربن دی اکسید فوق بحرانی، آنتراسین

(۱) مقدمه

آگاهی از حلالیت جامدات در سیالات فوق بحرانی برای ارزیابی امکان سنجی فرآیندهای جداسازی فوق بحرانی و ایجاد شرایط بهینه عملیات ضروری است [۵]. ثابت شده است که CO_2 یک حلال فوق بحرانی بسیار خوب برای انواع مختلفی از مواد است [۶]. همچنین حلالیت مواد در SC-CO_2 بدلیل خواصی که قبلاً ذکر شد احتمالاً مهمترین خاصیتی است که برای تولید مواد میکرونیزه شده توسط یکی از روشهای مدرن میکرونیزه سازی مواد به نام فرایند گسترش سریع حلال های فوق بحرانی شناخته شده است. عاملی که کاربرد این فناوری را محدود می کند فقدان داده های حلالیت اساسی موردنیاز برای طراحی واحدهای جداسازی و یا توسعه مدل های استخراج بوده است. و به دلیل حجم محدود داده های تجربی برای سیستم های سیال جامد-فوق بحرانی، علاقه قابل توجهی به مدل های ریاضی وجود دارد که می توانند رفتار فازی چنین سیستم هایی را به دقت پیش بینی کنند [۲]، چرا که تعیین تجربی حلالیت جامدات در SC-CO_2 کار آسان یا ارزانی نیست [۷].

امروزه استفاده از روش های هوش مصنوعی از جمله سیستم فازی-عصبی تطبیقی که با پردازش داده های تجربی و بدون توجه به فیزیک مسئله، قانون نهفته در وراي این اطلاعات را استخراج میکنند، یکی از روشهای بسیار کارآمد در زمینه پیش بینی و مدل سازی محسوب می شود. به همین دلیل استفاده از این تکنیک ها بیش از پیش در مرکز توجه محققان قرار گرفته است. در مطالعه حاضر به بررسی کاربرد سیستم فازی-عصبی تطبیقی جهت تعیین میزان حلالیت ماده ی آنتراسین در کربن دی اکسید فوق بحرانی پرداخته شد. آنتراسین نیز یک هیدروکربن سه حلقه ای آروماتیک بوده که از تقطیر زغال سنگ و احتراق ناقص سوخت های فسیلی حاصل شده و در هوای مناطق شهری و صنعتی (که آلوده به ترکیبات نفتی هستند) به فراوانی یافت میشود [۳]. و یکی سمی ترین آروماتیک ها، به دلیل خاصیت ضد میکروبی و مقاومت به تجزیه مدت طولانی باقی می ماند و باعث مرگ میکروارگانیسم های محیطی و به هم خوردن شدید اکوسیستم محیط می گردد، پس کاهش آن از اهمیت خاصی برخوردار میباشد [۴]. از دیگر کاربردهای آنتراسین می توان به موارد دیگری نیز اشاره کرد که عمدتاً به آنتراکینون، پیش ماده رنگ، تبدیل می شود. همچنین در نگهدارنده های چوب، حشره کش ها و مواد پوششی استفاده می شود. آنتراسین معمولاً به عنوان یک ردیاب UV در پوشش های منسجم اعمال شده بر روی تابلوهای سیم کشی چاپی استفاده می شود. ردیاب آنتراسین اجازه می دهد تا پوشش منسجم زیر نور UV بررسی شود.

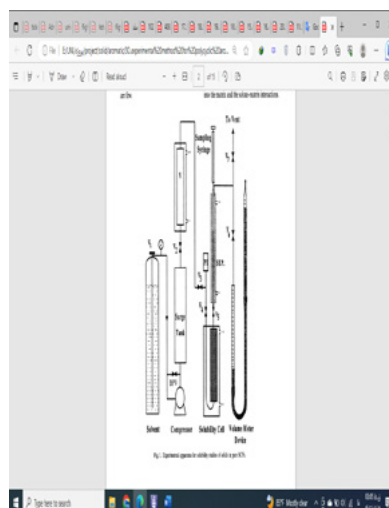
۲) روش تحقیق

۱۲- (تجهیزات)

با هدف توسعه ی یک روش قابل اعتماد برای کسب داده های قابل اطمینان حلالیت در کربن دی اکسید، تجزیه و تحلیل و مدل سازی داده های حلالیت، و نیز یافتن حلال مناسب جهت استخراج هیدروکربن های آروماتیک حلقوی است. یک نمودار شماتیک از واحد مقیاس آزمایشگاهی در شکل ۱ ارائه شده است. تجهیزات از چهار جزء اصلی تشکیل شده است: یک سیستم تحویل SFE^۳، یک سلول فشار قوی ترموستات^۴، یک سیستم جداسازی و نمونه برداری^۵، و همچنین یک دستگاه حجم سنج (VMD^۶) برای سیالات تخلیه شده در شرایط دما-فشار استاندارد. سلول تعادل فشار بالا (SUPELCO) یک لوله فولادی ضد زنگ (طول ۲۰ سانتی متر، حجم آزاد ۱۰ میلی لیتر)، پر از دانه های شیشه ای (با قطر ۲۵۰) مخلوط با PAH های جامد است. سلول در هر دو انتها به فرت های فولادی ضد زنگ^۷ متخلخل به اندازه منافذ مجهز شده است [۸].

شکل (۱) دستگاه تجربی برای مطالعات حلالیت جامدات در SCF های خالص

Delivery SCF System	۳
Solubility Cell	۴
Solute Separation and Sampling System	۵
Volume Meter Device	۶
Stainless Steel Frits	۷



۲-۲) روند آزمایش

فرایند استفاده شده توسط محققان جهت مطالعه حلالیت تعدادی از PAH ها به این صورت به انجام می‌رسد که سلول تعادل فاز ابتدا با مقدار اضافی PAH جامد مخلوط با دانه های شیشه ای پر شو سپس بین سیستم تحویل و جداکننده اتصال ایجاد می‌کند. دی اکسید کربن یا اتان از فاز مایع یک سیلندر توسط کمپرسور فشار بالا، که قادر به کار در فشار تا ۶۸۹ بار (۱۰۰۰۰ psi) است پمپ می‌شود و البته مقدار فشار مورد نظر می‌تواند توسط یک شیر فشار برگشتی (BPV) تنظیم شود. یک مخزن سرج^۹ و یک مخزن ترموستات تکمیلی برای کاهش نوسانات فشار ناشی از کمپرسور ضروری است. این دستگاه می‌تواند در حالت استاتیک، شبه سیستماتیک یا پویا، بدون هیچ گونه تغییر دیگری استفاده شود. حالت کار استاتیک مستلزم دوره های زمانی بیش از حد طولانی برای دستیابی به تعادل حرارتی است، در حالی که روش دینامیکی اجازه اشباع سیال با املاح را در نرخ های جریان بالا نمی‌دهد. حالت شبه استاتیکی مناسب ترین حالت برای مطالعات حلالیت PAH ها در نظر گرفته می‌شود و روش آن به شرح زیر است. دی اکسید کربن یا اتان از مخزن به داخل سلول حلالیت پمپ می‌شود تا زمانی که به بالاترین مقدار فشار مورد نظر برسد (V_1, V_2, V_3, V_4 و بازو V_5 بسته).

در این زمان، سلول ترموستات با بستن V_3 ، ایزوله می‌شود. سیستم تحت دما و فشار ثابت نگه داشته می‌شود تا به تعادل برسد. افت فشار به اندازه کافی کم است که حالت های تعادل فاز متوالی را می‌توان در یک حالت شبه استاتیک ایجاد کرد. میانگین مقادیر فشار نمونه برداری اولیه و نهایی را می‌توان فشار تعادلی برای یک در نظر گرفت نقطه ایزو ترم کاهش فشار از طریق دریچه V_5 ، باعث می‌شود PAH محلول شده از CO_2 یا C_2H_6 جدا شود و قبل از هر نمونه برداری در حلال مایع (هگزان) وارد جداکننده شود. گاز کم فشار از طریق شیر V_6 به داخل VMD در طول زمان نمونه برداری جریان می‌یابد و پس از آن شیر V_5 بسته می‌شود. حجم گاز تخلیه شده در VMD خوانده می‌شود. پس از اینکه هد هیدرواستاتیک با تطبیق سطح آب در هر دو شاخه به تعادل رسید. محلول مایع هگزان PAH سپس در یک ویال GC برای تجزیه و تحلیل منتقل می‌شود. مرحله نمونه برداری شرح داده شده در بالا تا رسیدن به مقدار فشار نهایی مورد نظر تکرار می‌شود. در مقایسه با طرح‌های استاتیکی و دینامیکی معمولی، این دستگاه به ترتیب زمان اجرا و جداسازی کل املاح را کاهش می‌دهد. از اتلاف حلال مایع و مسدود شدن لوله ها نیز جلوگیری می‌شود. در نهایت داده های نهایی این تحقیق آزمایشگاهی جهت مدلسازی به نرم افزار متلب^{۱۰} داده شد [۸].

۳. مدلسازی ANFIS

مدل های زیادی برای پیشبینی میزان حلالیت جامدات در سیالات فوق بحرانی ارائه شده است اما به علت وجود روابط غیرخطی، عدم قطعیت و عدم صراحت زیاد و ویژگیهای متغیر زمانی در سیستم هیچ یک از مدلها (مدلهای تجربی و فیزیکی) نمیتوانند به عنوان یک مدل برتر و توانا شناخته شوند. بدین منظور میتوان از شبکه

Back Pressure Valve	۸
Surge Tank	۹
MATLAB	۱۰

های غیرخطی مثل ANFIS به عنوان یکی از سیستم‌های هوشمند در پیش‌بینی سیستم‌های پیچیده استفاده کرد. سیستم استنتاج تطبیقی عصبی فازی از الگوریتم‌های یادگیری شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی به منظور طراحی نگاشت غیرخطی بین فضای ورودی و خروجی استفاده می‌کند کاربردهای متنوعی در زمینه‌هایی چون مدلسازی، تصمیم‌گیری، پردازش سیگنال و کنترل دارد.

در ابتدا مجموعه داده تجربی شامل ۹۰ دسته داده از مراجع مختلف جمع آوری شد. این مجموعه داده شامل حلالیت آنتراسین در SC-CO₂ در دماها و فشارهای عملیاتی متنوع می‌باشد. تجزیه و تحلیل و همچنین همبستگی‌های موجود برای پیش‌بینی حلالیت جامدات در دی اکسید کربن فوق بحرانی اساساً بر اساس این فرض است که حلالیت را می‌توان به صورت زیر توصیف کرد: $Y = f(T, P)$

رویکرد فوق بیان می‌کند که دما و فشار را می‌توان به عنوان متغیرهای مستقل جهت ساخت مدل موردنظر برای پیش‌بینی حلالیت مواد اروماتیک جامد در شرایط فوق بحرانی استفاده کرد.

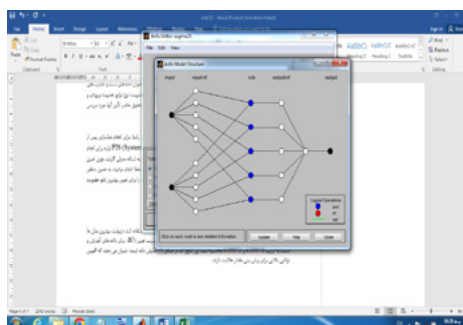
جدول ۱: پارامترهای مختلف ورودی جهت مدلسازی به روش ANFIS در نرم افزار MATLAB

شماره	پارامتر	نماد	واحد	نقش	محدوده	مرجع
۲	دما	T	K	ورودی	۳۱۳ - ۳۳۳	[۸]
۳	فشار	P	Bar	ورودی	۱۱۸.۱ - ۳۴۴.۱	[۸]
۴	حلالیت	Y	-	خروجی	۰.۰۰۰۰۲۲ - ۰.۰۰۰۵۵	[۸]

برای انجام مدلسازی به روش ANFIS از نرم افزار MATLAB استفاده شد و پارامترهای ورودی دما و فشار عملیاتی و خروجی حلالیت می‌باشد. در این مدلسازی نیز ۷۰٪ داده به عنوان داده‌های آموزشی و ۳۰٪ داده‌ها به عنوان داده‌های تست و اعتبارسنجی به نرم افزار معرفی شدند. از آنجاییکه در مدل سیستم استنتاج تطبیقی عصبی فازی تعداد توابع عضویت، نوع توابع عضویت ورودی و خروجی، روش‌های بهینه‌سازی، جداسازی و قوانین در یادگیری شبکه تأثیر بسزایی دارند، لذا در تحقیق حاضر تأثیر آنها مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج آنها به ترتیب در بخش‌های زیر آمده است:

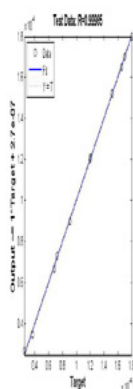
مدل ANFIS فقط در مورد سیستم‌های استنتاجی سوگنو (Sugeno) به کار میرود. در این راستا برای انجام مدلسازی پس از بارگذاری داده‌های آموزشی و صحت‌سنجی در نرم‌افزار، یک ساختار FIS (System Inference Fuzzy) اولیه برای انجام مدلسازی ایجاد و بارگذاری می‌شود. به منظور تعیین بهترین تأخیر زمانی، تأخیرهای زمانی مختلف به شبکه معرفی گردید. چون تعیین بهترین تعداد تابع عضویت و نوع توابع عضویت ورودی و خروجی بر اساس آزمایش‌های سعی و خطا انجام می‌شود، به همین منظور تمامی تعداد و نوع توابع عضویت برای متغیرهای خروجی مورد آزمایش قرار گرفت. ۵ تابع عضویت را برای تعیین بهترین تابع عضویت خروجی نشان می‌دهد. ساختار مدل استفاده شده در شکل (۲) نشان داده شده است.

شکل (۲) ساختار مدل انفیس

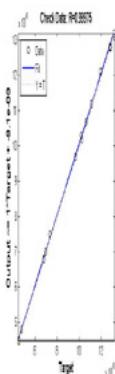


۵. نتایج و بحث

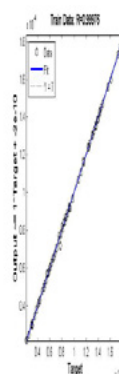
از آزمون‌های مختلف آماری برای ارزیابی و تعیین میزان صحت و دقت مدل‌های بدست آمده استفاده شد. در نهایت بهترین مدل‌ها که نتایج قابل قبول را از آزمون‌ها کسب کرده بودند گزارش داده شدند. مقدار مربع ضریب تعیین (R^2) برای داده‌های آموزش و تست به ترتیب 0.99976 و 0.99975 محاسبه شد. این نتایج در شکل (۳) و (۴) نمایش داده شده تطابق بالای داده‌های مدل و تجربی نشان می‌دهند که انفیس توانایی بالایی برای پیش‌بینی مقدار حلالیت دارند.



(ج)

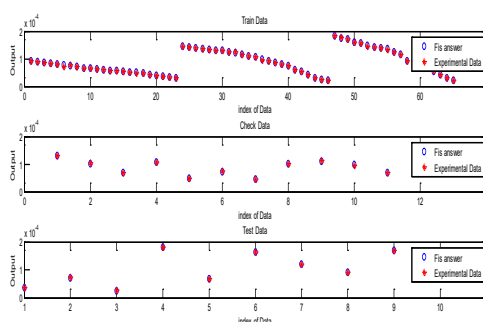


(ب)



(الف)

شکل (۳) ضریب تعیین و مقایسه داده‌های تجربی و داده‌های مدل (الف) آموزش (ب) اعتبار سنجی و (ج) تست



۷. نتیجه گیری

پس از بررسی‌ها می‌توان به این نتیجه دست یافت که روش تجربی استفاده شده دقیق است و داده‌های گسترده را می‌توان به روشی نسبتاً سریع به دست آورد. علاوه بر این، این تکنیک ممکن است به آسانی در ارتباط با اساساً هر روش تحلیلی و انواع PAH مورد استفاده قرار گیرد [۸]. با این حال باید به این نکته توجه داشت که تعیین تجربی حلالیت جامدات در SC-CO₂ کار سخت و طاقت فرسایی بوده است، پس در این راه از هوش مصنوعی کمک گرفتیم. در مدلسازی به روش سیستم استنتاج تطبیقی فازی-عصبی، شاخص‌های MSE و RMSE (که از معیارهای ارزیابی میزان دقت مدل‌های نهایی هستند) هرکدام به ترتیب، و بدست آمدند. در نهایت به این نتیجه دست یافتیم که روش مدلسازی ANFIS روش بسیار کارآمدی در زمینه‌ی پیش‌بینی حلالیت ماده‌ی آنتراسین در کربن دی‌اکسید فوق بحرانی است که خروجی‌اش داده‌هایی قابل اعتماد است.

- [1] Goodarznia I, Esmaeilzadeh F. Solubility of an anthracene, phenanthrene, and carbazole mixture in supercritical carbon dioxide. *Journal of Chemical & Engineering Data*. 2002 Mar 14;47(2):333-8.
- [2] Hezave AZ, Mowla A, Esmaeilzadeh F. Cetirizine solubility in supercritical CO₂ at different pressures and temperatures. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2011 Sep 1;58(2):198-203.
- [3] کفیل زاده فرشید، بهزادی شهربابک سمیه. جداسازی و شناسایی باکتری‌های تجزیه کننده آنتراسن از آب و رسوبات آلوده در دریاچه مهارلو.
- [4] ساسانی، خرم نژادیان، صفری. ارزیابی پارامترهای مختلف بر تجزیه آنتراسن توسط باسیلوس جدا شده از رودخانه بابلرود استان مازندران. *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*. Dec 22;22(5):219-31 2015.
- [5] Suoqi Z, Renan W, Guanghua Y. A method for measurement of solid solubility in supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*. 1995 Mar 1;8(1):15-9.
- [6] Rindfleisch F, DiNoia TP, McHugh MA. Solubility of polymers and copolymers in supercritical CO₂. *The Journal of Physical Chemistry*. 1996 Sep 19;100(38):15581-7.
- [7] Tabernero A, Vieira de Melo SA, Mammuccari R, Martin del Valle EM, Foster NR. Modeling solubility of solids in supercritical carbon dioxide using q-Chrastil equation. In: *III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids 2013* (pp. 1-8).
- [8] Tang, Zhao, et al. "New experimental data and modeling of the solubility of compounds in supercritical carbon dioxide." *Industrial & engineering chemistry research* 51.15 (2012): 5515-5526.
- [8] Anitescu, G., and L. L. Tavlarides. "Solubilities of solids in supercritical fluids—I. New quasistatic experimental method for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)+ pure fluids." *The Journal of Supercritical Fluids* 10.3 (1997): 175-189.

نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌های بیولوژیکی به منظور سنجش عناصر فلزی

هادی بابائی^{۱*}، فاطمه حمدی^۲، حجت محسن پور^۱

^۱ سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شبلاتی کشور، پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی، بندر انزلی، ایران

^۲ گروه شیمی، دانشکده علوپایه، دانشگاه علم صنعت، تهران، ایران

*babaeiha@yahoo.com

چکیده

طی سال‌های اخیر فعالیت‌های طبیعی و انسانی توانسته میزان زیادی آلاینده‌های فلزی را وارد اکوسیستم‌های آبی نمایند. این آلاینده‌ها قادرند که در طول زنجیره غذایی بصورت تجمعی افزایش پیدا کنند. در این مقاله بدلیل اهمیت موضوع روش نمونه برداری آب، رسوبات سطحی و نمونه ماهی بر اساس روش‌های استاندارد ایزو ۱۷۰۲۵ صورت گرفت و مراحل آماده سازی (استخراج نمونه‌های آبی، هضم شیمیایی نمونه‌های رسوب و بافت خوراکی ماهی) به منظور ارزیابی کمی عناصر فلزی (Cr^{+6} ، Ni^{+2} ، Cd^{+2} ، Pb^{+2} ، Cu^{+2} و...) مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی در این مقاله نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها بوده که جهت این کار سه مرحله عملیات کاری شامل آماده سازی ظروف نمونه برداری، آماده سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه و مرحله آخر آنالیز دستگاهی طبق دستورالعمل ایزو ۱۷۰۲۵ صورت می‌گیرد. نمونه برداری آب با استفاده از ظروف پلی‌ایتلینی، نمونه برداری رسوب با استفاده از دستگاه گرپ و صید نمونه‌های ماهی با استفاده از ادوات صید صورت گرفت. کلیه ظروف و تجهیزات نمونه برداری به تفکیک نوع نمونه (آب، رسوب و بافت عضله ماهی) ۲۴ ساعت قبل از نمونه برداری کاملاً شستشو و اسید شوئی و آماده سازی شد. نمونه‌های آبی به روش استخراج مایع-مایع با استفاده از حلال ایزو میتیل بوتیل کتون و معرف کمپلکس دهنده آمونیم پیرولیدین دتیوکاربامات (MIBK/APDC) و نمونه‌های رسوب به روش رفلکس باز با استفاده از مخلوط سه اسید ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HClO}_4$) و نمونه‌های بافت عضله ماهی به روش مخلوط دو اسید ($\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$) با استفاده از هیتر چند خانه (هات پلیت) آماده سازی و پس از پایان آماده سازی نمونه‌ها با بکارگیری از دستگاه‌های جذب اتمی موجود از قبیل AAS, GFAAS, ICP-OES میزان غلظت عناصر فلزی مورد نظر تعیین می‌گردد.

کلید واژه‌ها: عناصر فلزی، نمونه رسوب، ماهی، ایزو ۱۷۰۲۵، ظروف نمونه برداری، هات پلیت

۱. مقدمه

افزایش جمعیت، توسعه صنایع مختلف و گسترش روز افزون مزارع کشاورزی باعث ورود حجم بالایی از آلاینده‌های مختلف به محیط‌های آبی شده است. از میان آلاینده‌های وارد شده به اکوسیستم‌های آبی، عناصر فلزی به علت اثرات سمی و پتانسیل‌های بالای تجمع زیستی در گونه‌های آبی، مورد توجه هستند. آلودگی اکوسیستم‌های آبی به انواع آلاینده‌ها را می‌توان با بررسی آب، رسوبات و موجودات آبی مورد بررسی قرار داد. تجمع فلزات سنگین در هر یک از این اجزا می‌تواند منجر به تغییرات اکولوژیکی جدی شود [۱]. به دنبال ورود فلزات سنگین به محیط‌های آبی این احتمال وجود دارد که ماهی‌ها مقدیری از برخی عناصر فلزی را طریق زنجیره غذایی یا از طریق آب از محیط جذب کنند و در نتیجه این مواد یک پتانسیل خطر برای انسان و تهدیدی برای منابع طبیعی و محیط زیست بشمار می‌روند [۲]. غلظت عناصر فلزی در آب و رسوب، عادات تغذیه‌ای، مدت زمان ماند ماهی در محیط، نیازهای اکولوژیک، فصل صید و خواص فیزیکی و شیمیایی آب شامل شوری، قلیائیت، سختی و دما از جمله موارد موثر در تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف ماهی به شمار می‌روند [۳]. در این مقاله روش نمونه برداری، روش کار و آمادسازی نمونه‌ها در اکوسیستم‌های آبی از قبیل دریای، تالاب‌ها، رودخانه‌ها و آب‌های پشت سدها با هدف ارزیابی کمی برخی از عناصر فلزی مورد توجه قرار گرفت.

۲. روش تحقیق

براساس دستورالعمل استاندارد ۱۷۰۲۵ جهت آنالیز نمونه‌های حقیقی سه مرحله کاری شامل مرحله اول روش نمونه برداری، مرحله دوم روش آمادسازی نمونه در آزمایشگاه و مرحله سوم آنالیز دستگاهی نمونه‌های آماده سازی شده که بتفکیک هر مرحله با تصاویر مربوطه بطور کامل در زیر توضیح داده می‌شود.

- مرحله اول روش نمونه برداری: آماده سازی ظروف نمونه برداری جهت سنجش عناصر فلزی بسیار مهم و در واقع یکی از نکات شایان توجه به پاک یا تمیز بودن ظروف نمونه برداری به منظور جلوگیری از آلوده کردن نمونه‌های برداشت شده است که بسیار مهم و قابل توجه می‌باشد. لذا کلیه ظروف ۲۴ ساعت قبل از نمونه برداری باید سه بار با آب مقطر دیونیزه (بدون یون) و همچنین با اسید (اسید شوئی) کاملاً شستشو شوند و در صورت استفاده از مواد شیمیایی خاص جهت شستشو با توجه به نوع پارامتر مورد سنجش درجه آن مطابق درجه توصیه شده در استاندارد‌های ملی و بین‌المللی باشد. دستگاه مورد استفاده در نمونه برداری با توجه به نوع اکوسیستم آبی می‌تواند از ظروف پلی‌ایتلینی بصورت مستقیم (رودخانه‌ها) و یا با استفاده از دستگاه نمونه بردار روتنر (دریا، تالاب‌ها و آب پشت سدها) باشد. نمونه برداری آب جهت آنالیز عناصر فلزی با استفاده از ظروف پلی‌ایتلینی بر داشت می‌گردد، و از اسید نیتریک غلیظ ۶۵٪ تثبیت می‌گردد. پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۶۳ میکرون (GF/C) صاف شد و در ظروف پلی‌ایتلینی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در آزمایشگاه نگهداری گردید. نمونه برداری رسوبات سطحی برای اندازه گیری عناصر فلزی با استفاده از دستگاه گریپ صورت می‌گیرد و رسوبات جمع آوری شده در ظروف مخصوص جهت هضم شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده می‌شود. تهیه و صید ماهیان مورد نیاز جهت اندازه گیری فلزات در بافت عضلانی به روش استاندارد دام و تورهای پرتابی دستی و گوشگیر صورت می‌گیرد و نمونه‌ها جهت آماده سازی به آزمایشگاه انتقال داده می‌شود.



شکل ۱- آماده سازی ظروف نمونه برداری جهت نمونه برداری برای سنجش عناصر فلزی

انتخاب روش نمونه برداری با توجه به اهداف طرح تحقیقاتی و نوع آزمایشات در نظر گرفته شده در چهار چوب (SAMPLING AND ANALYSIS OF WATER, WASTEWATERS, SOILS AND WASTES) همچنین بر اساس استاندارد فرآیند ۱۷۰۲۵ قابلیت اجرایی دارد. در هر نقطه یا ایستگاه یک نمونه به گونه‌ای برداشته می‌گردد که گویای یک نمونه کامل آن اکوسیستم باشد. در برخی از مواقع شرایط‌های محیطی از قبیل شرایط جوی، موقعیت جغرافیای منطقه که می‌تواند مخاطرات جدی روی آزمایشات و پارامترهای تاثیر داشته باشد لحاظ و مورد توجه نمونه برداران قرار گیرد.

- مرحله دوم روش کار و آماده سازی نمونه‌ها: روش آزمایشگاهی اندازه گیری عناصر فلزی در آب به شرح زیر انجام می‌گردد. از آنجائیکه غلظت اکثر عناصر فلزی در محیط‌های آبی معمولاً کم بوده جهت این کار و حذف برخی از مزاحمت‌ها لازم است آنالیت استخراج و جداسازی صورت گیرد. فرآیند جداسازی و تغلیظ نمونه‌های آبی به طریقه استخراج مایع - مایع با حلال آلی متیل ایزو بوتیل کتون (MIBK) و عامل کمپلکس دهنده آمونیم پیرولیدن کاربامات (APDC) طی سه مرحله استخراج متوالی انجام شد و در پایان جداسازی نمونه‌ها را به حجم ۲۵ یا ۵۰ میلی لیتر رسانده می‌شود [۴].



شکل ۲- مراحل استخراج و آماده سازی نمونه های آب جهت اندازه گیری عناصر فلزی

اندازه گیری عناصر فلزی در رسوبات سطحی بشرح زیر صورت می‌گیرد. جهت آماده سازی نمونه‌ها به منظور انجام عملیات هضم شیمیایی ابتدا نمونه‌های جمع آوری شده، در آون در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. سپس با هاون چینی پودر نموده و بدنبال آن نمونه‌های پودر شده را الک نموده (ذرات زیر الک با چشمه ۶۳ میکرون آزمایش شد) و مقدار ۱ گرم را با ترازوی با دقت (۰/۰۰۰۱) توزین نموده و به بالن هضم رفلاکس وارد و عملیات هضم شیمیایی به روش هضم مخلوط سه اسید (H_2SO_4 , $HClO_4$, HNO_3) تحت رفلاکس باز انجام شد [۵]. لازم به ذکر است که در هر مرحله محلول شاهد به منظور کنترل ناخالصیهای معرفهای شیمیایی بکار برده شده به موازات نمونه های حقیقی انجام گردید بعداز هضم نهایی با استفاده از کاغذ شماره ۴۲ صاف نموده وبا آب دیونیزه (بدون یون) به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده شد.



شکل ۳- سیستم هضم نمونه های رسوب (رفلاکس) جهت سنجش عناصر فلزی

نمونه‌های ماهی پس از انتقال در آزمایشگاه و شتشوی نمونه ها با آب مقطر نسبت به جداکردن بافت عضلانی اقدام و جهت انجام عملیات هضم شیمیایی آماده گردید. نمونه‌ها تا انجام مراحل آزمایشگاهی در دمای $20^\circ C$ - نگهداری شدند. سپس، به میزان ۲۰ الی ۳۰ گرم از قسمت خوراکی بافت عضله را برداشت نموده و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نمونه ها را کاملاً خشک نموده و در ادامه، در داخل هاون چینی کاملاً کوبیده تا کاملاً پودر و یکنواخت شوند. مقدار ۱ گرم از بافت خشک شده که کاملاً پودر شده بود، بوسیله ترازوی حساس وزن نموده و به وسیله مخلوط اسید ($HNO_3/HClO_4$) و با استفاده از هات پلیت عملیات هضم شیمیایی انجام گرفته و به موازات آماده سازی نمونه جهت انجام عمل هضم شیمیایی، نمونه شاهد نیز برای هر سری از نمونه ها (۴ نمونه شاهد) به طور جداگانه تهیه گردید. لازم به ذکر است که نمونه شاهد در اینجا اسیدهای ذکر شده فوق می باشد، یعنی همان حجم از اسید مصرفی برای نمونه ها در سه لوله آزمایش جداگانه بعنوان شاهد به منظور کاهش خطای آزمایش و یا احتمال ناخالصیهای موجود در اسیدهای مصرفی به موازات نمونه های حقیقی مراحل هضم شیمیایی استفاده شد. در واقع، هضم اسیدی جهت آزاد کردن کلیه اتصالات فلز با بافتها صورت می‌گیرد. در پایان هضم شیمیایی چنانچه نمونه ها حاوی ذرات معلق باشند آنها را با کاغذ شماره ۴۲ صاف نموده و محلول باقیمانده حاصل از هضم هر یک از نمونه ها به بالن های حجم سنجی ۲۵ میلی لیتری منتقل و با اسید نیتریک ۵ درصد به حجم رسانده‌شد و در ظرف پلی اتیلنی جهت تزریق به دستگاه جذب اتمی قرار داده شد [۶] [۷].





شکل ۴- مراحل کار آماده سازی و هضم شیمیایی نمونه‌های ماهی جهت سنجش عناصر فلزی

مرحله سوم آنالیز دستگاهی نمونه‌های آماده سازی شده

دستگاه‌های مرسوم مورد استفاده برای اندازه گیری عناصر فلزی از قبیل دستگاه جذب اتمی شعله (AAS)، دستگاه نشر اتمی الکترو ترمال (GFAAS)، و دستگاه نشر اتمی پلاسما جفت شده القایی با نشر نوری (ICP-OES) می باشد. لازم به ذکر است قبل از تزریق نمونه های حقیقی، تمامی محلولهای استاندارد مصرفی بسته به نوع فلز مورد آنالیز، از استاندارد مادر (Merck)، نمک و یا استاندارد (Stok) تیتراول با غلظت ۱۰۰۰ ppm تهیه شده و پس از رقیق سازی و ساخت استانداردها با غلظتهای مناسب (به تعداد ۶ استاندارد) و تزریق به دستگاه جذب اتمی مورد استفاده و رسم منحنی، معادله کالیبراسیون، دستگاه بصورت اتوماتیک میزان غلظت فلزات سنگین را مشخص کرد (Babaei and Khodaprast, ۲۰۱۳). لازم به ذکر است که جهت آنالیز دستگاهی و اطمینان از صحت نتایج و اعتماد مشتریان به آنالیز های مربوطه ابتدا پس از رسم منحنی کالیبراسیون پارامترهای مربوطه از قبیل حد تشخیص (LOD) حد اندازه گیری کمی (LOQ) ضریب تغییرات (CV) و انحراف معیار نسبی (RSD%) به تفکیک هر عنصر محاسبه می گردد و در نتایج نهایی به مشتری یا کارفرما گزارش گردد.

۳. منابع

۱. Lamanso R, Cheung Y, Chan K. Metal concentration in the tissues of rabbitfish collected from Tolo Harbour in Hong kong. Marine Pollution Bulletin. ۳۹:۱۲۳-۳۴; ۱۹۹۱.
۲. Allen-Gil SM, Gubala CP, Landers DH, Lasorsa BK, Crecelius EA, Curtis LR. Heavy metal accumulation in sediment and freshwater fish in US Arctic lakes. Environmental Toxicology and Chemistry. ۱۹۹۷; ۱۶(۴):۷۳۳-۴۱.
۳. Canli M, Atli G. The relationships between heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. International Journal of Environment and Pollution. ۲۰۰۳; ۱۲۱:۱۲۹-۳۶.
۴. APHA, ۲۰۰۵. Standard Methods for Examining of Water and Waste Water. ۱۷th edition, Method ۵۰۷, Washington D.C., ۵۳۱p.
۵. Sadiq, M. and Zaidi, T.H. ۱۹۸۵. Metal concentration in the sediments from the Arabian Gulf coast of Saudi Arabia. Bull. Environ. Contam. pp. ۵۶۵ - ۵۷۱.
۶. Pourang, N., Nikouyan, A. and Dennis, H., ۲۰۰۵. Trace element concentrations in fish, surficial sediments and water from northern part of the Persian Gulf, Environmental Monitoring and Assessment, ۱۰۹:۲۹۳-۳۱۶.
۷. Babaei, H., Khodaprast, S.H. ۲۰۱۳. Evaluating the contamination of heavy metals in sediment of fish (Cyprinus carpio) from Anzali international wetland, Gilan. Feyz, ۱۶ (۷): ۶۶۷-۶۶۸.

Sampling and preparation of biological samples in order to measure metal elements

Hadi babaei^{1*}, Fatemeh hamdi², Hojjat mohsenpour¹

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iranian Fisheries Science Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Bandar Anzali, Iran

²Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, University of Science and Technology, Tehran, Iran

[*babaeiha@yahoo.com](mailto:babaeiha@yahoo.com)

Abstract

During recent years, natural and human activities have been able to introduce a large amount of metal pollutants into aquatic ecosystems. These pollutants are able to increase cumulatively along the food chain. In this article, due to the importance of water sampling method, surface sediments and fish samples were based on ISO 17025 standard methods and preparation steps (extraction of water samples, chemical digestion of sediment samples and edible fish tissue) in order to evaluate a few metal elements (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Cd^{+2} , Ni^{+2} , Cr^{+6} , ...) were investigated. The main goal of this article is to take samples and prepare samples, and for this purpose, three stages of work operations are carried out, including the preparation of sampling containers, the preparation of samples in the laboratory, and the final stage of instrumental analysis according to ISO 17025 guidelines. Water sampling was done using polyethylene containers, sediment sampling was done using a grab device, and fish samples were caught using fishing tools. All containers and sampling equipment, separated by sample type (water, sediment and fish muscle tissue), were completely washed and acid washed and prepared 24 hours after sampling. Aqueous samples by liquid-liquid extraction method using isomethyl butyl ketone solvent and ammonium pyrrolidine dithiocarbamate complexing reagent (MIBK/APDC) and sediment samples by open reflux method using a mixture of three acids ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HClO}_4$) and fish muscle tissue samples by mixing two acids ($\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$) using a multi-house heater (hot plate) preparation and after the end of sample preparation. By using existing atomic absorption devices such as AAS, GFAAS, ICP-OES, the concentration of the desired metal elements is determined.

Keywords: Metal elements, sediment sample, fish, ISO 17025, sampling containers, hot plate

مراحل مختلف محاسبه عدم قطعیت و اهمیت آن در اندازه‌گیری‌های تجزیه‌ای

هادی بابائی^{۱*}، فاطمه حمدی^۲

^۱سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی، بندر انزلی، ایران

^۲گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

*babaeiha@yahoo.com

چکیده

عدم قطعیت در اندازه‌گیری به نوع میزان دقت اندازه‌گیری را برای ما تعیین می‌کند و محاسبه آن در اندازه‌گیری‌های کمی، یکی از مباحث مهم در صنایع و آزمایشگاه‌های آنالیز به شمار می‌رود. در این مقاله سعی شد به زبان ساده نحوه محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری را مورد بررسی قرار دهیم. محاسبه عدم قطعیت با توجه به نوع اندازه‌گیری کار زمان‌بری است که نیاز به دقت فراوان دارد. با این وجود دستورالعمل شش مرحله‌ای که در این مقاله آورده شده، فرآیند یکپارچه است که در حوزه‌های مختلف قابل بهره‌برداری است. براساس این دستورالعمل، اصولی مدون و یکپارچه برای محاسبه عدم قطعیت در مسائل گوناگون روش‌های تجزیه‌ای بکار برده می‌شود. به این ترتیب نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری از ضریب اطمینان بالایی برخوردار خواهد بود. در این مقاله بدلیل اهمیت این پارامتر در اندازه‌گیری‌های کمی، مراحل شش‌گانه محاسبه عدم قطعیت که شامل مشخص کردن فرآیند اندازه‌گیری و معادله آن، شناسایی و تعیین دقیق منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری، کمی کردن منابع عدم قطعیت، دسته‌بندی منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری، تبدیل منابع عدم قطعیت به انحراف معیار معادل و محاسبه عدم قطعیت ترکیبی می‌باشد بطور کامل آورده شده است.

کلیدواژه‌ها: عدم قطعیت، اندازه‌گیری، انحراف معیار، فرآیند

۱. مقدمه

اصطلاح عدم قطعیت در واقع یک پارامتر مرتبط با نتیجه اندازه‌گیری، که پراکندگی مقادیری را که می‌توانند به شکل منطقی به اندازه ده (کمیت اندازه‌گیری شونده) نسبت داده شوند را مشخص می‌کند. به طور کلی عدم قطعیت اندازه‌گیری از مولفه‌های زیادی ناشی می‌شود. بعضی از این مولفه‌ها را می‌توان از توزیع آماری نتایج یک سری اندازه‌گیری تخمین و از طریق انحراف استاندارد مشخص کرد. مولفه‌های دیگری هم که می‌توانند از طریق انحراف استانداردها مشخص شوند، از توزیع‌های احتمال فرضی بر پایه تجربه یا دیگر اطلاعات تخمین زده می‌شوند. تشخیص تفاوت بین خطا و عدم قطعیت مهم است. خطا به شکل اختلاف بین یک نتیجه تک و مقدار واقعی تعریف می‌شود. در عمل خطای اندازه‌گیری مشاهده شده، اختلاف بین مقدار مشاهده شده و مقدار مرجع می‌باشد. بدین ترتیب، خطا چه تئوری، چه مشاهده شده یک مقدار تک است. در اصل، مقدار خطای معین می‌تواند به صورت یک تصحیح برای نتیجه به کار گرفته شود. در عین حال خطای یک مفهوم ایده‌آل است و امکان شناخت دقیق خطاها وجود ندارد. در حالی که، عدم قطعیت شکل یک گستره یا بازه را به خود گرفته و چنانچه برای یک روش آنالیزی و نوع نمونه معین تخمین زده شود، می‌تواند برای تمام تعیین‌های دیگر نیز توضیح داده شود. عموماً نمی‌توان از عدم قطعیت برای تصحیح یک نتیجه اندازه‌گیری استفاده کرد. برای این که باز هم بیشتر این تفاوت را نشان دهیم، میتوان گفت که نتیجه یک آنالیز پس از تصحیح آن ممکن است این شانس را داشته باشد که بسیار نزدیک به اندازه ده قرار گرفته و در نتیجه خطای قابل چشم‌پوشی در آن وجود داشته باشد، در حالی که، خیلی ساده عدم قطعیت آن آنالیز ممکن است همچنان بزرگ باشد. علت آن می‌تواند این باشد که تجزیه گر هنوز در مورد میزان نزدیکی آن نتیجه به مقدار اندازه ده اطمینان بالایی ندارد. عدم قطعیت نتیجه اندازه‌گیری هرگز نمی‌بایست به عنوان

خود خطا و یا خطای باقیمانده پس از تصحیح تفسیر شود [۱] [۲].

۲. روش تحقیق

محاسبه میزان عدم قطعیت در اندازه‌گیری کار چندانی آسان نیست. معمولاً در بسیاری از راهنماهای این موضوع، دستورالعمل مدونی برای محاسبه وجود ندارد. همین مسئله موجب ایجاد سردرگمی در اجرای این فرآیند در اندازه‌گیری‌ها تجزیه‌ای شده است.

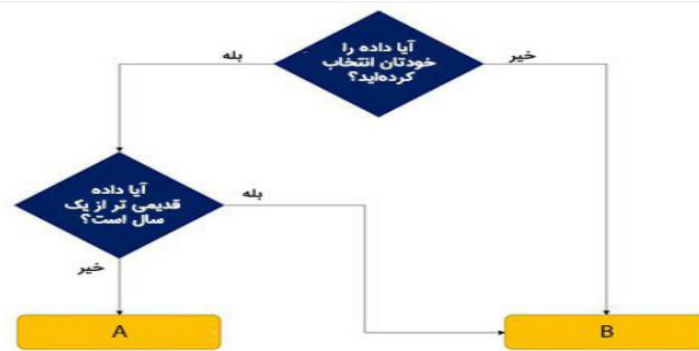
در این خصوص تصمیم بر این شد که فرآیندی ۶ مرحله‌ای برای محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری‌ها کمی را به اختصار آورده شود [۳] [۲].

۱- مشخص کردن فرآیند اندازه‌گیری و معادله آن: اولین گام شناسایی دقیق فرآیند اندازه‌گیری یا سیستمی است که قصد ارزیابی آن را دارید. در این خصوص باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد. آزمون یا تابع اندازه‌گیری را برای ارزیابی انتخاب کنید، روش اندازه‌گیری مورد نظر خود را استفاده کنید، تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری را تعیین کنید، محدوده مطلوب تابع اندازه‌گیری را مشخص کنید، نقاط آزمونی که باید ارزیابی شوند را مشخص نمایید، در صورت لزوم معادله ریاضی که نشان دهنده تابع اندازه‌گیری است را به دست آورید. آخرین مورد تنها در صورتی لازم است که باید از یک رابطه ریاضی بعد از حصول نتایج اندازه‌گیری برای محاسبه جواب نهایی استفاده کنید. به این ترتیب موفق خواهید شد عدم قطعیت آن‌ها را محاسبه کنید یا تخمین بزنید.

۲- شناسایی و تعیین دقیق منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری: در این مرحله باید کلیه عواملی که بر عدم قطعیت در اندازه‌گیری تأثیرگذار هستند را شناسایی کنید. این مرحله پیچیده است و ممکن است نیاز به صرف زمان بسیار زیادی برای آن داشته باشید. متخصصان این حوزه معتقدند حدود ۵۰ درصد زمانی که صرف بررسی عدم قطعیت می‌کنید، به این مرحله اختصاص دارد. توصیه اول ما در این مرحله آن است که حتماً از کتاب‌های مرجع در زمینه کار خود برای این مرحله بهره‌برید. همچنین به سراغ استانداردهای موجود در زمینه کاری خود بروید و مطالب ذکر شده در آن‌ها را به دقت مطالعه کنید. در این روش موارد از قبیل روش آزمایش، کالیبراسیون یا فرآیند اندازه‌گیری را ارزیابی کنید، معادلات اندازه‌گیری را در صورت وجود بررسی کنید. تجهیزات و استانداردهای مرجع را بررسی نمایید. حداقل منابع مورد نیاز عدم قطعیت را شناسایی کنید. انجام درست این مرحله بیش از آن که تابع اصول علمی باشد، نیازمند تجربه بالا است. به همین دلیل توصیه می‌کنیم حتماً با کارشناسان خبره در این حوزه مشورت کنید. برای شناسایی منابع عدم قطعیت باید یک نکته کلیدی را همواره در نظر داشته باشید. به دنبال منابعی باشید که تغییرات آنها روی نتایج اندازه‌گیری اثرگذار هستند. حتماً در این فرآیند از نتایج کارهای قبلی که قبل از شما انجام شده‌اند، کمک بگیرید. با این کار نتایج خوبی به دست خواهید آورد که مسیر شما را کوتاه خواهند کرد.

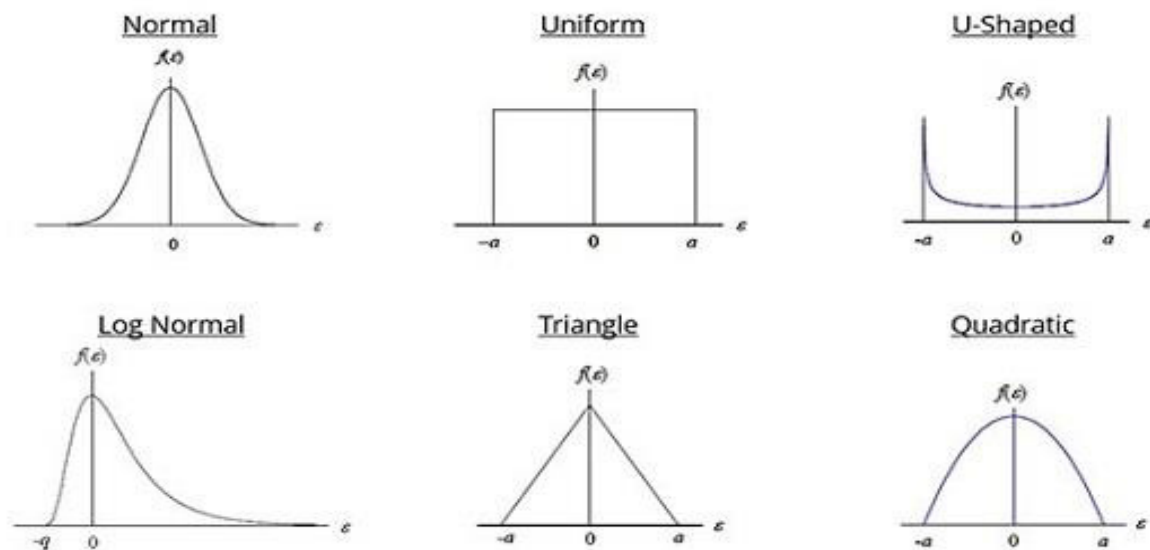
۳- کمی کردن منابع عدم قطعیت: در مرحله سوم محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری باید به سراغ کمی کردن (Quantity) منابع عدم قطعیت بروید. کیفی بودن (Quality) منابع عدم قطعیت هیچ کمکی به محاسبه آن نمی‌کند. در این مرحله باید موارد زیر مورد بررسی قرار داده شود. جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها، انتخاب داده‌های مناسب، تجزیه و تحلیل داده‌ها، کمی کردن منابع عدم قطعیت. در مورد آخر باید از اطلاعات به دست آمده برای نسبت دادن یک مقدار کمی به هر یک از منابع عدم قطعیت استفاده کرد. روش‌های ویژه‌ای در علم آمار برای این منظور وجود دارند که باید مورد استفاده قرار بگیرند.

۴- دسته‌بندی منابع عدم قطعیت در اندازه‌گیری: تا اینجا منابع عدم قطعیت را در خصوص مسئله مورد نظرتان شناسایی کرده و آن‌ها را کمی نمودید. در مرحله چهارم محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری باید نوع عدم قطعیت و توزیع احتمال هر یک از منابع را مشخص کنید. منابع عدم قطعیت در علم آمار به دو نوع تقسیم می‌شوند. نوع A و نوع B که با استفاده از چارت زیر می‌توانید به راحتی نوع عدم قطعیت هر یک از منابع را مشخص کنید

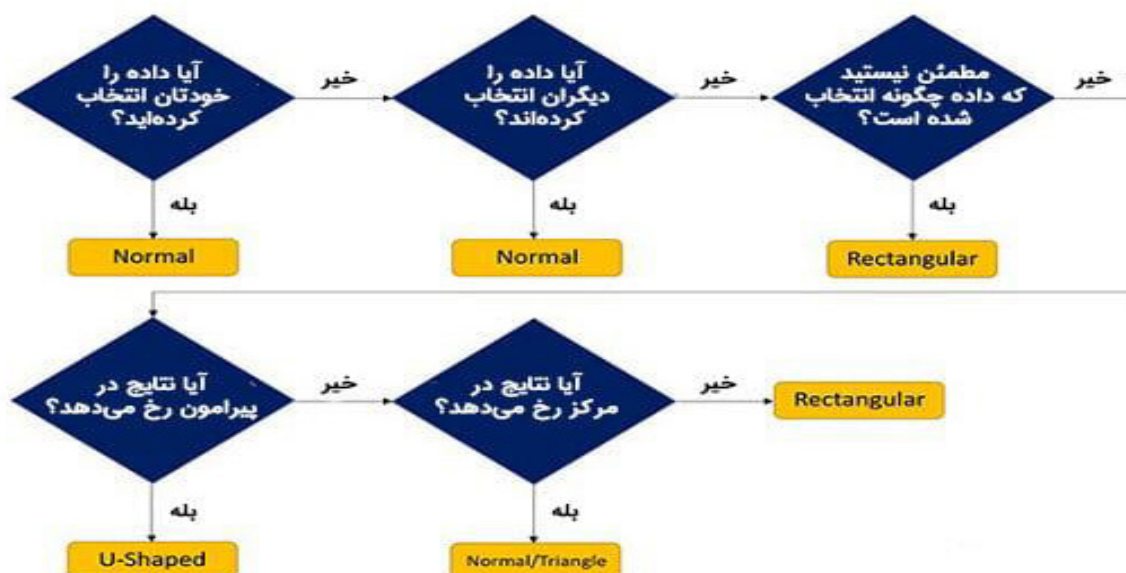


همچنین نمودار توزیع احتمال منابع عدم قطعیت نیز در موارد زیر دسته بندی می شود.

نرمال (Normal)، یونیفرم (Uniform/Rectangular)، مثلثی (Triangular)، لاگ نرمال (Log-Normal)، سهمی (Quadratic)، یو شکل (U-Shaped)، یو شکل (U-Shaped)

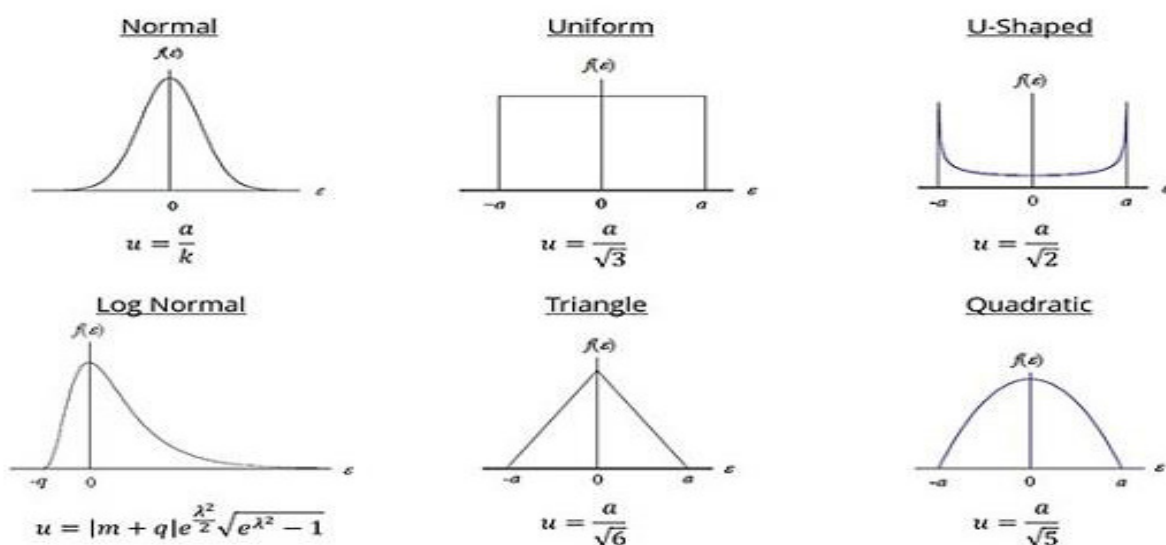


از درخت زیر می‌توانید برای تعیین نمودار توزیع احتمال منابع عدم قطعیت استفاده کنید.



۵- تبدیل منابع عدم قطعیت به انحراف معیار معادل:

در این مرحله محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری است و نوبت نسبت دادن انحراف معیار (Standard Deviation) معادل به هر یک از منابع عدم قطعیت است. در این مرحله باید با توجه به توزیع احتمال که در مرحله قبل انتخاب کردید، انحراف معیار معادل هر یک از منابع عدم قطعیت را به دست بیاورید. برای این منظور روابط ریاضی در نظر گرفته شده‌اند که در شکل زیر می‌توانید مشاهده کنید.



کمیت u در روابط بالا معرف انحراف معیار است که در مواردی آن را با نماد سیکما یعنی σ نیز مشخص می‌کنند. به این ترتیب می‌توانید کار تبدیل منابع عدم قطعیت به انحراف معیار معادل آن‌ها را انجام دهید.

۶- محاسبه عدم قطعیت ترکیبی: در این مرحله محاسبه عدم قطعیت در اندازه‌گیری، باید عدم قطعیت ترکیبی منابع مختلف را در مسئله محاسبه کرد. برای این منظور انحراف معیار هر یک از منابع را که در مرحله قبل محاسبه کردید، به توان ۲ برسانید. در ادامه اعداد به دست آمده را با هم جمع کنید. پس از آن جذر عدد حاصل را به دست بیاورید. به این ترتیب انحراف معیار کلی در مسئله یا عدم قطعیت ترکیبی محاسبه می‌شود. آنچه تا اینجا به دست آوردید، دارای ضریب اطمینانی معادل ۶۸/۲ درصد است. اگر مایل به توسعه ضریب اطمینان خود به ۹۵/۴۵ درصد هستید، عدم قطعیت کلی به دست آمده را باید در عدد ۲ ضرب کرد.

۱. ISO/IEC ۱۷۰۲۵:۲۰۰۵. General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories. ISO, Geneva (۲۰۰۵).
۲. Guide To The Expression Of Uncertainty In Measurement. ISO, Geneva (۱۹۹۳). (ISBN ۹۲-۶۷-۱۰۱۸۸-۹) (Reprinted ۱۹۹۵ : Reissued as ISO Guide ۹۸-۳ (۲۰۰۸), also available from <http://www.bipm.org> as JCGM ۱۰۰:۲۰۰۸)
۳. EURACHEM Guide, Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. Laboratory of the Government Chemist, London (۱۹۹۵). ISBN ۰-۹۴۸۹۲۶-۰۸-۲

Different stages of uncertainty calculation and its importance in analytical measurements

Hadi babaei^{1*}, Fatemeh hamdi²

¹Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iranian Fisheries Science Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Bandar Anzali, Iran

²Department of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, University of Science and Technology, Tehran, Iran

*babaeiha@yahoo.com

Abstract

Uncertainty in the type of measurement determines the accuracy of the measurement for us, and its calculation in quantitative measurements is one of the important topics in industries and analysis laboratories. In this article, we tried to examine the method of calculating uncertainty in measurement in simple language. Calculating the uncertainty according to the type of measurement is a time-consuming task that requires great accuracy. However, the six-step instruction presented in this article is an integrated process that can be used in various fields. Based on this instruction, codified and integrated principles are used to calculate uncertainty in various problems of analytical methods. In this way, the results obtained from the measurement will have a high reliability factor. In this article, due to the importance of this parameter in quantitative measurements, the six stages of uncertainty calculation, which include specifying the measurement process and its equation, identifying and accurately determining sources of uncertainty in measurement, quantifying sources of uncertainty, and categorizing sources of uncertainty in measurement, conversion of sources of uncertainty into equivalent standard deviation and calculation of combined uncertainty are given in full.

Keywords: Uncertainty, measurement, standard deviation, process

اندازه گیری برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب دریاچه گلابر زنجان به منظور پرورش ماهی

هادی بابائی^{*}، حجت محسن پور

سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبی پروری آب‌های داخلی، بندر انزلی، ایران

*babaeiha@yahoo.com

چکیده

دریاچه گلابر در فاصله ۵۵ کیلومتری جنوب غربی زنجان در شهرستان ایجرود و ۳ کیلومتری روستای گلابر با وسعت نرمال ۹/۸ کیلومتر مربع و با ظرفیت آبی ۱۱۶ میلیون متر مکعب بر روی رودخانه سجاس احداث شده است. در این مطالعه فاکتورهای مهم کلیدی کیفی آب از قبیل درجه حرارت آب، pH، میزان هدایت الکتریکی (EC)، اکسیژن محلول، مواد مغذی شامل فسفر کل و ازت کل در کل پهنه آبی و در حوزه آبریز آن به منظور افزایش تولید و توسعه پایدار آبی پروری تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. جهت این کار در کل دریاچه چهار ایستگاه مطالعاتی و خروجی و ورودی آن برای نمونه برداری انتخاب و به مدت یک سال فصل دوبار صورت پذیرفت. این بررسیها نشان داد که آب دریاچه گلابر از نظر میزان مواد مغذی در حد آب‌های یوتروف بوده و مقادیر pH آب کل پهنه آبی دریاچه بامیانگین ۸ و میزان قلیائیت بی کربنات با میانگین ۳۴۷/۶ میلی گرم بر لیتر خصوصیات بافری مناسب بر خوردار بوده است. جهت کلاس بندی آب دریاچه از نظر اتریفیکاسیون از شاخص TSI (شاخص تروفیکی) استفاده گردید و طبق نتایج حاصل از محاسبه شاخص TSI و بر اساس طبقه بندی کارسون دریاچه گلابر جزء دریاچه های یوتروف و مزوتروفیک می باشد.

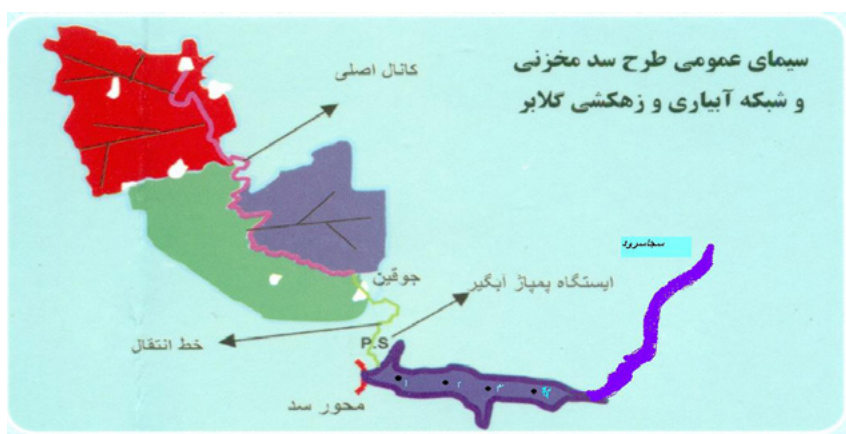
کلید واژه‌ها: دریاچه گلابر، زنجان، شاخص TSI، مواد مغذی، یوتروف

۱. مقدمه

یکی از اهداف مهم در ساخت سدها تامین آب به منظور کشاورزی، شرب و صنعت میباشد آب جمع شده در پشت سدها در زمره آبهای سطحی بوده و از انواع آلودگیها به ویژه آلودگیهای بیولوژیکی برخوردار می باشد. کیفیت آب این نوع منابع آبی شدیداً متأثر از فعالیت های حوزه آبریز است که این فعالیتها بصورت طبیعی و یا مصنوعی و با دخالت انسان انجام می گیرند و اثرات خود را با تاثیر بر کیفیت آب رودخانه ها به آب پشت سدها منتقل می کنند و یا بصورت مستقیم آنها تحت تاثیر قرار می دهند پارامترهای فیزیکی همراه با تولیدات بیولوژی باعث کنترل کیفیت آب می شود که از مهمترین ویژگی ها نور و مواد مغذی قابل دسترس برای موجودات آبی است از بین عناصر غذایی مختلف که بر سرعت تولید اولیه در آبهای شیرین شناخته شده اند که به طور طبیعی غلظت این مواد و دریاچه ها بسیار پایین است اما ورود بار سنگین از این مواد توسط روان آبهای کشاورزی و شهری موجب انفجار جمعیت جلبکها و باکتریهای فتوسنتز کننده می شود و موجب اثرات نامطلوب طعم و بو در آب نیز می گردد. آسیب دیدگی دریاچه ها سلامت انسان را نیز به مخاطره می اندازد. لذا در این تحقیق به دلیل اهمیت ازت و فسفر به عنوان دو عامل مؤثر در سرعت بخشیدن به پدیده یوتروفیکاسیون در دریاچه‌ها و تغییر کیفیت آب به بررسی غلظت این دو ماده مغذی در دریاچه پشت سد گلابر پرداخته ایم [۱].

۲. روش تحقیق

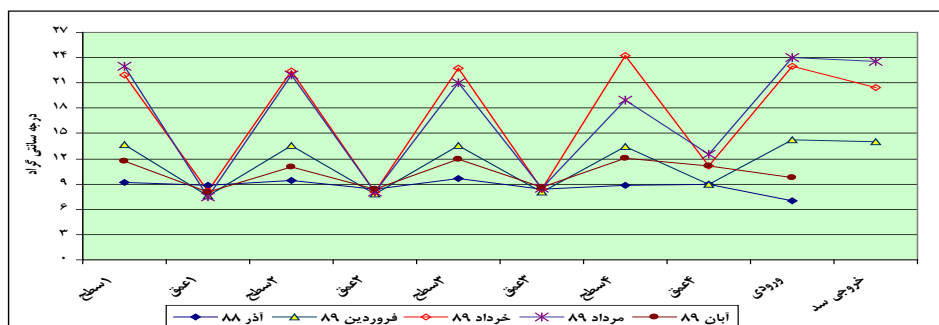
آنالیز پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از روش کار استاندارد ارائه شده توسط آژانس محیط زیست اتحادیه اروپا و همچنین بر اساس استاندارد آب و فاضلاب آمریکا انجام گرفت [۲]. نمونه برداری از آب ورودی و خروجی و چهار ایستگاه در کل پهنه آبی سد گلابر انجام شد. جهت سنجش عوامل شیمیایی و فیزیکی آب با استفاده از ظروف پلی اتیلنی انجام گرفت. هدایت الکتریکی (EC) و pH به روش الکترومتری با دستگاه مولتی متر شرکت WTW کشور آلمان مدل multi ۳۴۰i اندازه گیری شد. اندازه گیری دمای آب با دماسنج جیوه‌ای صورت پذیرفت. اکسیژن محلول به روش وینکلر صورت پذیرفت. ترکیبات مغذی با استفاده از اسپکترو فتومتری انجام شد. ازت-نیترونی، ازت-نیتراتی به روش ستون کاهشی کادمیم و سنجش نیتروژن کل و فسفر کل در آب به روش هضم پرسولفات پتاسیم بوسیله دستگاه اتوکلاو صورت گرفت که در این روش ترکیبات مختلف نیتروژن به صورت نیترات و ترکیبات فسفر به صورت فسفات تبدیل شده و نیترات و فسفات حاصله به ترتیب طبق روش ستون کاهشی کادمیم و روش اسید اسکوربیک اندازه گیری شد. موقعیت جغرافیایی و ایستگاههای مطالعاتی سد گلابر در شکل زیر مشخص شده است.



شکل ۱- موقعیت ایستگاههای مطالعاتی دریاچه گلابر در استان زنجان

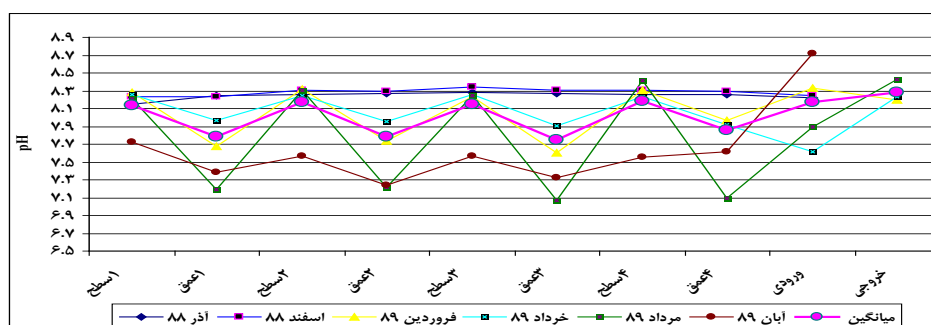
۳. نتایج و بحث

همانطوریکه در نمودارهای زیر مشخص است حد اکثر درجه حرارت آب ۲۴/۲ و حد اقل ۴/۶ درجه سانتی گراد در عمق دریاچه و در سطح آن ۵/۴ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. حد اکثر دمای آب ورودی دریاچه ۲۴ و کمترین دمای آن ۷/۰۲ درجه سانتی گراد بوده است. میانگین دمای آب ورودی ۱۴/۸ و دمای آب خروجی دریاچه ۱۹/۳ درجه سانتی گراد ثبت شده است. تغییرات درجه حرارت و اقلیم منطقه مورد مطالعه دریاچه سد گلابر نشان داد که در حدود ۵ ماه سال درجه حرارت بالای ۱۵ درجه سانتی گراد بوده و مناسب برای پرورش ماهیان گرم آبی خواهد بود. از محدودیتهای پرورش ماهیان گرم آبی در دریاچه دمای پائین برخی از ماهها بدلیل برودت هوا و یخ زدن دریاچه در ماههای زمستان بویژه دی و بهمن می باشد.



نمودار ۱- تغییرات درجه حرارت آب در ماه‌های نمونه برداری دریاچه گلابر زنجان

حد اکثر میزان pH آب دریاچه ۸/۳۴ و حد اقل آن ۷/۱۹ بوده است و بین سطح و عمق دریاچه اختلافی مشاهده نشد میانگین pH آب ورودی به سد ۸/۲ و خروجی آن ۸/۳ و میانگین سالانه pH آب در کل پهنه آبی دریاچه در طی ماه‌های نمونه برداری ۷/۹ ثبت شده است. میزان هدایت الکتریکی (EC) بین حد اقل ۸۰۴ و حداکثر ۹۱۱ میکروموس بر سانتی متر در نوسان بوده و میانگین کل آن ۸۵۸ میکروموس بر سانتی متر ثبت شده است. حد نرمال EC یا قابلیت هدایت الکتریکی جهت پرورش ماهیان سرد آبی و برای ماهیان گرم آبی کمتر از ۶۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر توصیه شده است با این وجود آب دریاچه جهت کاربری شیلاتی محدودیتی ندارد. بنابر این آب دریاچه از لحاظ pH هیچگونه محدودیتی وجود ندارد و در محدوده استاندارد آبی‌پروری گرم آبی قرار دارد.

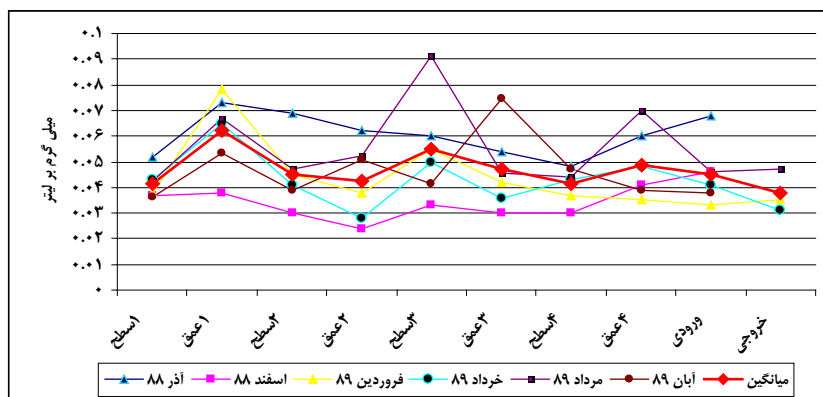


نمودار ۲- تغییرات pH آب در طی ماه‌های نمونه برداری دریاچه گلابر زنجان

بر اساس نتایج بدست آمده وضعیت تروفي دریاچه مورد بررسی قرار گرفت. طور کلی تولید در آب‌های یوتروف بیشتر از آب‌های مزوتروف و الیگوتروف است اگرچه در بسیاری از موارد راندمان تبدیل انرژی در آب‌های یوتروف کمتر از آب‌های مزوتروف و الیگوتروف است در واقع تولید شیلاتی در آب‌های مزوتروف گاه‌بالاتر از آب‌های یوتروف می‌باشد. بررسی سطح تروفي دریاچه گلابر از طریق شاخص‌های فسفات کل عمق قابل مشاهده ششی دیسک، اکسیژن محلول میسر بوده بطوریکه بر اساس شاخص فسفات برای دریاچه‌های الیگوتروف دارای دامنه ۰/۰۱۷ - ۰/۰۰۳ و برای دریاچه‌های مزوتروف با دامنه ۰/۰۹۵ - ۰/۰۱۱ و برای دریاچه‌های یوتروف دارای دامنه ۰/۳۸ - ۰/۰۹۶ میلی گرم در لیتر بیان گردیده است [۳]. وضعیت تغذیه گرای دریاچه بر اساس معیار TSI متوسط میزان فسفر کل در دریاچه بین ۶۳/۶۶ الی ۵۷/۶۹ بوده و نشان می‌دهد که این دریاچه جزء دریاچه‌های یوتروف است. بطور کلی فسفر مهمترین ماده مغذی برای تولیدات اولیه در اکوسیستم‌های آبی بشمار رفته و به عنوان یک عامل محدود کننده شناخته شده است [۴]. شاخص TSI ابزاری سودمند است که توسط کارلسون جهت بیان ساده تر کیفیت آب و مشخص نمودن کلاس دریاچه از لحاظ اتریفیکاسیون ارائه شده است. این شاخص برای تغذیه گرای مخزن بر پایه فسفر می‌باشد که رابطه زیر ارائه گردیده است [۵].

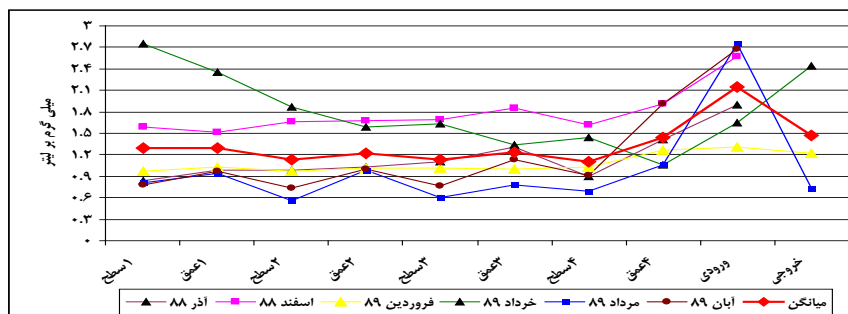
$$TSI(TP) = 14/42 \ln(TP) + 4/15$$

فسفر کل (TP) در این رابطه بر اساس میکرو گرم بر لیتر می‌باشد. با استفاده از رابطه فوق شاخص تروفیکی آب بر اساس فسفر کل در ایستگاههای مورد مطالعه و در دو فصل بهار و تابستان محاسبه گردید.



نمودار ۳- میزان تغییرات فسفر کل در طی ماه‌های نمونه برداری در دریاچه گلابر زنجان

متوسط میزان ازت کل نیز در این دریاچه ۱/۲۳ میلی گرم بر لیتر تعیین شد که براساس منابع ذکر شده در محدوده دریاچه های مزو-یوتروف قرار می گیرد [۳]. همچنین نتایج حاصل نشان می دهد که میزان ورود ازت و فسفر به دریاچه بیشتر از میزان آن در خروجی دریاچه است که دلیل این امر را میتوان به عوامل زیستی دریاچه ارتباط داد و میزان مواد مغذی در کل پهنه آبی دریاچه تا حدی مورد مصرف تولید کنندگان اولیه قرار گرفته است.



نمودار ۴- میزان تغییرات ازت کل در طی ماه‌های نمونه برداری در دریاچه گلابر زنجان

۴. نتیجه گیری

در پایان ذکر این مطلب ضروری است که با توجه به اینکه از زمان آبیگری و بهره برداری رسمی از دریاچه گلابر فقط چند سال می گذرد قضاوت در مورد وضعیت تروفیک دریاچه تا حدی مشکل بنظر است. بنابر این با توجه به جوان بودن دریاچه سد گلابر از نظر میزان مواد مغذی و مواد آلی این دریاچه در حد آب های یوتروف بوده و نتایج آزمایشات هیدروشیمی نشان می دهد که pH آب کل پهنه آبی دریاچه بامیانگین ۸ و میزان قلیائیت بی کربنات با میانگین ۳۴۷/۶ میلی گرم بر لیتر خصوصیات بافتری مناسب بر خوردار بوده و میزان ترکیبات مغذی و سایر عوامل ساختاری آنیون ها و کاتیون ها هیچکدام از این پارامترها در حد فاکتور محدود کننده جهت آبیزی پروری اعم از گرم آبی و سرد آبی محسوب نمی گردد .

منابع

- ۱- استکی ، ۱۳۷۸. تاثیر احداث سد بر افزایش غلظت فسفر در رودخانه حنا (سپهرم) ، مجموعه مقالات اولین همایش ملی بحرانهای زیست محیطی ایران و راهکار های بهبود آن ، اهواز
۳. APHA, ۲۰۰۵. Standard Methods for Examining of Water and Waste Water. ۱۷th edition, Method ۵۰۷, Washington D.C., ۵۳۱p.
۴. OECD , ۱۹۸۲ . Organistion for Economic coperation and development and contorol paris ۱۹۸۲ .
۵. Boyed , C.E. and C.S. Toker ۱۹۹۸. Pound aquaculcure water quality management .Boston , Kluwer academic publishers.
۶. Carlson , R. ۱۹۹۶. A coordinators guide to volunteer lake monitoring methods.

Measurement of some physical and chemical parameters of the water of Glaber Zanzan lake for the purpose of fish breeding

Hadi babaei*, Hojjat mohsenpour

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iranian Fisheries Science Research Institute, Inland Waters Aquaculture Research Center, Bandar Anzali, Iran

Abstract

Glabar Lake is located 55 kilometers southwest of Zanzan in Ejrud city and 3 kilometers from Glabar village with a normal area of 9.8 square kilometers and a water capacity of 116 million cubic meters on the Sejas River. In this study, important key water quality factors such as water temperature, pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen, nutrients including total phosphorus and total nitrogen in the entire water area and in its catchment area in order to increase sustainable aquatic production and development Breeding was determined and investigated. For this purpose, in the whole lake, four study stations and its outlet and inlet were selected for sampling and it was done twice for one year. These investigations showed that the water of Glaber Lake is at the level of eutrophic waters in terms of nutrients, and the pH values of the entire water area of Bamiangin Lake are 8 and the bicarbonate alkalinity with an average of 347.6 mg/liter is suitable for buffering properties. TSI index (trophic index) was used to classify lake water in terms of eutrophication, and according to the results of TSI index calculation and based on Carson's classification, Glaber Lake is one of eutrophic and mesotrophic lakes.

Keywords: Glaber Lake, Zanzan, TSI index, nutrients, eutrophic

طراحی و ساخت برج پاششی به منظور حذف آلاینده گازی با قابلیت جداسازی فیلم مایع تشکیل شده بر روی دیواره داخلی

مهدی خانمحمدي^۱، فاطمه بشی پور^۲*

^۱دانشگاه رازی، دانشکده مهندسی نفت و پتروشیمی

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.razi@bashipour.f

ایمیل ارائه‌دهنده: com.gmail@mehdykm

چکیده فارسی

برج‌های پاششی^۱ یکی از انواع برج‌های جداسازی می‌باشد که به دلیل هزینه ساخت اندک، عملیات آسان و زمان تماس کافی، کاربردهای زیادی در صنعت دارد، این برج‌ها به دلیل تماس نسبتاً خوبی که میان گاز و مایع ایجاد می‌کنند در فرآیند های انتقال جرم، از جمله جداسازی آلودگی و حذف گازهای آلاینده کاربرد زیادی دارند. به همین منظور در این مطالعه یک برج پاششی با توجه المان‌ها و مشخصات این نوع برج‌ها ساخته شده است، که علاوه بر قابلیت حذف آلودگی از جریان گاز با طراحی و ساخت یک قطعه تفلونی در انتهای برج توانایی جداسازی فیلم مایع بر روی دیواره داخلی برج از مایع خروجی برج را داراست. بدین ترتیب می‌توان آن را بعنوان دستگاهی نوین جهت مطالعات انتقال جرم و تاثیر فیلم دیواره داخلی برج بکار برد.

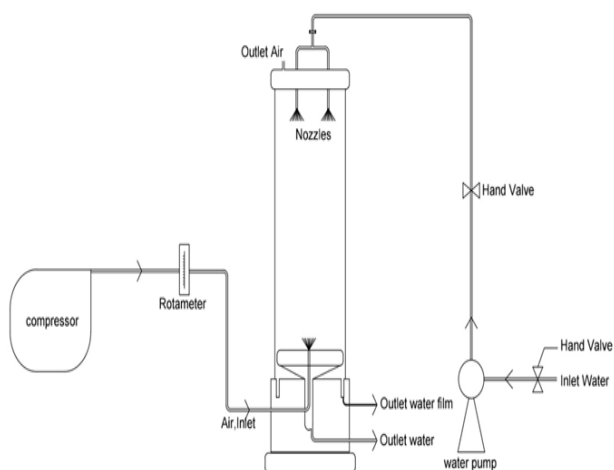
کلید واژه‌ها: برج پاششی، فیلم دیواره داخلی برج، جداسازی، آلاینده گازی.

۱. مقدمه

برج پاششی یک دستگاه گاز مایع است که برای دستیابی به انتقال جرم و حرارت، بین یک فاز گاز پیوسته و یک فاز مایع پراکنده استفاده می‌شود. در مقاله ای که تحت عنوان انتقال جرم و تشکیل فیلم مایع در یک برج اسپری برای حذف در محلول هیدروکسید سدیم^۲ منتشر گردید، یک برج پاششی به قطر ۲۱۰ میلی‌متر و ارتفاع بین ورودی و خروجی ۵۰۰ میلی‌متر ساخته شده و ورودی گاز در پایین برج و خروجی آن ۱۰۵ میلی‌متر در پایین تر است و یک سازه جهت جمع‌آوری فیلم مایع بر روی دیواره داخلی ساخته شده است.^۱ پژوهش دیگری تحت عنوان تاثیر استفاده از ترکیب آب اسیدی بر کارایی حذف آمونیاک^۳ هوا در یک برج پاششی می‌باشد که در آن نتایج حاکی از آن است که افزایش تعداد نازل‌ها، سبب افزایش کارایی حذف می‌شود.^۲ بنابراین اطلاع از تاثیرات پارامترهایی همچون زاویه پاشش نازل، دبی مایع، دبی گاز، و... به بهبود فرآیند طراحی، جداسازی و حذف آلودگی کمک می‌کند. هدف از انجام این پژوهش ساخت برج پاششی می‌باشد که توانایی حذف برخی از آلاینده‌های گازی را داشته و سازه ای که در انتهای برج نصب شود و جداسازی فیلم مایع را از مایع خروجی انجام دهد. بدین ترتیب می‌توان آن را بعنوان دستگاهی نوین جهت مطالعات انتقال جرم و تاثیر فیلم دیواره داخلی برج بکار برد.

۲. روش تحقیق

ساخت دستگاه برج پاششی با اهداف مذکور در دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده نفت و پتروشیمی صورت گرفته است، به منظور ساخت دستگاه، از تجهیزاتی که شرح هرکدام در ادامه بیان شده، استفاده گردیده است. همچنین نمای کلی برج پاششی و شماتیک آن ساخته شده نیز در شکل (۱-۲) و (۲-۲) نشان داده شده است.



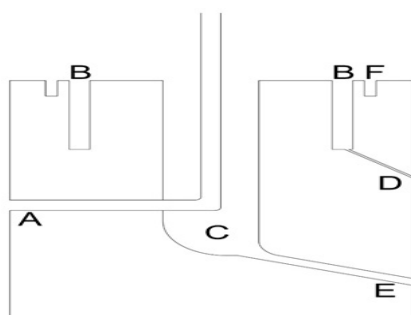
شکل (۲-۲)



شکل (۱-۲)

وسایل و تجهیزات مورد استفاده جهت ساخت این برج شامل موارد زیر می‌باشد:

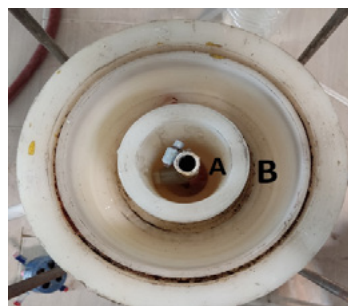
- صفحه‌های نگهدارنده: صفحه‌های تفلونی دایره‌ای شکل به منظور ثابت نگه داشتن استوانه و اتصالات ورودی پایپینگ مایع و خروجی هوا بکارگرفته شده است که در ابتدا و انتهای استوانه قرار دارد.
- جداره برج: جداره برج از جنس پلکسی گلس شفاف می‌باشد که بتوان نحوه پاشش مایع در آن را به راحتی مشاهده کرد.
- استوانه و قیفی جداکننده قطرات آب: مطابق با شکل (۲-۳) فیلم مایع تشکیل شده روی جداره دیواره داخلی برج در قسمت B جمع‌آوری و از طریق خط لوله‌ای به قطر ۱ سانتی‌متر خارج می‌شود، آبی که در انتها برج قرار دارد از طریق خط لوله‌ای که به صورت مورب تعبیه گردیده است خارج خواهد شد. همانطور که در شکل (۲-۳) مشاهده می‌شود یک خط لوله از مرکز استوانه و قیفی از آن خارج شده که مربوط به ورودی گاز می‌باشد. به همین منظور با توجه به شکل (۲-۲) و (۲-۳) مشاهده می‌شود که خط لوله گاز از کنار استوانه و در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از بالای استوانه به قطر ۲ سانتی‌متر به داخل آن وارد و به بالای قیفی ادامه می‌یابد و تجهیز توزیع کننده گاز به آن متصل می‌گردد.



A: ورودی هوا
B: محل جمع‌آوری فیلم مایع
C: محل جمع‌آوری آب انتقال جرم و حرارت داده شده
D: خروجی فیلم آب
E: خروجی آب
F: محل اتصال جداره برج به استوانه

شکل (۳-۲)

همچنین در شکل‌های (۴-۲) و (۵-۲) نما از بالا و نما از کنار استوانه انتهای برج پاششی به ترتیب نشان داده شده است.



شکل (۵-۲)



شکل (۴-۲)

- (4) میله‌های نگهدارنده برج: در دستگاه برج پاششی، میله‌هایی برای ثابت نگه داشتن کل دستگاه، به صفحه‌های بالا و پایین برج متصل شده‌اند.
- (5) پمپ انتقال مایع: یک پمپ به جهت انتقال مایع با مشخصات حداکثر دبی ۳۰ لیتر بر دقیقه، هد ۲۵ متر، قدرت ۰.۵ اسب بخار و حداکثر دمای ۳۰ درجه نصب شده است. لازم است برای انتخاب پمپ به مشخصاتی همچون ارتفاع خط لوله، حداکثر دبی مورد نیاز، قطر لوله، ویسکوزیته آن (اگر از سیالی بجز آب استفاده می‌کنیم) و دما توجه شود.
- (6) نازل‌های پاششی: نازل‌ها باید به گونه‌ای باشند که مایع را به صورت مخروطی توپر، پاشش کند و قابلیت تغییر زاویه را بر روی خود داشته باشند. به منظور تامین دبی مورد نیاز از دو عدد نازل استفاده گردیده است. شایان ذکر است که این برج قابلیت این را دارد که چهار نازل در صورت نیاز برای آن تعبیه گردد.
- (7) روتامتر گاز: برای سنجش دبی گاز از یک روتامتر که دارای شیر تنظیم جهت کنترل دبی گاز ورودی می‌باشد استفاده شده است.
- (8) کمپرسور هوا: به جهت انتخاب کمپرسور مناسبی که دبی مورد نیاز را تولید کند در قسمت طراحی آزمایش حداکثر و حداقل دبی هوا مورد نیاز مشخص گردیده و متناسب با آن کمپرسور انتخاب شده است.
- (9) خط لوله انتقال مایع و تجهیزات نصب شده روی آن: خط لوله از پمپ به نازل‌ها باید به گونه‌ای باشد که از کمترین زانویی استفاده شود، که باعث افت فشار سیال نگردد. همانطور که در شکل (۱-۲) مشاهده می‌شود، یک فلنج در بالای برج به منظور جداسازی راحت‌تر خط لوله در هنگام تعمیرات تعبیه گردیده و یک شیر دستی به جهت تنظیم دبی سیال ورودی بر روی خط لوله در نظر گرفته شده است. در انتخاب گسکت (واشر) که در بین فلنج‌ها قرار می‌گیرد، باید دقت گردد که به جهت حذف و نبود آلودگی در فرآیند حتماً گسکت‌های غیر خوراکی مورد استفاده قرار گیرد.
- (10) خط لوله انتقال گاز و توزیع کننده گاز: برای انتقال هوا، از شیلنگ‌های پلاستیکی به جهت انعطاف پذیری مناسب استفاده شده است. همچنین به منظور توزیع گاز به صورت یکنواخت از یک توزیع کننده گاز در مرکز و انتهای برج استفاده گردیده است
- (11) خروجی هوا: به جهت خروجی هوا از برج در قسمت بالای آن یک حفره به قطر ۰.۵ اینچ تعبیه گردیده است.

۳. نتایج و بحث

مشخص شد که جهت ساخت برج پاششی مهمترین پارامتر مقدار دبی مایع و گاز و ورودی می‌باشد که از طریق آن قطر، طول، تعداد نازل، نوع توزیع کننده هوا، توان و نوع پمپ و... تعیین می‌گردد که با توجه به این نکات ابعاد برج پاششی مشخص گردید و در جدول (۱-۳) نشان داده شده است.

مشخصات نام قطعه	قطر داخلی	قطر خارجی	ارتفاع	عمق
صفحه‌های تفلونی	*	۳۷/۵	۶	*
جداره برج	۱۹	۲۰	۱۱۹	*
استوانه انتهای برج	*	۲۴/۵	۳۴/۵	*
استوانه انتهای برج A	۷/۱	*		۲۲/۵
استوانه انتهای برج B	۱۷/۸	*	*	۱۰
قیفی روی استوانه قسمت بالا	۱۶	۱۸	*	*
قیفی روی استوانه قسمت پایین	۴/۸	*	*	*
توزیع کننده هوا هوا	*	۶	*	*
میله های نگهدارنده	*	۰/۵	۱۵۴	*

جدول (۳-۱)

درمقاله‌ی تاثیر استفاده از ترکیب آب اسیدی بر کارایی حذف آمونیاک هوا در یک برج پاششی، نشان داده شد که افزایش تعداد نازل‌ها، سبب افزایش کارایی حذف می‌شود [۳]، اما برروی تغییر زاویه پاشش تحقیقاتی صورت نگرفته بود که در اینجا مشخص شد، با تغییر زاویه نازل‌ها، دبی فیلم مایع برروی دیواره داخلی نیز تغییر می‌کند که در نتیجه تغییر زاویه پاشش، سبب تغییر در حذف آلودگی می‌شود. همچنین نحوه ساخت سازه انتهای برج و خروج آب‌های انتهای برج نیز نسبت مقاله مذکور متفاوت و راحت تر می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر برج پاششی جدیدی ساخته شد که علاوه بر امکان حذف برخی از آلاینده‌های گازی با سازه‌ای که در انتهای برج نصب شد جداسازی فیلم مایع را از مایع خروجی انجام دهد. بدین ترتیب می‌توان آن را بعنوان دستگای نوین جهت مطالعات انتقال جرم و تاثیر فیلم دیواره داخلی برج بکار برد. همچنین مشخص شد که جهت ساخت برج پاششی مهمترین پارامتر مقدار دبی مایع و گاز و ورودی می‌باشد که از طریق آن قطر، طول، تعداد نازل، نوع توزیع کننده هوا، توان و نوع پمپ و.... تعیین می‌گردد.

1. Milene Costa Codolo, W.A.B., ۲۰۱۶. Mass Transfer and Liquid-Film Formation in a Spray Tower for SO₂ Removal in Sodium Hydroxide Solution. Chem. Eng. Technol. ۳۹: ۱-۸.
2. Mohammad Bagher ABDOLLAHI, M.J.J., Davod PANAHI, Ali Reza RAHMATI, ۲۰۲۰. The Effect of Acidic Water Composition on Removal Efficiency of Air Ammonia in a Spray Tower. Health promotion work. ۴: ۲۷-۳۷.

Design and construction of a spray tower to remove gaseous pollutants with the ability to separate the liquid film formed on the inner wall

Mehdi Khanmohammadi¹, Fatemeh Bashipour^{2*}

^{1,2} Faculty of Petroleum and Chemical Engineering, Razi University, Kermanshah 6714967346, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: f.bashipour@razi.ac.ir

Presenter's E-mail: Mehdykm@gmail.com

Abstract

Spray towers are one of the types of separation towers that have many uses in the industry due to their low construction cost, easy operation and sufficient contact time. These towers are due to the relatively good contact between gas and liquid in mass transfer processes, including separation of pollution and removal of polluting gases are very useful. For this purpose, in this study, a spray tower has been built according to the elements and characteristics of these types of towers, which in addition to the ability to remove pollution from the gas flow by designing and building a Teflon piece at the end of the tower, the ability to separate the liquid film on the inner wall of the tower from The liquid has a tower outlet. In this way, it can be used as a new device for mass transfer studies and the effect of the film on the inner wall of the tower.

Keywords: spray tower, inner wall of the tower, separation, pollution.

پیاده سازی فرآیند مدیریت نگهداشت تجهیزات آزمایشگاهی: مطالعه موردی آزمایشگاه اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی ارومیه

فرید ممیزی^۱ * ، محمد پارسا دولت یاری^۲ _

^۱استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران

^۲دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و اپتیک و لیزر ، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: ir.ac.uut@momayezi.farid

ایمیل ارائه دهنده: com.yahoo@dolatyari.parsa

چکیده

نگهداشت پیشگیرانه یک روش مهندسی مبتنی بر مدیریت دارایی برای کاهش هزینه های مربوط به تعمیر و ارتقا عملکرد، پیشگیری از خرابی تجهیزات و ماشین آلات صنعتی است. به عبارت دیگر هدف از اجرای نگهداشت، به حداکثر رساندن کارایی و کاهش ریسک تجهیزات است. به همین منظور یک برنامه نگهداشت موثر، شامل برنامه ریزی، مدیریت و پیاده سازی مناسب است. این برنامه اجرایی، بازرسی و بررسی ظاهری سخت افزار و نرم افزار طبق زمانبندی مشخص و حساب شده ایی را دربر میگیرد که باید بصورت مستمر مدیریت، ثبت و اجرا شود. در این تحقیق نگهداشت پیشگیرانه در آزمایشگاه پژوهشی و آموزشی اپتیک لیزر دانشگاه صنعتی ارومیه صورت پذیرفته است. که بر اساس ریسک های شناسایی شده، دستگاه ها الویت بندی شده اند و بر اساس الویت بندی صورت گرفته برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه دستگاه های مربوطه پیاده سازی شده اند.

کلید واژه ها : نگهداشت پیشگیرانه، خرابی تجهیزات آزمایشگاهی، مدیریت دارایی، مدیریت ریسک

۱. مقدمه

مدیریت تعمیر و نگهداشت تجهیزات، از عوامل موثر در افزایش عمر تجهیزات، پیشگیری و کاهش میزان خرابی، عیوب احتمالی کاربری تجهیزات در گذر زمان خواهد بود. از آنجا که شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا) از تاثیر گذارترین سامانه‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری میباشد، از نظر ارائه خدمات آزمایشگاهی اعم از یکپارچگی تجهیزات، سهولت کاربری وسایل آزمایشگاهی و ... نقش بسزایی در امر آموزش، پژوهش و تحقیق ایفا میکند. نگرش اصول و ارزیابی تجهیزات در این فرایند وابسته به مدیریت دارایی خواهد بود. مدیریت دارایی، فعالیت هماهنگ یک سازمان برای تحقق ارزش از دارایی است. جوانب مدیریت دارایی در نگهداشت به شرح زیر میباشد:

1. مدیریت مالی مدیریت ۲. منابع انسانی ۳. مدیریت عملکردپایش ۴. عملکرد بهبود عملکرد

عملکرد یک محصول با گذشت زمان و استفاده کاهش می‌یابد یا در طول دوره استفاده خراب می‌شود. نگهداری یک سیستم از زوال تجهیز جلوگیری می‌کند و تجهیز را به حالت عملکرد مورد نیاز خود با تمام اقدامات فنی و اداری، از جمله نظارت برمی‌گرداند [۱]. برنامه‌ریزی نگهداری ضروری است که به طور مثبت به ایجاد فعالیت نگهداری موثر کمک می‌کند [۲]. نگهداری پیشگیرانه شامل اقدامات برنامه‌ریزی شده است تا احتمال خرابی پتانسیل را کاهش داده و عملکرد سیستم را با مداخله در قطعات قبل از وقوع یک خرابی واقعی بهبود بخشد [۳]. نگهداری پیشگیرانه پیشنهاد می‌کند خطر خرابی محصول را کنترل یا کاهش دهد که ممکن است آسیب جدی و هزینه نا قابل تحملی ایجاد کند [۴]. اقدامات نگهداری پیشگیرانه زمانی را در بر می‌گیرد که در غیر این صورت می‌توانست برای فعالیت‌های آزمایشگاهی استفاده شود، اما تأخیر در نگهداری پیشگیرانه تجهیزات آزمایشگاه ممکن است احتمال خرابی محصول را افزایش دهد [۵]. استفاده از نگهداری پیشگیرانه در آزمایش‌های آزمایشگاهی به دستیابی به اهداف کیفیتی موجود در آزمایشگاه کمک می‌کند و به طور موثر آزمایشگاه آزمایش را اجرا می‌کند [۲].

۲. روش تحقیق

تعریف نگهداشت پیشگیرانه: مجموعه فعالیت‌هایی که منجر به تعادل در عملکرد تجهیزات میشود. هدف از اجرای فرایند نگهداشت پیشگیرانه، حداکثر رساندن کارایی، جلوگیری از خرابی غیر منتظره تجهیزات و صرفه جویی کاهش هزینه‌های تعمیرات است.

مدل اجرای برای برنامه نگهداشت در آزمایشگاه

این فرایند اجرایی دارای مراحل است که بصورت زیر است:

- گام اول: تهیه اسامی و دستور کار کامل از تجهیزاتی شامل برنامه نگهداشت میشوند. این لیست براساس جدولی که متشکل از ردیف، نام دستگاه و اقلام مورد نیاز برای راه اندازی است، تنظیم میشود

جدول (۱) جدول تهیه اسامی تجهیزات آزمایشگاه اپتیک و لیزر

ردیف	نام دستگاه	اقلام مورد نیاز برای راه اندازی
۱	طیف سنج جذبی	کابل برق سه پین منبع تغذیه، کوت (جنس کوارتز)
۲	لایه نشانی چرخشی	کابل برق سه پین منبع تغذیه، شیلنگ پنوماتیک
۳	لایه نشانی حرارتی مبتنی بر مقاومت الکتریکی	شیلینگ پنوماتیک، منبع تغذیه، کمپرسور هوا
۴	لیزر حالت گازی CO ₂	کابل برق، شیلنگ ورودی و خروجی
۵	خنک کننده لیزر CO ₂	کابل برق شیلنگ ورودی و خروجی
۶	پمپ خلا روغنی	مخزن روغن، کابل برق، شیلنگ پنوماتیک
۷	ضخامت سنج لایه نازک	کابل برق، افرنه ارتباط بارایانه

گام دوم: تعریف استراتژی نگهداشت، حال حاضر این فرایند با اولویت بندی تجهیزات بر اساس ریسک آنها میسر است شاخصه‌های تعیین ریسک تجهیزات عبارت اند از، با توجه به حساسیت، ظرافت ظاهری یا مدت زمان کاربری و اهمیت عملکرد دستگاه در آزمایشگاه ریسک تجهیزات تعیین میشود

جدول (۲) اولویت بندی جدول فوق بر اساس شاخصه‌های ریسک

اولویت بندی	نام دستگاه	اقدام مورد نیاز برای راه اندازی
۱	لایه نشانی حرارتی مبتنی بر مقاومت الکتریکی	شیلینگ پنوماتیک، منبع تغذیه، کمپرسور هوا
۲	لیزر حالت گازی CO ₂	کابل برق، شیلینگ ورودی و خروجی
۳	خنک کننده لیزر CO ₂	کابل برق شیلینگ ورودی و خروجی
۴	طیف سنج جذبی	کابل برق سه پین منبع تغذیه، کوت (جنس کوارتز)
۵	پمپ خلا روغنی	مخزن روغن، کابل برق، شیلینگ پنوماتیک
۶	لایه نشانی چرخشی	کابل برق سه پین منبع تغذیه، شیلینگ پنوماتیک
۷	ضخامت سنج لایه نازک	کابل برق، افزونه ارتباط بارایانه

- گام سوم: مدیریت مالی هزینه ها که باید تخمین زده شود. از آنجا که دارایی مالی یکی از انواع دارایی هاست، مدیریت مالی نیز زیر مجموعه مدیریت دارایی خواهد بود. بودجه مورد نیاز برای اجرای برنامه نگهداشت را در مرحله ارزیابی و مرحله تعمیر برای تجهیزات برآورد کرد و برای هر دستگاه میتوان هزینه های هایی که صرف نگهداشت و تعمیر آن شده است را در زمان دقیق ثبت کرد. برنامه ریزی بودجه الگویی دقیق در تعالی برنامه نگهداشت نخواهد بود چرا که این هزینه ها قابل پیش بینی نیستند. اما برآورد حدودی آن بر اساس تجارب قبلی ممکن است.
- گام چهارم: مدیریت منابع انسانی

بصورتی برای اجرای این فرآیند نیروی انسانی بصورت انفرادی اپراتور دستگاه مد نظر خویش است. در فرآیند نگهداشت پیشگیرانه تجهیزات آزمایشگاه، مدیریت منابع انسانی شامل،

1. تعداد افرادی که برای اجرای برنامه نگهداشت در نظر گرفته میشود
2. آموزش این افراد
3. اختصاص تجهیزات لازم برای اجرای این فرآیند خواهد بود

پشتیبانی منابع انسانی در اجرای برنامه نگهداشت تاثیر مستقیم کیفیت و صحت آن دارد بطوری که اهداف آن کاملاً برآورده خواهد شد. تقسیم کار بمنظور تطابق با مهارت های نیروی انسانی به منظور افزایش کارایی خواهد بود. زمانی استراتژی برنامه نگهداشت تنظیم گردید، مدیریت منابع انسانی شامل ارزیابی و نظارت مستقیم بر سرویس دهندگان خارجی نیز خواهد بود چراکه اجرای تمام فرآیندهای نگهداشت توسط تمام منابع انسانی داخلی ممکن نیست. پایش عملکرد نیروی داخلی نیاز آنها به آموزش و پشتیبانی را مشخص میسازد لذا مهمترین جنبه مدیریت پرسنل اطمینان از آموزش کافی است.

در برنامه نگهداشت آزمایشگاه اپتیک و لیزر، باتوجه به تعداد کم تجهیزات کارشناس آزمایشگاه به عنوان کارشناس نگهداشت پیشگیرانه تجهیزات انتخاب گردیده و فرآیند ارزیابی و آموزش را اجرا کرده است.

- گام پنجم: برنامه ریزی متناسب با تجهیزات که شامل فعالیت های زیر است:

تعیین نوع ارزیابی :

پایش براساس برنامه ها و روش های گوناگونی صورت میپذیرد که با توجه به نوع و تجهیزات مختص به آن نوع ارزیابی انتخاب میشود. برنامه نگهداشت بسته به نوع دستگاه یا بصورت زمانی یا مصرفی خواهد بود. اگر ارزیابی بصورت زمانی باشد، جدولی مبتنی برحجم کاری تنظیم میشود وکل زمان مورد نیاز برای اجرای فرایند بازرسی و نگهداشت پیشگیرانه را در مدت یک سال دربر میگیرد که در آن نگهداشت جزئی شامل بررسی خود دستگاه و ملزومات همراه آن میباشد که برای هریک از تجهیزات به در بخش نتایج تعریف شده است.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. نگهداشت جزئی

در این روش پایش، بررسی وضعیت بدنه، بررسی وضعیت کلید های عملیاتی، نظافت دستگاه، بررسی وضعیت کابل برق، تست روشن شدن صحیح دستگاه، بررسی اکسسوری ها شامل شیلینگ های ورودی و خروجی اتصالات اضافی و...، بررسی وضعیت صفحه نمایش و بررسی چراغ منبع تغذیه است.

درآزمایشگاه اپتیک و لیزر دانشگاه صنعتی ارومیه برای پایش نگهداشت جزئی هر دستگاه یک فهرست ارزیابی تنظیم گردیده :

جدول(۱) برنامه نگهداشت جزئی دستگاه لایه نشانی حرارتی ۱۰ لیتر

نام دستگاه : لایه نشانی حرارتی ۱۰ لیتری			تاریخ پایش و تست : ۱۴۰۱/۸/۱۵	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی			
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه			
۲	بررسی وضعیت بدنه	یکبار در ماه			
۳	واشر محفظه	قبل از هر بار استفاده			
۴	بررسی اتصالات مکانیکی پمپ دیفیوژن و پمپ روتاری	یکبار در ماه			
۵	بررسی شیلنگ های پتوماتیک پمپ دیفیوژن و پمپ روتاری	یکبار در ماه			
۶	بررسی کابل های برق دستگاه	یکبار در ماه			
۷	تست منبع تغذیه دستگاه	یکبار در ماه			
۸	بررسی مسیر آب خروجی	قبل از هر بار استفاده			
۹	بررسی رگلاژ در محفظه	یکبار در ماه			
۱۰	بررسی فیلتر روغن پمپ دیفیوژن	یکبار در ماه			
۱۱	بررسی فشار سنج کاند سرد	یکبار در ماه			
۱۲	بررسی فشارسنج پیرانی	یکبار در ماه			

جدول (۲) برنامه نگهداشت جزئی لیزر حالت گازی CO_۲

نام دستگاه : لیزر حالت گازی CO ₂			تاریخ پایش و تست :	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی			
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه			
۲	بررسی وضعیت بدنه	یکبار در ماه			
۳	شیشه محیط فعال	قبل از هر بار استفاده			
۴	بدنه فن خنک کننده	قبل از هر بار استفاده			
۵	بررسی شیلنگ های ورودی و خروجی آب	یکبار در ماه			
۶	بررسی کابل های برق دستگاه	یکبار در ماه			
۷	تست منبع تغذیه دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۸	بررسی مسیر آب خروجی	قبل از هر بار استفاده			
۹	نشانگر میزان آب موجود در محفظه خنک کننده	یکبار در ماه			
۱۰	وضعیت ولوم تنظیم شدت	یکبار در ماه			
۱۱	بررسی کلید خاموش و روشن دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۱۲	بررسی وضعیت منبع دمش و الکتروود ها	قبل از هر بار استفاده			

جدول (۳) برنامه نگهداشت جزئی طیف سنج جذبی

نام دستگاه : طیف سنج جذبی			تاریخ پایش و تست :	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی			
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه			
۲	بررسی وضعیت بدنه	شش ماه یکبار			
۳	لامپ خوتربوم	قبل از هر بار استفاده			
۴	منبع دمش	قبل از هر بار استفاده			
۵	بررسی نفاذات محفظه نگهدارنده نمونه	یکبار در ماه			
۶	بررسی کابل های برق دستگاه	یکبار در ماه			
۷	تست منبع تغذیه دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۸	بررسی سلامت و نفاذات کولر	قبل از هر بار استفاده			
۹	بررسی وضعیت صفحه نمایش و لمس آن	یکبار در ماه			
۱۰	بررسی کلید خاموش و روشن دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۱۱	اتصالات و درگاه ها	دو ماه یکبار			

جدول (۴) برنامه نگهداشت جزئی پمپ خلا روغنی

نام دستگاه : پمپ خلا روغنی			تاریخ پایش و تست :	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی			
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه			
۲	بررسی وضعیت بدنه	شش ماه یکبار			
۳	بررسی میزان روغن موجود در محفظه	قبل از هر بار استفاده			
۴	بررسی کابل های برق دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۵	اتصالات و درگاه ها	یکبار در ماه			
۶	بررسی وضعیت شیلنگ پتوماتیک	یکبار در ماه			
۷	بررسی کلید خاموش و روشن دستگاه	قبل از هر بار استفاده			
۸	بررسی وضعیت صفحه نشانگر روغن	قبل از هر بار استفاده			

جدول (۵) برنامه نگهداشت جزئی لایه نشانی چرخشی

نام دستگاه : لایه نشانی چرخشی	تاریخ پایش و تست :	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی	
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه	
۲	بررسی وضعیت بدنه	شش ماه یکبار	
۳	تست چرخش درون محفظه	قبل از هر بار استفاده	
۴	بررسی کابل های برق دستگاه	قبل از هر بار استفاده	
۵	اتصالات و درگاه ها	قبل از هر بار استفاده	
۶	بررسی وضعیت شیلنگ پتوماتیک	قبل از هر بار استفاده	
۷	بررسی کلید خاموش و روشن دستگاه	قبل از هر بار استفاده	
۸	بررسی وضعیت صفحه نمایش دستگاه	قبل از هر بار استفاده	
۹	بررسی وضعیت اعمال خلا در محفظه توسط پمپ خلا	قبل از هر بار استفاده	
۱۰	اعمال برنامه کالیبراسیون توسط دستور العمل در شناسنامه دستگاه	بعد از هر بار استفاده	

جدول (۶) برنامه نگهداشت جزئی ضخامت سنج لایه نازک

نام دستگاه : ضخامت‌سنج لایه نازک	تاریخ پایش و تست :	نوع نگهداشت: جزئی	شماره نگهداشت: ۱
ردیف	نام تست	دوره زمانی	
۱	بررسی وضعیت استحکام دستگاه	یکبار در ماه	
۲	بررسی وضعیت بدنه	شش ماه یکبار	
۳	تست چرخش موتور	قبل از هر بار استفاده	
۴	تست سلامت آشکارساز	دو ماه یکبار	
۵	بررسی کابل های برق دستگاه	قبل از هر بار استفاده	
۶	اتصالات و درگاه ها	یکبار در ماه	
۷	بررسی وضعیت ارتباط افزونه با رایانه	یکبار در ماه	
۸	بررسی کلید خاموش و روشن دستگاه	قبل از هر بار استفاده	
۹	بررسی وضعیت نرم افزار دستگاه	قبل از هر بار استفاده	

۳-۱. نگهداشت کلی

شامل بررسی سخت افزاری که وضعیت ظاهری، وضعیت استحکام دستگاه را دربر میگیرد. همچنین ارزیابی وضعیت نرم افزار دستگاه خواهد بود .

جدول (۷) برنامه نگهداشت جزئی ضخامت سنج لایه نازک

ردیف	نام دستگاه	تعداد نگهداشت جزئی در سال	مدت زمان نگهداشت جزئی برحسب دقیقه	تعداد نگهداشت کلی در سال	مدت زمان نگهداشت کلی برحسب دقیقه
۱	دستگاه لایه نشانی حرارتی ۱۰ لیتر	۸	۶۰	۴	۲۰
۲	لیزر حالت گازی CO ₂	۱۲	۶۰	۶	۱۵
۳	طیف سنج جذبی	۱۰	۳۰	۵	۱۲
۴	پمپ خلا روغنی	۱۰	۲۰	۱۰	۲۰
۵	لایه نشانی چرخشی	۱۰	۲۰	۵	۱۰
۶	ضخامت سنج لایه نازک	۸	۲۰	۴	۱۰

بر اساس فهرست ارزیابی تجهیزات مذکور در آزمایشگاه، چک لیست هایی نیز با نظر کارشناسان اجرای برنامه نگهداشت تهیه میگردد و پس از ارزیابی این چک لیست ها بایگانی خواهد شد.

۴. نتیجه گیری

از آنجا که تجهیزات، ابزار و دستگاه ها در آزمایشگاه به جهت آموزش، پژوهش تشخیص و درآمد زایی استفاده میشوند از اهمیت بسیار بالایی برخوردار هستند و همچنین تعالی برنامه نگهداشت میتواند تاثیر بسزایی در کاربری صحیح و برقراری تعادل در کاربری آن ها داشته باشد . با توجه به آزمایش صورت گرفته در آزمایشگاه دانشگاه صنعتی ارومیه، برنامه نگهداشت علاوه بر نقاط قوت مطرح شده در فوق موجب شفاف سازی از سلامت تجهیزات آزمایشگاهی گردیده است .

- [۱] Basri EI, Razak IH, Ab-Samat H, Kamaruddin S. Preventive maintenance (PM) planning: a review. *Journal of quality in maintenance engineering*. ۲۰۱۷ May ۸;۲۳(۲):۱۱۴-۴۳.
- [۲] Erliza A, Khairi AR, Santoso MG, Amanda T, Nurcahyo R. The Survey of Status Preventive Maintenance Implementation in Government-owned Laboratory in Indonesia. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul* (pp. ۷-۱۰).
- [۳] Zhu, X., Chen, Z., and Borgonovo, E., Remaining-useful-lifetime and system-remaining-profit based importance measures for decisions on preventive maintenance, *Reliability Engineering & System Safety*, vol. ۲۱۶, pp. ۱۰۷۹۵۱, ۲۰۲۱.
- [۴] Ullah, A., Ayat, M., Rehman, H. U., and Batala, L. K., Optimal preventive maintenance level for a repairable product under warranty subject to multimode failure process, *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. ۳۸, pp. ۱۱۹۳-۱۲۱۴, ۲۰۲۱.
- [۵] EN, B., ۱۳۳۰۶: ۲۰۱۷: Maintenance—Maintenance terminology. BSI Standards Publication, ۲۰۱۷. Cassady, C., Richard, and Kutanoglu, E., Integrating preventive maintenance planning and production scheduling for a single machine, *IEEE Transactions on Reliability*, vol. ۵۴, no. ۲, pp. ۳۰۴-۳۰۹, ۲۰۰۵.

Implementation of Laboratory Equipment Maintenance Management Process: A Case Study of the Optics and Laser Laboratory at Urmia University of Technology.

Farid Momayezi^{1*}, Mohammad Parsa Dolatyari²

¹Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Urmia University of Technology, Urmia, Iran

²M.Sc. Student in Engineering and Optics and Laser, Urmia University of Technology, Urmia, Iran

*Corresponding Author's E-mail: farid.momayezi@uut.ac.ir

Presenter's E-mail: parsa.dolatyari@yahoo.com

Abstract

Preventive maintenance is an asset management-based engineering approach aimed at reducing costs associated with repairs and performance upgrades, as well as preventing failures of industrial equipment and machinery. In other words, the goal of implementing maintenance is to maximize equipment efficiency and reduce risks. To this end, an effective maintenance program involves proper planning, management, and implementation. This executable program includes scheduled and calculated hardware and software inspections and evaluations that need to be continuously managed, recorded, and executed. In this study, preventive maintenance was implemented in the Optics and Laser Research and Training Laboratory at Urmia University of Technology. Based on identified risks, the devices were prioritized, and a maintenance and preventive repair program was implemented accordingly.

Keywords: Preventive Maintenance, Laboratory Equipment Failures, Asset Management, Risk Management.

تولید غشاءهای مسطح بر پایه الکتروریسی و بکارگیری آن در حذف ترکیبات شیمیایی از پسابها

ساناز باباپور^۱، سجاد نوبهاری^۲، افسانه ملاحسینی^{۳*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

^۳ عضو هیات علمی دانشکده شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: amollahosseini@iust.ac.ir

ایمیل ارائه‌دهنده: babapoursanaz@gmail.com

چکیده

غشاءهای سنتزی با داشتن بازارهای در حال رشد و فراهم کردن قابلیت‌های جداسازی بالا در بسیاری از صنایع، توانسته‌اند پیشرفت‌های زیادی داشته باشند. الکتروریسی فرایندی رایج و در حال پیشرفت جهت تولید انواع نانو و میکروفیبر و غشاءهای مسطح از محلول‌های پلیمری، سرامیکی یا محلول‌های کامپوزیتی متشکل از پلیمر-نانوذرات است. از میان تمامی روش‌های ساخت غشاء روش الکتروریسی یکی از روش‌های مناسب، آسان و اقتصادی برای ساخت غشاءها و نانوفیبرهای پلیمری است [۱]. ساختارهای الیافی با داشتن مساحت سطح بزرگ، قطرهای نانومقیاس، ساختار متخلخل، اندازه منافذ یکنواخت و به هم پیوسته و گزینش پذیری و تراوایی خوب به طور گسترده در صنایع مختلف نظیر تصفیه آب، فیلتراسیون و شیرین کردن، تصفیه خوراک، صنایع دارویی و غیره بسیار کاربردی و رایج می‌باشند [۲]. در این مقاله به بررسی سنتز غشاء مسطح پلی آکریلونیتریل/ پلی دی متیل سیلوکسان/ تیتانیوم دی اکسید روش الکتروریسی و کاربرد آن و همچنین مزایای این روش پرداخته شده است.

کلید واژه‌ها: پلی آکریلونیتریل، نانوفیبر، الکتروریسی، غشاء، پلیمر

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر، نگرانی‌ها برای حفظ محیط‌زیست و بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی روز به روز افزایش یافته است. یکی از بخش‌های مهم این نگرانی‌ها، پساب‌های صنعتی و آلاینده‌های مختلف است که به محیط‌زیست وارد می‌شوند و می‌توانند به اقلیم، منابع آب، و حیات‌زیست دریاچه‌ها و رودخانه‌ها آسیب‌های جدی وارد کنند. بنابراین، تلاش‌ها برای توسعه روش‌هایی جهت جداسازی و حذف ترکیبات شیمیایی از پساب‌ها و تصفیه آب به منظور کاهش آلودگی محیط‌زیست، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است [۲].

یکی از روش‌های مورد توجه برای جداسازی و تصفیه پساب‌ها، استفاده از غشاهای نیمه نفوذپذیر است. این غشاها به عنوان یک لایه انتخابی عمل می‌کنند که به برخی اجزاء اجازه عبور داده و به برخی اجازه عبور نمی‌دهند [۳]. طراحی و ساخت غشاهای با خواص مناسب جهت جداسازی مواد آلاینده، موضوعی است که محققان در حوزه علوم مهندسی شیمی با آن سر و کار دارند.

در این مقاله، به معرفی و بررسی یک روش نوین در ساخت و کاربرد غشاهای پلیمری می‌پردازیم. سنتز غشاء مسطح از پلی آکریلونیتریل، پلی دی متیل سیلوکسان، و تیتانیوم دی‌اکسید از طریق فرآیند الکتروریسی، یک روش نوین و پیشرفته در تولید غشاهای نیمه نفوذپذیر است که مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۲. روش تحقیق

مواد و تجهیزات

همزن مغناطیس مدل MR ۳۰۰۱ ساخت شرکت هیدولف (آلمان)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به طیفسنج انرژی پراکندگی پرتو ایکس (EDX) مدل SIG-MA ساخت شرکت زایس (آلمان)، ترازو با دقت ۰.۰۰۰۰۱ گرم مدل BP۲۱۱D ساخت شرکت ساتریوس (آلمان)، دستگاه الکتروریسی تهیه شده در آزمایشگاه مجهز به منبع تغذیه با ولتاژ ۳۰ Kv، دستگاه طیفسنج زیر قرمز-تبدیل فوری (FT-IR) مدل ۸۴۰۰S در گستره‌ی فرکانسی ۴۰۰-۴۰۰۰ C ساخت شرکت شیمادزو (ژاپن)، پلی دی متیل سیلوکسان، تیتانیوم دی اکسید، پلی آکریلونیتریل، دی متیل فرمامید، کلروفرم و استون از شرکت مرک (Merck).

شرایط ساخت غشاء پلیمری

برای الکتروریسی محلول پلیمری از دستگاه الکتروریسی ساخته شده در آزمایشگاه با طول درام جمع کننده ۵ سانتی متر و قطر ۳ سانتی متر استفاده شد. برای کاهش مزاحمت فشار هوا در حین الکتروریسی، دستگاه در یک محفظه بسته قرار گرفت. دستگاه الکتروریسی ساخته شده شامل سه بخش اصلی می‌باشد که عبارتند از پمپ سرنگی جهت تزریق یکنواخت پلیمر و جمع کننده از جنس استیل ضد زنگ ساخته شده در آزمایشگاه و منبع الکتریکی با ولتاژ بالا. سازوکار کارکرد دستگاه به این صورت است که پلیمر پکنواخت و ویسکوز در یک سرنگ ۵ میلی لیتری قرار گرفته، سپس سرنگ حاوی پلیمر در داخل پمپ سرنگی قرار داده شد، سپس یک فویل آلومینیومی با ابعاد مشخص شده بر روی جمع کننده قرار داده شد و قطب مثبت منبع ولتاژ بالا به نوک سرنگ و قطب منفی به جمع کننده متصل شد؛ سپس دستگاه روشن شد. برای بررسی عوامل مورد نظر، سرعت جریان محلول پلیمری به میزان ۰.۰۵ میلیلیتر بر دقیقه ثابت نگه داشته شد.

الف- بهینه‌سازی ولتاژ اعمالی: به منظور بهینه سازی ولتاژ، به ترتیب ولتاژهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ کیلو ولت به محلول پلیمری با غلظت ۱۵ درصد وزنی- وزنی دی متیل فرمامید (DMF) اعمال شد، در حالی که فاصله الکتروریسی ۱۵ سانتی متر بود.

ب- بهینه‌سازی غلظت پلیمرحامل: به این منظور، غلظت‌های ۱۲، ۱۵ و ۱۸ درصد وزنی - وزنی پلیمر حامل پلی آکریلونیتریل/ پلی دی متیل سیلوکسان/ تیتانیوم دی اکسید تهیه و الکتروریسی در ولتاژ ۲۰ کیلو ولت و فاصله الکتروریسی ۱۵ سانتی متر صورت گرفت.

د- بهینه‌سازی فاصله الکتروریسی: به منظور بهینه‌سازی فاصله الکتروریسی، الکتروریسی در فواصل ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر و در ولتاژ ۲۰ کیلو ولت و با غلظت ۱۵ درصد وزنی- وزنی انجام شد.

پس از ساخت غشاء، ابتدا از غشاهای بدست آمده تصاویر SEM گرفته و به این ترتیب پارامترهای بهینه انتخاب شدند.

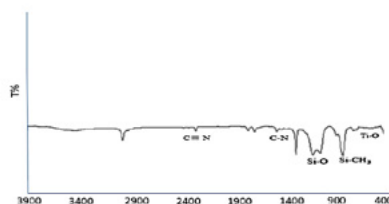
۳. نتایج و بحث

در این بخش از مقاله به منظور شناسایی و تعیین ساختار غشاء PAN/PDMS/TiO_۲ از چندین روش استفاده شده است:

نتایج طیف سنجی FT-IR غشاء PAN/PDMS/TiO_۲

به منظور تایید سنتز غشاء نانوفیبری PAN/PDMS/TiO_۲، طیف‌های FT-IR در محدوده‌ی ۴۰۰۰-۴۰۰ cm^{-۱} ثبت شده است. نتایج حاصل در شکل (۱) نشان داده شده است. پیک‌های موجود در ۱۴۰۴ cm^{-۱} و ۲۹۶۲ cm^{-۱} مربوط به ارتعاشات خمشی و کششی نامتقارن CH_۳ می‌باشند. پیک‌های موجود در ۱۴۵۱، ۱۶۲۷ و ۲۲۴۳ به ترتیب نشان دهنده ارتعاشات پیوندهای C-N، N-H و C N است، پیک‌های موجود در ناحیه جذبی ۷۹۷ cm^{-۱} نمایانگر پیوند Si-CH_۳، پیک جذبی موجود در ناحیه ۸۶۸ cm^{-۱} نشان‌دهنده ارتعاش کششی Si-C است و پیک‌های موجود در نواحی ۱۰۲۲ cm^{-۱} و ۱۰۸۸ cm^{-۱} مربوط به ارتعاش کششی SiO_۲

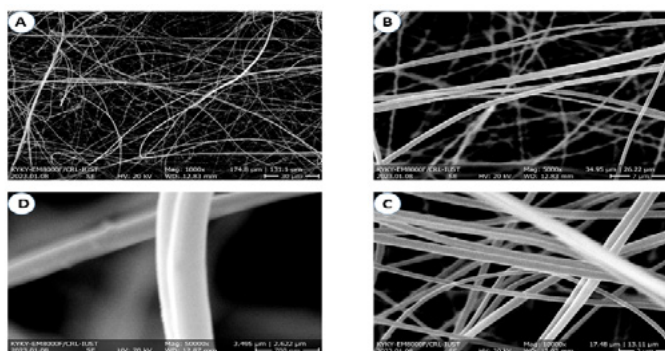
می‌باشد. این گروه از پیک‌های جذبی مربوط به پل دی متیل سیلوکسان است. نوار موجود در 550 cm^{-1} به ارتعاش کششی Ti-O متعلق است. در این طیف که مربوط به غشاء PAN/PDMS/TiO_2 است پیک‌های گروه‌های عاملی هر سه در ساختار غشاء سنتز شده است و با آن مطابقت می‌کند.



شکل ۱- طیف FT-IR مربوط به غشاء الکترورسی شده PAN/PDMS/TiO_2

میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM)

با استفاده از تصاویر FE-SEM می‌توان به مورفولوژی سطح، ضخامت، تعیین اندازه ذرات، میزان تخلخل غشاء سنتز شده پی برد. همچنین می‌توان خصوصیات مختلف غشاء را مورد بررسی قرار داد. شکل (۲)، تصاویر با بزرگنمایی‌های مختلف از غشاء PAN/PDMS/TiO_2 را نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است غشاءهای سنتز شده دارای مورفولوژی یکنواخت و ساختار متخلخل بوده و بدون گلوله است.



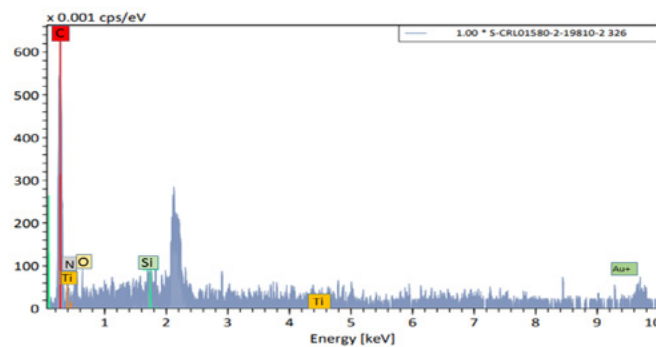
شکل ۱- طیف FT-IR مربوط به غشاء الکترورسی شده PAN/PDMS/TiO_2

طیف‌سنجی انرژی پرتو ایکس (EDS)

آزمون نقشه برداری عنصری به منظور تشخیص نوع عناصر و درصد وزنی یا اتمی آن‌ها در نمونه‌های جامد، چگونگی پراکندگی عناصر در بزرگنمایی بالا و بررسی نمایه‌ی تغییرات غلظت عناصر بین نواحی مختلف نمونه صورت گرفت. در جدول (۱)، درصد جرمی و اتمی عناصر تشکیل دهنده غشاء PAN/PDMS/TiO_2 گزارش شده است. شکل (۳)، طیف سنج انرژی پراش پرتو ایکس این غشاء را نشان می‌دهد. عناصر کربن، نیتروژن، اکسیژن، سیلیسیم، تیتانیوم به صورت پیک نمایان شدند، که وجود عناصر کربن و نیتروژن در آنالیز EDS نشانگر حضور پلی آکریلو نیتریل است. وجود عناصر کربن، اکسیژن و سیلیسیم مبنی بر حضور پلی دی متیل سیلوکسان بوده و در نهایت عنصر تیتانیوم، حضور دی اکسید تیتانیوم در بافت غشاء را ثابت می‌کند.

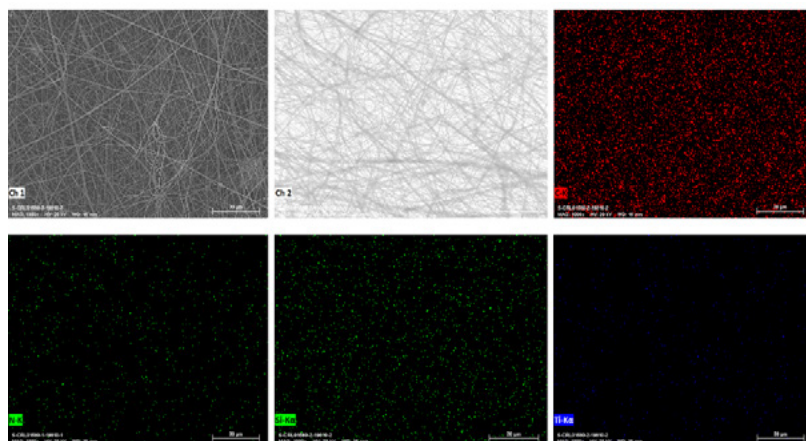
جدول ۱- عناصر تشکیل دهنده غشاء PAN/PDMS/TiO_۲

نوع عنصر	کربن	نیتروژن	اکسیژن	سیلیسیم	تیتانیوم
درصد جرمی عنصر	۶۲/۳	۲۳/۴۳	۱۲	۲/۵	۰/۱۱
درصد اتمی عنصر	۶۸	۲۰/۷۹	۱۱	۰/۹	۰/۰۳



شکل ۳- تصویر پراش انرژی پرتو ایکس غشاء PAN/PDMS/TiO_۲

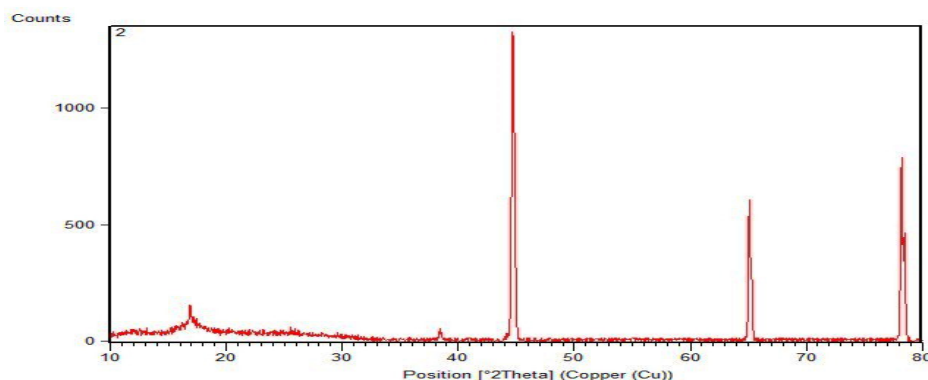
شکل (۴)، تصاویر مربوط به نقشه برداری آزمون EDS غشاء PAN/PDMS/TiO_۲ را نشان می‌دهد، که نشانگر توزیع فراوانی و یکنواختی عناصر کربن، نیتروژن، اکسیژن، سیلیسیم، تیتانیوم در سطح غشاء است.



شکل ۴- تصاویر نقشه برداری EDS غشاء PAN/PDMS/TiO_۲

طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD)

جهت بررسی بلور شناسی غشاء از آزمون XRD استفاده شد. شکل (۵)، طیف XRD غشاء PAN/PDMS/TiO_2 را نشان می‌دهد. محدوده‌ی زاویه‌ای 16.5° درجه حضور PAN و ساختار آمورف آن می‌باشد. پیک‌های موجود در 12.8° و 22.6° درجه مبنی بر حضور PDMS است. تمامی پیک‌های موجود در 48.37° ، 55.17° و 66.8° نشانگر حضور TiO_2 و ساختار بلوری حاصل آن است.



شکل ۵- طیف XRD غشاء PAN/PDMS/TiO_2

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه نانو الیاف PAN/PDMS/TiO_2 با روش الکتروریسی تهیه شد. همچنین خواص فیزیکی، شیمیایی و ساختاری نانو الیاف با استفاده از آنالیزهایی مانند تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM)، طیف سنجی انرژی پراکندگی پرتو ایکس (EDS)، طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) مورد بررسی قرار گرفت. بستر نانو الیافی الکتروریسی شده با خاصیت جذب بالا، به دلیل داشتن نانو الیاف و ساختاری با منافذ بسیار ریز و متخلخل قابلیت بکارگیری در فیلتراسیون و حذف آلاینده‌های شیمیایی و ذرات نانومتری در آب و پساب‌ها را دارا می‌باشد [۳]. از غشاء تولید شده می‌توان در زمینه پزشکی، دفاعی، ساخت غشاء پوشش‌های محافظ و ماسک‌های تنفسی نیز استفاده کرد. در پایان قابل ذکر است که این غشاء به دلیل بهبود رفتار مکانیکی و قابلیت جذب بسیار بالا و تخلخل مناسب، نسبت به بسیاری از غشاءهای الکتروریسی شده برتری دارد که این امر باعث گسترش کاربردهای آن و همچنین گسترش حوزه‌های فعالیت این غشاء می‌شود که می‌توان از مهمترین کاربردهای این غشاء با این ویژگی‌ها به کاربرد آن در تصفیه آب و پساب اشاره کرد [۴].

منابع

- ۱- Fahimirad Sh, Fahimirad Z, Sillanpää M. Efficient removal of water bacteria and viruses using electrospun nanofibers. *Science of The Total Environment*. ۲۰۲۱. Volume ۷۵۱
- ۲- Toriello M, Afsari M, Shon H, Tijing L. Progress on the Fabrication and Application of Electrospun Nanofiber Composites. *Membranes* [Internet] ۲۰۲۰; ۱۰(۹):۲۰۴. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/membranes10090204>
- ۳- Ejaz Ahmed F, Singh Lalia B, Hashaikeh R. A review on electrospinning for membrane fabrication: Challenges and applications. *Desalination*. Volume ۳۵۶. ۲۰۱۵. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.09.033>.
- ۴- Wang C, Wang J, Zeng L, Qiao Z, Liu X, Liu H, Zhang J, Ding J. Fabrication of Electrospun Polymer Nanofibers with Diverse Morphologies. *Molecules*. ۲۰۱۹ Feb ۲۶; ۲۴(۵):۸۳۴. doi: 10.3390/molecules24050834. PMID: ۳۰۸۱۳۵۹۹; PMCID: PMC۶۴۲۹۴۸۷.

Fabrication of polycaprolactone flat membrane by electrospinning method and its use in the removal and of chemical compounds in wastewater as a biopolymer

¹ sanaz babapour, ² sajad nowbahary, ^{3*} Afsaneh Mollahosseini

1

Master's student of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran ¹

Master's student of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran ²

Faculty member of the Chemistry department, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran ³

Corresponding Author's E-mail: amollahosseini@iust.ac.ir*

Presenter's E-mail: babapoursanaz@gmail.com

Abstract

Synthetic membranes, with growing markets and the ability to provide high separation capabilities across various industries, have shown significant advancements. Electrospinning, a common and evolving process, has been used to produce various nano and microfibers as well as flat membranes from polymer solutions, ceramic materials, or composite solutions composed of polymer-nanoparticles. Among all membrane fabrication methods, electrospinning stands out as a suitable, straightforward, and cost-effective approach for creating polymer membranes and nanofibers. Fiber structures with high surface area, nanoscale diameters, porous structure, uniform pore sizes, interconnectedness with the highest selectivity and permeability, find widespread applications in diverse industries such as water purification, filtration, desalination, food processing, pharmaceuticals, could be used. In this article, the synthesis of flat membranes of polyacrylonitrile/polydimethylsiloxane/titanium dioxide using the electrospinning method, their applications, and the advantages of this method are discussed.

Keywords: Polyacrylonitrile, nanofiber, electrospinning, membrane, polymer

نقش شبکه‌سازی آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های تحقیقاتی در توسعه استانی پژوهش و فناوری (معرفی طرح شبکه توسعه استانی پژوهش و فناوری: شتاپ)

محمد صادق علیائی

عضو هیأت علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران

ایمیل: msoliaei@msrt.ir

Member of the academic staff of the Ministry of Science, Research and Technology, Tehran, Iran

E-mail: msoliaei@msrt.ir

چکیده

با توجه به گسترش مراکز آموزش عالی در کشور که شامل بیش از ۲۵۰۰ مؤسسه دولتی و غیر دولتی است، و از سوی دیگر ثبت بیش از ۱۳۰۰۰ آزمایشگاه و ۷۰۰۰ کارگاه تحقیقاتی در سامانه شبکه آزمایشگاه‌های علمی ایران (شاعا)، به منظور ساماندهی و نیز برای حل چالش مهم و اساسی نحوه ارائه خدمات یکپارچه و مؤثر، بررسیها و مطالعات متعددی در سطح استانهای کشور انجام شده است. نتیجه‌گیری کلی این پژوهشها و مطالعات انجام شده بیانگر آن است که چنانچه شبکه‌سازی در سطح استانهای کشور در قالب شبکه توسعه استانی پژوهش و فناوری (شتاپ) با مشارکت تمام مراکز آموزش عالی و دستگاههای اجرایی در استان ایجاد شود، میتواند امکان دسترسی محققان و پژوهشگران به تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی مورد نیاز را فراهم سازد. چنین رویکردی میتواند در رفع مشکلات پژوهشی و تحقیقاتی استانی و توسعه علمی کشور نقشی بسیار مهمی ایفا نماید. لازم به ذکر است روش تحقیق به کار گرفته شده در این پژوهش، به صورت پیمایشی و اسنادی است.

واژگان کلیدی: توسعه استانی، آزمایشگاهها و کارگاههای تحقیقاتی، شتاپ، تجهیزات آزمایشگاهی

در ایران بیش از ۲۵۰۰ دانشگاه و مؤسسه آموزش عالی به صورت دولتی و غیر دولتی وجود دارد و حدود ۱۳۰۰۰ آزمایشگاه و ۷۰۰۰ کارگاه تحقیقاتی در سامانه شاعا ثبت شده است [۱]. سالیانه بخش زیادی از اعتبارات مراکز آموزش عالی برای انجام پروژه‌های تحقیقاتی، در سطوح استانی، ملی و همچنین امور مرتبط با رساله و پایان‌نامه‌های دانشجویی و یا خرید و تأمین تجهیزات تحقیقاتی و آزمایشگاهی هزینه می‌گردد. با بررسی‌های به عمل آمده مشخص شده که از تجهیزات تحقیقاتی و آزمایشگاهی استفاده بهینه‌ای صورت نمی‌گیرد و از طرفی اطلاعات و آمار دقیق و جامعی از آنها نیز در سطوح مختلف مؤسسات کشوری و استانی در دسترس نبوده و در صورت وجود، این اطلاعات و آمار دارای نواقص قابل توجهی می‌باشند. لذا برای ساماندهی وضعیت موجود، در ارتباط با مسائل تحقیقاتی و تجهیزاتی در کشور، نیاز به ایجاد یک حرکت هماهنگ با مشارکت مسئولین استانی و کشوری، پیش از پیش احساس می‌گردد، تا این امکانات و پروژه‌هایی که اعتبارات قابل توجهی برای انجام یا خریدشان صرف گردیده است و در قسمتهای متعدد آموزش عالی و دستگاه‌های اجرایی در سطح استان جانمایی شده است، با برنامه‌ریزی صحیح و اساسی در راستای ساماندهی بهینه و استفاده از تمام ظرفیت موجود پژوهشی، فناوری، کتابخانه‌ای، تجهیزاتی و کارگاهی مورد بهره‌برداری قرار گیرند. از این رو برای ساماندهی این وضعیت موجود، نیاز به یک شبکه‌سازی برای توسعه استانی پژوهش و فناوری تحت عنوان شتاپ می‌باشد، به نحوی که امکان بهره‌برداری مناسب از آنها صورت گیرد.

مبانی نظری

یکی از راه‌های ممکن که میتواند در زمینه استفاده از امکانات تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استانهای کشور به ما کمک کند موضوع شبکه‌سازی است. در واقع بحث شبکه‌سازی یعنی برقراری ارتباطی مفید و سازنده با دستگاهها و یا افرادی که می‌خواهیم با آنها تبادل اطلاعات داشته باشیم و از حمایت آنها برخوردار شویم، شبکه‌سازی موجب می‌گردد تا در زمانی کوتاه‌تر، و با صرف انرژی کمتر به اهداف خود برسیم. ما به واسطه این علم، اطلاعات را به آسانی و در کمترین زمان به یکدیگر منتقل میکنیم و روابطی را ایجاد میکنیم که احتمال دارد در آینده برایمان فرصت شغلی و یا موقعیتهایی را که دوست داریم به وجود آورد [۲].

چشم‌انداز این شبکه میتواند، شناسایی، شبکه‌سازی و به اشتراک‌گذاری امکانات، تجهیزات، توانمندی‌ها و ظرفیت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های علمی و تحقیقاتی و صنعتی استان باشد، به نحوی که همه ظرفیت‌ها و توانمندی‌های پژوهش و فناوری کل کشور در شبکه‌های یکپارچه بین‌المللی، ملی، منطقه‌ای، استانی و مرکزی قرار گیرد تا خدمات آنها با کیفیت مناسب، در کوتاه‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه ممکن در دسترس اعضای هیأت علمی، دانشجویان، محققان، متخصصان و صنایع کشور قرار گیرد [۳].

اهداف شبکه‌سازی استانی

- نهادینه کردن فرهنگ به اشتراک‌گذاری و استفاده مشترک از امکانات پژوهشی و فناوری، تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی یکدیگر (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) در قالب تفاهمنامه فی‌مابین
- امکان برنامه‌ریزی و ارائه خدمات آزمایشگاهی و کارگاهی به یکدیگر و محققان در سطح استان و کشور بر اساس آئین‌نامه داخلی شبکه استانی
- استفاده از توان کارشناسان آموزش دیده و متخصص، جهت ارائه خدمات بهینه پژوهشی و فناوری
- تشکیل کارگروه مناسب جهت برنامه‌ریزی مناسب برای مدیریت، نگهداری، به روزرسانی، کالیبراسیون و تعمیر تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی
- جلوگیری از خرید تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی مشابه و تکراری و همچنین فراهم نمودن امکان خرید دستگاههای ضروری و پرکاربرد، بر حسب نیازهای ضروری استان بر اساس حمایت‌های وزارت عتف برای مؤسسات وابسته با هماهنگی شبکه استانی
- ایجاد شبکه آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان با محوریت شبکه استانی

- تسهیل در بهره‌برداری بهینه از آزمایشگاهها و کارگاههای موجود در استان
- تسهیل امکان دسترسی آسان کلیه متخصصان و محققان به خدمات پژوهشی و آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان
- امکان مشارکت فعال در اجرای پروژههای تحقیقاتی استانی، ملی و بین‌المللی
- تشکیل کارگروه‌های استانی قوی HSE (بهداشت، ایمنی و محیط زیست) جهت استقرار نظام HSE در آزمایشگاهها و کارگاههای واحدهای پژوهشی و آموزشی در سطح استان با همکاری انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران
- تشکیل کارگروه آموزشی برای بالا بردن توان علمی و به روزرسانی اطلاعات آزمایشگاهی و کارگاهی تخصصی اساتید، دانشجویان و کارشناسان در حوزه برنامه‌های آموزشی، پژوهشی، فناوری، تجهیزات آزمایشگاهی، تحقیقاتی و کارگاهی در سطح استان با همکاری انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران
- ایجاد بانک اطلاعات جامع شامل ارائه خدمات آزمایشگاهی، درج اطلاعات تجهیزات، درج اطلاعات پروژههای تحقیقاتی انجام گرفته، در دست اقدام و پروژههای پیشنهادی، رساله‌ها و پایان‌نامه‌ها، جمع‌آوری اطلاعات نمایندگان شرکتهای فروشنده تجهیزات خارجی، داخلی، استانی و ارزیابی و رتبه‌بندی آنها و فضاهای کالبدی (اعم از نیروی انسانی متخصص و سایر امکانات پژوهشی و فناوری)
- بسترسازی لازم برای ایجاد و ساخت آزمایشگاه مرکزی و کارگاه تحقیقاتی با رعایت تمامی استانداردهای بین‌المللی با نظر ستاد شبکه شاعا و با استفاده از تجربیات انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران
- برگزاری جلسات مداوم با اعضای شبکه در استان
- تهیه شیوه‌نامه و نحوه ارائه خدمات به محققان در سطح استان و کشور
- ارتقاء زیرساختهای آزمایشگاهی از جمله استخدام نیروی انسانی متخصص، به روزرسانی دانش نیروی انسانی، ارتقاء سیستم تجهیزات، برگزاری آزمون‌های بین آزمایشگاهی، رتبه‌بندی آزمایشگاهها، به روزرسانی مواد مصرفی و خرید مواد مرجع، تهیه نرم‌افزارهای مورد نیاز و مدیریت مؤثر
- ایجاد آزمایشگاه مرکزی مشترک و برنامه‌ریزی جهت خرید تجهیزات گرانتقیمت و دارای فناوری بالا از طریق سرمایه‌گذاری مشترک در استان
- هماهنگی و همکاری با سایر دانشگاههای موجود در استان از جمله علوم پزشکی، آزاد اسلامی و دستگاههای اجرایی، شرکت‌های خصوصی، عمومی و سایر مؤسسات که دارای امکانات و ظرفیتهای پژوهشی و فناوری مناسب میباشند
- بهره‌گیری حداکثری از ظرفیتهای منابع و توانمندی‌های آزمایشگاهی و کارگاهی و بهره‌برداری بهینه اقتصادی از آنها
- آماده‌سازی کلیه آزمایشگاهها و کارگاهها برای اخذ استانداردهای داخلی و بین‌المللی در سطح استان
- تجهیز و تکمیل زنجیره‌های ناقص آزمایشگاهها و کارگاههای موجود در استان
- تهیه برنامه و الگوی مناسب برای تعمیر و نگهداری تجهیزات آزمایشگاهها و کارگاههای عضو شبکه در سطح استان
- تشکیل کارگروه برای برگزاری دوره‌های آموزشی جهت بازآموزی و ارتقاء توانمندیهای اساتید، دانشجویان و کارشناسان آزمایشگاهها و کارگاهها با همکاری انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران
- تشکیل کارگروه تخصیص هدفمند بودجه اعتبارات استانی جهت توزیع به آزمایشگاهها و کارگاههای عضو در سطح استان به منظور خرید تجهیزات، انجام تعمیرات و نگهداری و ...
- تهیه برنامه هدفمند ارائه خدمات آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان، به جامعه علمی کشور با هدف مأموریت محور کردن و تخصصی کردن آزمایشگاههای مراکز
- تهیه یک سامانه (نرم‌افزار) قوی جهت جمع‌آوری اطلاعات و ارائه خدمات در سطح منطقه و کشور

- توجه جامع به تمامی مؤلفه‌های زیرساخت آزمایشگاهی، کارگاهی از جمله مواد مصرفی، تجهیزات، نیروی انسانی توانمند، دانش فنی، نرم‌افزار و مدیریت
- توسعه همگام زیرساخت آزمایشگاهی، به موازات توسعه فناوری مرتبط در سطح استان و در سطح کشور
- پوشش خدمات آزمایشگاهی در تمام مراحل، از پژوهش تا تولید و تخصیص اعتبار پژوهشی به پژوهشگران
- توجه ویژه به ساخت تجهیزات داخلی و توسعه زیرساخت‌های آزمایشگاهی در سطح استان
- برپایی نمایشگاه‌های مشترک پژوهشی و فناوری، تجهیزات و مواد آزمایشگاهی در سطح استان
- استفاده از سرمایه‌های انسانی و محیط زیست بومی و تشویق پژوهشگران به تفحص و تحقیق در هر استان با توجه به ظرفیت‌های محیط زیستی و صنعتی همان استان
- ایجاد کارگروه‌های تخصصی تجهیزات استراتژیک در استان

مزایای شبکه استانی

- امکان استفاده متقابل و حداکثری از منابع و توانمندی‌های علمی (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) یکدیگر توسط اعضاء شبکه در سطح استان
- نهادینه کردن فرهنگ به اشتراک‌گذاری منابع و توانمندی‌های علمی، کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان و کشور (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری)
- مشارکت اساتید، پژوهشگران و صاحب‌نظران در پروژه‌های تحقیقاتی مشترک در سطح استان و کشور
- جلوگیری از خریدهای غیرضروری و تکراری و در نتیجه کاهش هزینه‌های تحقیق و توسعه در سطح استان
- افزایش توان خرید تجهیزات گران‌قیمت و پیچیده از A طریق سرمایه‌گذاری مشترک در سطح استان
- امکان ارائه خدمات مطلوب‌تر به متقاضیان و پژوهشگران (اعم از دولتی و خصوصی) در سطح استان و کشور
- امکان ارتباط بهتر بین مراکز علمی، صنعتی و تولیدی در سطح استان و در سطح کشور
- زمینه‌سازی برای طراحی و ساخت تجهیزات مهم آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استانی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی
- ایجاد زمینه شناسایی دقیق ظرفیتهای منطقه‌ای برای توسعه علمی، اقتصادی و اجتماعی و در نتیجه کمک به برنامه‌ریزی و آمایش منطقه‌ای
- زمینه‌سازی برای انجام پژوهشهای مشترک در سطوح سازمانی، استانی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی
- ایجاد مطلوبیت در نحوه سرمایه‌گذاری‌های منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی برای توسعه ظرفیتهای پژوهشی در سطح استان
- تسهیل در ادامه صدور خدمات پژوهشی و فناوری، کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان و کشور برای همه محققان
- ایجاد حس رقابت در ارائه خدمات پژوهشی و فناوری بویژه آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح منطقه و کشور
- مدیریت صحیح و قانونمند توانمندیهای پژوهشی و فناوری در بخشهای کتابخانه‌ای، آزمایشگاهی و کارگاهی در سطح استان

نتیجه گیری

امروزه در بخش پژوهش و فناوری اصلترین نیاز کشور، تجاریسازی دستاوردهای علمی و در نهایت تولید محصول و ثروت از علم می‌باشد اما این یک هدف غایی در این حوزه محسوب میشود که برای رسیدن به آن هدف یک سری ملزومات و اقدامات زیر بنایی نیاز است. اصلترین نهادهای موجود در کشور که رسالت تولید علم، ایده، نوآوری و اختراع و تولید محصول اولیه را عهده‌دار میباشند شامل دانشگاهها، پژوهشگاهها، مؤسسات پژوهشی، پارک‌های علم و فناوری و سایر مؤسسات فناوری از جمله مراکز رشد و واحدهای فناور میباشند. نهادهای نامبرده به عنوان بستر تولید ایده تا تولید محصول اولیه، زمانی میتوانند رسالت اصلی خود را انجام دهند که ساختار، شرح وظایف، مدیریت، مأموریتها و حتی بهره‌وری از منابع انسانی آن تماماً مطابق با اصول علمی روز دنیا باشد. گرچه در استفاده از مدلها و به ویژه پیاده‌سازی الگوهای کشورهای پیشرفته علمی، بومیسازی آن قبل از اجرا در کشور ضرورتی انکارناپذیر است. به نظر نگارنده برای پیشبرد امور پژوهشی و فناوری جهت نیل به تولید ثروت عمومی و برطرف کردن نیازهای جامعه به خصوص توسعه و رفع چالشهای پژوهشی و تحقیقاتی در استانهای کشور، شبکه‌سازی زیرساختهای پژوهشی یک ضرورت اساسی است که در این مقاله به چند مورد از مزایای آن اشاره قرار شده است.

فهرست منابع و مآخذ:

۱- علیائی، محمد صادق (۱۳۹۳). عملکرد پژوهش و فناوری معاونت پژوهش و فناوری وزارت عتف.

۲- شبکه آزمایشگاههای علمی ایران shaa.msrt.ir

۳- گزارش آزمایشگاههای مرکزی عضو شبکه شاعا

The Role of Research Laboratories Networking in the Provincial Development of Research and Technology (Introducing the Plan of The Provincial Development Network of Research and Technology: SHETAP)

Mohammad Sadegh Oliaei

Abstract

Considering the development of higher education centers in the country, which includes more than ۲۵۰۰ governmental and non-governmental institutions, and on the other hand, the registration of more than ۱۳۰۰۰ laboratories and ۷۰۰۰ Research Workplaces in the Iranian Scientific Laboratories Network (SHAA), In order to organize as well as solve the vital and fundamental challenge of how to provide integrated and effective services, several surveys and studies have been conducted at the level of the provinces of the country. The general conclusion of findings reveals that if networking is established at the level of the provinces of the country in the form of the Provincial Development Network of Research and Technology (SHETAP) with the cooperation of all higher education centers and executive systems in the province, can provide Research Laboratories and workplaces accessibility needed for researchers. Such an approach can play a crucial role in solving provincial research problems and the scientific development of the country. It should be noted that the research method used in this research is survey and documentary.

Key words: Provincial Development, Research Laboratories and Workplaces, SHETAP, Laboratory Equipment.

کاربرد طیف سنجی رامان بهبود یافته سطحی در آنالیزهای زیست محیطی پساب

سید مسعود اعتضاد^{۱*}، مریم رباطمیلی^۲

^۱ پژوهشگاه رنگ، پژوهشکده مواد رنگزا، گروه پژوهشی محیط زیست و رنگ

^۲ پژوهشگاه رنگ، آزمایشگاه مرکزی

etezad_ma@icrc.ac.ir*

چکیده فارسی

علی‌رغم تلاش‌های گسترده برای حفاظت از سلامت عمومی، شیوع بیماری‌ها هنوز زمانی رخ می‌دهد که مواد شیمیایی سمی و تهدیدات میکروبی به سرعت قابل شناسایی نیستند. گرچه تکنیک‌های متعددی برای تشخیص آلاینده‌ها وجود دارد، تشخیص هر گروه از آلاینده‌ها به ابزار دقیق خاصی نیاز دارد. یکی از روش‌هایی که قادر است ترکیبات هدف را سریع و با حداقل آمادگی نمونه شناسایی کند طیف‌سنجی رامان است. طیف سنجی رامان ساده و غیر مخرب است که به آماده‌سازی کمی نیاز دارد. با این حال، به دلیل قدرت کم سیگنال‌های رامان، این تکنیک به عنوان ابزاری معمول در محیط زیست، کاربرد قابل توجهی ندارد. توسعه اخیر بسترها و روش‌های طیف‌سنجی رامان تقویت‌شده سطحی^۱ (SERS) این امکان را بوجود آورده که روش‌های مبتنی بر رامان برای تشخیص همزمان آلاینده‌های عفونی و غیرعفونی در طیف وسیعی از محیط‌های بکار روند. هدف از این مطالعه ارائه یک نمای کلی از وضعیت فعلی SERS در زمینه تشخیص آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشد.

کلید واژه‌ها :

طیف سنجی رامان، طیف‌سنجی رامان تقویت‌شده سطحی (SERS)، آلاینده‌های زیست محیطی

۱. مقدمه

اسپکتروسکوپی رامان یک تکنیک آنالیز شیمیایی غیر مخرب است که اطلاعات دقیقی از ساختار شیمیایی، فاز، پلی مورفی، ساختار کریستالی و برهمکنش‌های مولکولی فراهم می‌کند. اساس اسپکتروسکوپی رامان برهمکنش نور با پیوند شیمیایی موجود در نمونه است. تکنیک رامان، پراکندگی نور توسط پرتو فرودی از یک منبع شدید نور لیزر است. بیشتر نور پراکنده شده دارای طول موج یکسان با منبع لیزر است و اطلاعات مفیدی ارائه نمی‌کند که به آن پراکندگی Rayleigh می‌گویند. با این حال میزان کمی از نور (حدود 10^{-6}) با طول موج‌های مختلف پراکنده می‌شود که به ساختار شیمیایی نمونه مربوط است و به آن پراکندگی رامان می‌گویند [۱].

طیف سنجی رامان تکنیک رامان ساده و غیر مخرب است به آماده‌سازی نمونه کمی نیاز دارند. طیف‌ها را می‌توان از طریق شیشه شفاف، پلاستیک، آب یا حلال به دست آورد. با این حال، به دلیل قدرت کم سیگنال‌های رامان، این تکنیک به عنوان ابزاری برای نظارت بر آلایندگی محیط زیست، کشش قابل توجهی به دست نیآورده است. توسعه اخیر بسترها و روش‌های SERS قابل تکرار این پتانسیل را دارد که روش‌های مبتنی بر رامان را به استفاده گسترده‌تری برساند و این موانع را برطرف کند.

به طور خلاصه، SERS یکی از تکنیک‌های طیف‌سنجی رامان است که بر اساس تعاملات الکترونیکی و شیمیایی بین لیزر تحریک، آنالیت مورد نظر و یک بستر خاص برای تقویت انتخابی سیگنال و در نتیجه تشخیص مولکول‌های هدف متکی است. در اثر این مجاورت، شدت پخش رامان مولکول مورد نظر، به واسطه تشدید پلاسمون در سطح نانوساختار، تا 10^8 برابر تقویت می‌شود [۲].

در تئوری، هر آنالیت در صورت تعامل با بستر SERS، می‌تواند توسط SERS شناسایی شود. اگر میدان الکترومغناطیس تقارن طبیعی آنالیت را مختل کند، آنالیت در رزونانس با لیزر تحریک باشد یا انتقال بار رخ دهد، حتی مولکول‌های غیرفعال رامان نیز می‌توانند در SERS فعال شوند. طیف‌های SERS همیشه نسخه‌های پیشرفته‌شده طیف رامان نیستند. موقعی که پیوندهای آنالیت فلزی شکل می‌گیرد، موقعیت‌های باند تغییر می‌کند، و هنگامی که آنالیت در جهت خاصی نسبت به بستر SERS جهت می‌گیرد، شدت باند نسبی تغییر می‌کند، بنابراین به بخشی از مولکول اجازه می‌دهد بیشتر تحت تأثیر میدان الکترومغناطیس قرار گیرد. علی‌رغم تفاوت‌های بالقوه بین رامان و SERS، پیوندهای پلازماپذیر درون یک مولکول یا کمپلکس در هر دو نوع طیف مشاهده می‌شوند، آب سیگنال SERS ضعیفی از خود نشان می‌دهد. رامان معمولی می‌تواند بوسیله سیگنال‌های فلورسانس پس‌زمینه که از طریق ناخالصی‌ها یا جذب خط لیزر توسط خود نمونه و بازگشت الکترون‌های برانگیخته به حالت پایه ایجاد نمی‌شود و معمولاً 10^4 برابر شدیدتر از سیگنال‌های رامان هستند تحت تأثیر قرار بگیرد، بسترهای SERS اغلب کانال‌های فروپاشی غیر تشعشعی را فراهم می‌کنند و فلورسانس را خاموش می‌کند. این مزیت‌ها برای کاربردهای زیست محیطی SERS حیاتی هستند و بررسی طیف وسیعی از انواع آلایندگی را در ماتریس‌های آبی فراهم می‌کند [۳ و ۴].

۳. نتایج و بحث

پیچیدگی SERS همواره محققان را با شک و تردیدهایی در ارتباط با آن رو برو ساخته است، اما از دستاوردهای تحلیلی قابل توجه این تکنیک را نمی‌توان نادیده گرفت. به عنوان مثال، در محیط‌های کنترل شده، SERS می‌تواند برای شناسایی آلایندگی‌ها در غلظت‌های فمتومولار در مقیاس‌های زمانی عملی استفاده شود. SERS همچنین قادر به تشخیص همزمان چندین آلایندگی با قطبیت‌ها و وزن‌های مولکولی متفاوت است، شاهرکاری که اکثر استراتژی‌های تشخیص موجود نمی‌توانند به آن دست یابند. علاوه بر این، SERS به تفاوت‌های بسیار جزئی در ساختار مواد بسیار حساس است و امکان تمایز مولکول‌های آلی با ساختار مشابه و سویه‌های باکتریایی را فراهم می‌کند. در اینجا، ما بر روی کاربردهای اخیر SERS برای شناسایی کیفی و تجزیه و تحلیل کمی آلایندگی‌ها و پاتوژن‌های آلی و معدنی آبی و هوا متمرکز می‌شویم.

۳-۱- شناسایی آلایندگی‌های آلی و غیرآلی موجود در آب و هوا

SERS از گونه‌های آبی نسبتاً ساده است: نمونه بر روی یک بستر جامد SERS خشک می‌شود یا در یک فاز آبی حاوی نانوذرات حل می‌شود. SERS نمونه‌های هوابرد نیاز به یک مرحله اضافی برای تماس آنالیت با بستر SERS دارد. آنالیت‌های موجود در هوا ممکن است روی بسترهای جامد SERS رسوب کنند، از طریق ضربه‌گیرهایی که نمونه‌ها را به داخل کووت‌های حاوی نانوذرات آبی هدایت می‌شوند [۵].

بعنوان مثال اندازه‌گیری کمی محلول قارچ کش مالاکیت سبز با استفاده از یک کانال میکروسپال پلی دی متیل سیلوکسان (PDMS) و نانوذرات نقره [۷].

۳-۲- شناسایی شناسایی پاتوژن‌ها

SERS برای تشخیص پاتوژن‌ها از طریق پوشش دادن سلول‌ها با مواد فعال مورد استفاده در این تکنیک، کاهش یک فلز نجیب در دیواره سلولی برای تولید

نانوساختارها، استفاده از یک بستر جامد یا علامت‌گذاری پاتوژن‌ها با برچسب‌های ایمنی فعال SERS به دست می‌آید. با این حال، غلبه بر متغیر بودن نمونه می‌تواند چالش برانگیز باشد. سطح یک پاتوژن، که می‌تواند از نظر اندازه از ۱۰ نانومتر برای یک پرویون کوچک تا چندین میکرومتر برای تک یاخته‌ها متفاوت باشد، از آرایه متنوعی از مولکول‌های زیستی تشکیل شده است که هر کدام دارای یک طیف رامان مشخصه هستند. طیف SERS ناحیه نمونه روشن شده توسط لیزر و ویژگی‌های سطحی مرتبط با بستر SERS را منعکس می‌کند. تغییرات در این پارامترها باعث می‌شود که یک پاتوژن چندین طیف SERS متفاوت را نشان دهد. هنگامی که نانوساختارهای فعال SERS با یک مولکول زیستی خاص در سطح سلول مرتبط می‌شوند، سلول‌های میکروسیالی به طور کامل نمونه‌ها را در طول طیف‌گیری مخلوط می‌کنند، یا سلول‌ها روی بسترهای جامد قرار می‌گیرند و سیگنال‌های SERS به‌دست آمده در یک منطقه بزرگ به‌طور متوسط جمع‌آوری می‌شوند و بدین ترتیب می‌توان اثرات چنین تنوعی را به حداقل رساند [۱۷].

۴. نتیجه‌گیری

مانند هر تکنیک تحلیلی، SERS با چالش‌هایی روبروست. SERS نه تنها به جزئیات ساختار مولکولی حساس است، بلکه به محیط محلی و جهت‌گیری مولکولی در بسترها نیز حساس است. از این رو، بدست آوردن چندین طیف SERS کاملاً متمایز از یک نمونه واحد در کسری از ثانیه غیرمعمول نیست، بنابراین باعث می‌شود برخی از آزمایشات SERS بسیار متفاوت باشند. تغییرات جزئی در ویژگی‌های زیرلایه SERS، میزان تجمع نانو نقره یا نانو طلا، شیمی سطح بستر، شیمی ماتریس نمونه، وجود ناخالصی‌ها، جهت آنالیت، یا شرایط آنالیز می‌تواند بر طیف SERS تأثیر بگذارد. طیف‌های SERS ناپایدار همچنین زمانی تولید می‌شوند که قرار گرفتن در معرض لیزر و مکانیسم‌های حرارتی یا فتوشیمیایی، آنالیت‌ها یا بسترهای SERS را در مقیاس‌های زمانی کوتاه تخریب می‌کنند. اگرچه تشخیص همزمان چند نوع آلاینده امکان پذیر است، اما استفاده از تنظیمات SERS برای یک مولکول به مولکول دیگر با ساختار، قطبیت یا وزن مولکولی مشابه همیشه ساده نیست. آنالیت‌ها باید دقیقاً با یک بستر SERS سازگار، لیزر تحریک و مجموعه‌ای از پارامترهای آزمایشی مطابقت داده شوند.

علیرغم این موانع، SERS به سرعت در حال تبدیل شدن به یک ابزار تحلیلی عملی است که می‌تواند به طور همزمان برای آنالیز چندین نوع از آنالیت استفاده شود. علاوه بر این، کاربردهای SERS محدود به آزمایشگاه نیست: سلول‌های میکروسیالی، کاربردهای آزمایشگاهی روی تراشه با سیستم‌های قابل حمل رامان، آنالیزهای میدانی کمی را برای گونه‌هایی مانند اسید دی‌پیکولینیک و مالاویت گرین تسهیل کرده‌اند. با سرعت کنونی توسعه زیرلایه‌های SERS تکرارپذیر، دستگاه‌های میکروسیالی که تنوع طیفی را کاهش می‌دهند و کاربردهای عملی برای مسائل تحلیلی مرتبط با محیط زیست، SERS پتانسیل زیادی برای تبدیل شدن به یک تکنیک سریع، قابل اعتماد و گسترده دارد.

منابع

- [۱] Butler H., Nature Protocols, ۲۰۱۶, ۱۱, ۶۶۴.
- [۲] Pieczonka, NPW., Aroca, R.F., Single molecule analysis by surfaced-enhanced Raman scattering, Chemical Society Reviews, ۲۰۰۸, ۳۷, ۹۴۶-۹۵۴.
- [۳] Etchegoin P.G., Le Ru E.C, Surface Enhanced Raman Spectroscopy, Wiley-VCH Verlag, ۱-۳۷, ۲۰۱۰.
- [۴] Rule K, Vikesland P. Surface-enhanced resonance Raman spectroscopy for the rapid detection of Cryptosporidium parvum and Giardia lamblia Environ. Sci. Technol. ۲۰۰۹
- [۵] Piorek B D, Lee S J, Santiago J G, Moskovits, M.; Banerjee, S.; Meinhardt, C. D. Free-surface microfluidic control of surface-enhanced Raman spectroscopy for the optimized detection of airborne molecules Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. ۲۰۰۷, ۱۰۴, ۱۸۸۹۸- ۱۸۹۰.
- [۶] Liu, Y, Chao K, Nou X, Chen YR, Feasibility of colloidal silver SERS for rapid bacterial screening Sens. Instrum. Food Qual. Saf. ۲۰۰۹
- [۷] Zeiri L, Efrima S, Surface-enhanced Raman scattering (SERS) of microorganisms Isr. J. Chem. ۲۰۰۶, ۴۶, ۳۳۷- ۳۴۶

Application of surface-enhanced Raman spectroscopy in environmental analysis of wastewater

Seyed Masoud Etezzad^{1*}, Maryam Robatmeily²

¹ Institute for Color Science and Technology, Dyes and Pigments Faculty, Department of Environmental Research, Tehran, Iran

² Institute for Color Science and Technology, Central Laboratory, Tehran, Iran

*Etezzad-ma@icrc.ac.ir

Abstract

Despite extensive efforts to protect public health, disease outbreaks still occur when toxic chemicals and microbial threats are not quickly identified. Although there are several techniques for the detection of pollutants, the detection of each group of pollutants requires a specific instrument. One of the methods that can identify target compounds quickly and with minimal sample preparation is Raman spectroscopy. Raman spectroscopy is simple and non-destructive, requiring little preparation. However, due to the low power of Raman signals, this technique is not widely used as a routine tool in the environment. The recent development of surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) substrates and methods has made it possible for Raman-based methods to be used for the simultaneous detection of infectious and non-infectious pollutants in a wide range of environments. The aim of this study is to provide an overview of the current state of SERS in the field of detecting environmental pollutants.

Keywords: Raman spectroscopy, surface-enhanced Raman spectroscopy, Environmental pollutants

مقاله‌های سخنرانی‌ها

Machine learning aids to predict the anti-MDR properties of AgNPs

Sona Ayadi Hassan^{1*} and Parinaz Ghadam²

Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran ^{2&1}

*Corresponding Author's E-mail: s.ayadihassan@alzahra.ac.ir**

Presenter's E-mail: s.ayadihassan@alzahra.ac.ir

Abstract

The rise and quick spreading of Multi Drug Resistant (MDR) bacteria that cannot be killed by multiple drugs is a worry for the health of the public. Research on special NPs like silver nanoparticles (AgNPs) with stronger ability to kill microbes is growing as alternatives for antibiotics. In this research, Machine Learning (ML) models were presented that can predict how well certain AgNPs can kill MDR bacteria. After making the data consistent and preparing it, regression models were taught and their accuracy were checked using different measurements of performance. Finally, we did a significant evaluation to determine which attributes are most important in predicting the outcome. The importance of certain factors in determining how well AgNPs can kill bacteria was studied. The main factors were found to be the core size, DLS size, NPs dose, and the type of bacterium being targeted.

Keywords: Machine Learning, MDR, AgNPs, Bacteria

1. Introduction

Because of the increased antibiotic resistance among microorganisms, the incidence of MDR bacteria will lead to be a reality. Overconsumption of antibiotics causes prolonged hospitalization and extensive death cases. Unfortunately, antimicrobial resistance has been occurred against some antibiotics, which are widely administered against some fetal and pathogenic microorganisms (Teixeira et al., 2018). It is so disappointing that no effective kinds of antibiotics have been produced newly to overcome this problem. The reoccurrence of resistance against newly developed antibiotics leads this process to the development of substitutes to overcome these challenges (Adeniji, 2018). Nanoparticles (NPs) is one of the most frequently produced nanomaterials, which has extended antimicrobial properties due to their special physical and chemical properties (p-chem). Since they present remarkable antimicrobial properties (Gharpure et al., 2020), they have been suggested as promising substitutes for antibiotics (Basavegowda & Baek, 2021). Based on the literature, metal-based NPs are vigorous agents in the attempt for the control and elimination of the microorganisms specially drug-resistant strains (Abbasi et al., 2017; Hassan et al., 2023). Antibacterial properties of NPs are mainly based on two factors: 1) Physical and chemical properties of a NP and 2) the type of examined bacteria (Mirzaei et al., 2021). Since not all NPs have the capacity for being applied in the combat for eradication of antibiotic resistant bacte-

ria, thus the discovery of such an ideal antibiotic in this case requires hard work and too much time. It is needed to have some predictions about the desired NPs with suitable antibiotic properties for the control and eradication of MDR Bacteria. ML answers the question of how to design and construct computers that are taught automatically by experiences and practices. Something, which is so vital for medical trials. Up to now, ML has been employed to predict successful delivery of anticancer drugs (Das & Chandra, 2022) or direct delivery of anticancer NPs into cancer cell lines (Lin et al., 2022). In another study, antioxidant properties of nanomaterials were predicted by ML (Mirzaei et al., 2023). Saadat et al (Saadat et al., 2022) suggested a ML tool for the prediction of antibacterial effects of biogenic silver NPs against gram negative and gram positive bacteria. However, none of these investigations have focused on the prediction of antimicrobial effects of NPs against MDR bacteria. All in vitro data were gathered from literature studies and stored them in a comprehensive dataset. The present investigation screens AgNPs, predicts their antibacterial effects for the control and eradication of MDR bacteria to save time and decreasing the expenses by reducing the frequency of clinical trials. Suggestion of such a ML based tool can control and inhibit the growth and biofilm formation of MDR bacteria that are of a great importance for public health.

2. Materials and methods

Figure 1 presents the flowchart followed for the model implementation.

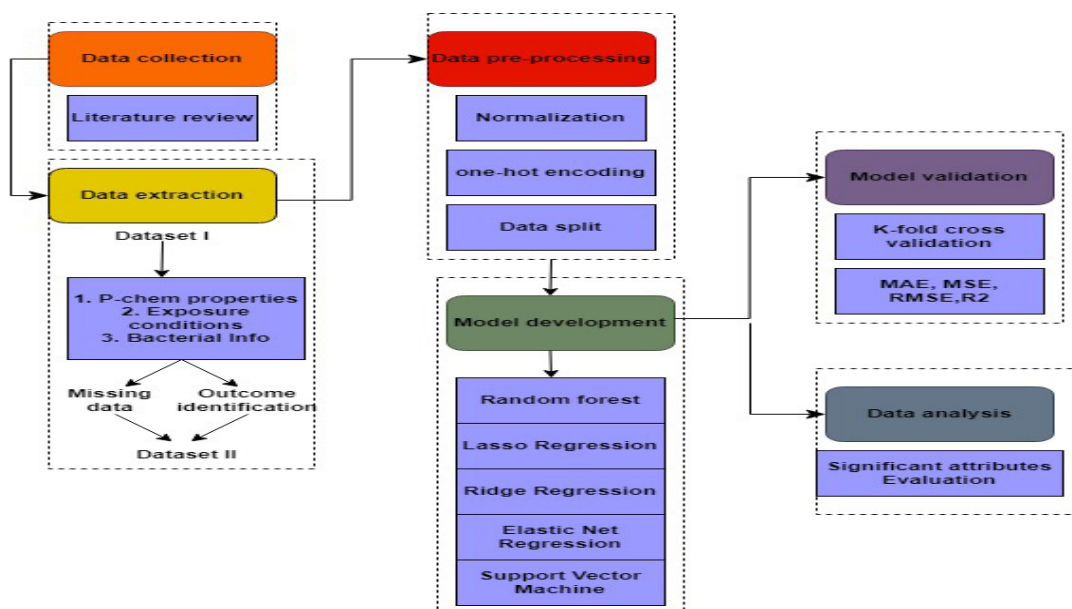


Figure 1. Prediction models for MDR bacteria flowchart

3. Results and discussion

The primary dataset comprised 1501 rows and 18 columns (15 inputs, 3 outputs) extracted from 70 studies investigating the antibacterial properties of the AgNPs against MDR bacteria. Input selection and transformation: The input data consisted of hydrodynamic size (nm), zeta potential (measured in water and medium) (mV), core size (nm), exposure dose ($\mu\text{g/mL}$), and duration (h) reported in numeric values. Variables with nominal values included shape, type of NPs, coating and bacteria classification information. Based on the statistical evaluations, surface area, dose (μg), dose (Mm), dose (%), hydrodynamic size and zeta potential had approximately more than 70% missing values and were therefore excluded. The aggregation potential had 39%

missing data and therefore was discharged. The different types of coating, duration, shape and bacteria had no missing values. MBC 50%, MIC 50%, optical density, MBC and MIC had missing values more than 55%, and then these values were omitted too. Since among output values, MBC and MIC had more missing values than Zone of Inhibition (ZOI) that is why they were discharged too and the dose related to ZOI, $\mu\text{g/mL}$ was stored. In final dataset (dataset II), size, shape, coating and species have no missing values while dose ($\mu\text{g/mL}$) and size have missing values of 16% and 3.2% respectively (Figure 2).

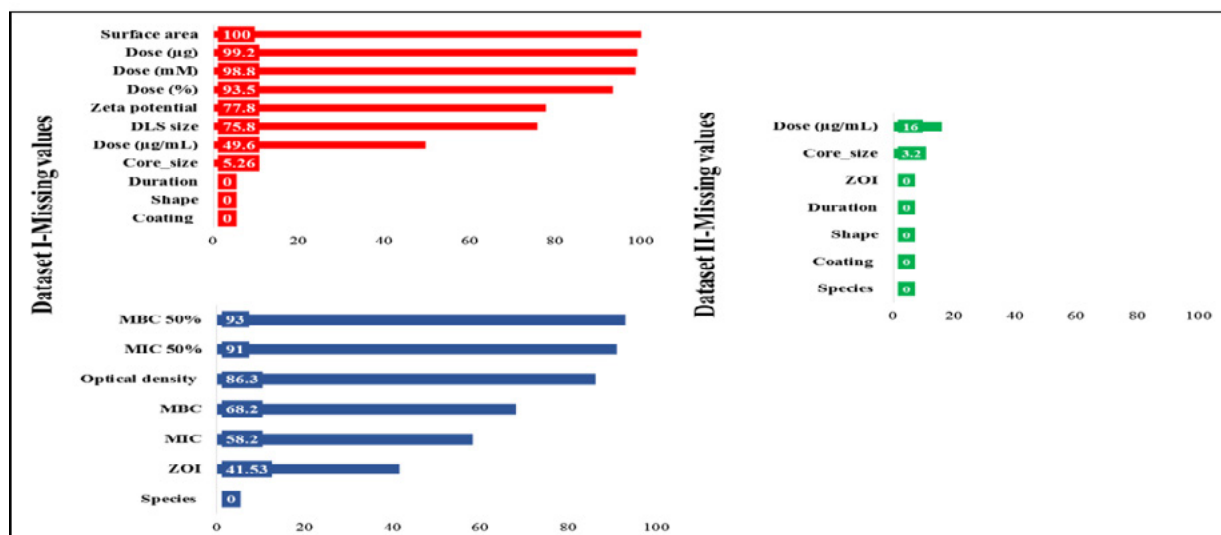


Figure 2. Dataset I. Missing values (percentages) of input and output parameters (left). Dataset II missing values of .(inputs and one outcome, ZOI (right)

The correlation analysis revealed the core size, DLS size and dose of the NPs are tightly effective on antibacterial activities of AgNPs, because the size of NPs are strong attributes for their penetration into bacterial cell wall (Truong et al., 2020). Zeta potential did not show good correlations with ZOI because of the missing data (Mirzaei et al., 2021). The capped AgNPs ruled as an important feature for the control of bacteria which suggests capping as a matter of stability (Ferreira et al., 2023). Besides, it revealed that the family, class and species of bacteria are significant in determining the antibacterial activities (Mirzaei et al., 2021). The evaluation of models like linear regression and decision tree revealed R^2 close to 0.9 that shows the input data could predict the antibacterial properties of AgNPs effectively.

4. Conclusions

Bacterial resistance to antibiotics has become one of the biggest public health problems. AgNPs are a valuable and innovative technology for developing antibiotic alternatives. In this study, we examined the performance of various ML tools for predicting the efficacy of AgNPs as antibacterial agents against MDR bacteria. This study is one of the initial attempts to help the researchers screen AgNPs with potentially high ant MDR potency and help tune their properties. With this interdisciplinary approach, we combined foundational scientific knowledge with computer science tools. This is a valuable activity as it empowers laboratory staff to take advantage of developments in the Artificial Intelligent (AI) field, improving timeliness and reducing the number of experiments performed and associated costs. Due to inconsistent reporting of the p-chemistry characters of NPs in antibacterial studies, there are large data gaps in the resulting datasets. We emphasize the need for standardized measurements to characterize NPs to allow for more comprehensive data. This paper presents the need for more accurate data and warns the scientific community for the lack of a comprehensive data set on the anti-MDR potential of AgNPs.

5. Acknowledgments

This research was financially supported by the Research Council of Alzahra University, Tehran, Iran.

6. References and Citations

- Abbasi, Z., Feizi, S., Taghipour, E., & Ghadam, P. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of dried *Juglans regia* green husk and examination of its biological properties. *Green Processing and Synthesis*, 6(5), 477–485.
- Adeniji, F. (2018). Global analysis of strategies to tackle antimicrobial resistance. *International Journal of Pharmacy Practice*, 26(1), 85–89.
- Basavegowda, N., & Baek, K.-H. (2021). Multimetallic nanoparticles as alternative antimicrobial agents: challenges and perspectives. *Molecules*, 26(4), 912.
- Das, K. P., & Chandra, J. (2022). Nanoparticles and convergence of artificial intelligence for targeted drug delivery for cancer therapy: Current progress and challenges. *Frontiers in Medical Technology*, 4.
- Ferreira, A. M., Vikulina, A., Loughlin, M., & Volodkin, D. (2023). How similar is the antibacterial activity of silver nanoparticles coated with different capping agents? *RSC Advances*, 13(16), 10542–10555.
- Gharpure, S., Akash, A., & Ankamwar, B. (2020). A review on antimicrobial properties of metal nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 20(6), 3303–3339.
- Hassan, S. A., Ghadam, P., Ali, A. A., Dadvar, A. A., & Ahmadi, M. (2023). Introduction to the biogenic Ag nanozyme for the control and eradication of microbes and environmental pollutants. *Materials Chemistry and Physics*, 128107.
- Lin, Z., Chou, W.-C., Cheng, Y.-H., He, C., Monteiro-Riviere, N. A., & Riviere, J. E. (2022). Predicting nanoparticle delivery to tumors using machine learning and artificial intelligence approaches. *International Journal of Nanomedicine*, 1365–1379.
- Mirzaei, M., Furxhi, I., Murphy, F., & Mullins, M. (2021). A machine learning tool to predict the antibacterial capacity of nanoparticles. *Nanomaterials*, 11(7), 1774.
- Mirzaei, M., Furxhi, I., Murphy, F., & Mullins, M. (2023). Employing Supervised Algorithms for the Prediction of Nanomaterial's Antioxidant Efficiency. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(3), 2792.
- Saadat, A., Dehghani Varniab, A., & Madani, S. M. (2022). Prediction of the Antibacterial Activity of the Green Synthesized Silver Nanoparticles against Gram Negative and Positive Bacteria by using Machine Learning Algorithms. *Journal of Nanomaterials*, 2022.
- Teixeira, M. C., Sanchez-Lopez, E., Espina, M., Calpena, A. C., Silva, A. M., Veiga, F. J., Garcia, M. L., & Souto, E. B. (2018). Advances in antibiotic nanotherapy: Overcoming antimicrobial resistance. *Emerging Nanotechnologies in Immunology*, 233–259.
- Truong, T. T. V., Kumar, S. R., Huang, Y.-T., Chen, D. W., Liu, Y.-K., & Lue, S. J. (2020). Size-dependent antibacterial activity of silver nanoparticle-loaded graphene oxide nanosheets. *Nanomaterials*, 10(6), 1207.

Targeted Glutathione-Sensitive Nanoparticles for Doxorubicin Delivery to Breast Cancer Cells

Babaei¹, Soheila Kashanian^{2,3*}, Zahra Salemi⁴ Mahsa

Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran 1

Faculty of Chemistry, Sensor and Biosensor Research Center (SBRC), Razi University, Kermanshah, Iran 2

Nanobiotechnology Department, Faculty of Innovative Science and Technology, Razi University, Kermanshah, Iran 3

Department of Biochemistry, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran 4

Corresponding Author's E-mail: kashanian_s@yahoo.com*

Presenter's E-mail: Babaeimahsa28@gmail.com

Abstract

Chitosan (Cs), a biocompatible and biodegradable polymer, has been widely used as a potential nanocarrier in recent years. Although, the positive charge of the Cs has limited its utilization as an effective nanoparticle (NPs) for the positive charge drugs. So, loading the DOX, a positive charge anticancer drug, into chitosan-based NPs is challenging. Herein, we offer a Cs derivation polymer by covalent linkage to L-Cysteine (L-Cys) for reducing the enhancing the entrapment efficiency (EE%) of DOX. Accordingly, the targeted DOX-loaded NPs based on Cs-Cys copolymer with redox-responsive properties were synthesized. At first, the Cs-CysNPs-DOX were synthesized by ion-gelation method, then they were targeted by Hyaluronic acid (HA). Ultimately, they were characterized in terms of size, zeta potential, EE%, and morphology. Also, *in vitro* drug release was analyzed. Overall, the suggested NPs demonstrated a high potential for targeted therapy and effective applications in biomedical research.

Keywords: Breast cancer; Chitosan; Doxorubicin; Hyaluronic acid; Glutathione.

1. Introduction

Chemotherapy is a critical cancer treatment procedure, but insolubility, non-specificity, wide biological distribution, short half-life, and cytotoxicity of chemotherapy drugs restrict their utilization (Alqosaibi, 2022). So, because of its side effects, a drug delivery system (DDS) with is crucial for targeting the tumor cells (C. Wang et al., 2018). NPs as the DDS have advantages such as protecting the drugs and increasing the retention time, targeted delivery to the desired tumor site, controlling the drug release

(S.-Y. Wang, Hu, Qing, Zhang, & Shao, 2020).

In the present study, Cs was coupled to L-Cys, and the resulting derivation was utilized to develop DOX-loaded Cs-CysNPs (Cs-CysNPs-DOX) as a redox-responsive vehicle. In DOX delivery by Cs-CysNPs-DOX, the presence of the thiol group in L-Cys is oxidized, and then leads to the selective release of the drug, specifically in reducing condition of the tumor cells.

2. Materials and methods

In this work, the chemicals utilized consisted of DOX, Cs, L-Cys, sodium triphosphate (TPP); GSH; sodium borohydride (NaBH_4); HA, 1-ethyl-3-(3-dimethyl aminopropyl) carbodiimide hydrochloride (EDC).

2.1. Preparation of Cs-Cys co-polymer and HA-targeted Cs-CysNPs-DOX

For this purpose, Cs was dissolved in 1% (v/v) acetic acid to obtain a 1% (w/v) Cs solution. Separately, L-Cys was activated and was added to the 1% Cs solution under magnetic stirring. The products were subjected to ^1H nuclear magnetic resonance (NMR) to confirm L-Cys conjugation to Cs. The disulfid bonds were measured by Elman Test. Then, NPs were synthesized by the ionic gelation method. Then, HA was added to NPs solution, without employing a cross-linking agent. Thereafter, both NPs were characterized by the size, zeta potential, and morphology of NPs.

2.2. Drug EE% and *in vitro* redox-responsive drug release

The EE% of DOX was evaluated by the dialysis and calculated by the following equation:

Ultimately, drug release from Cs-CysNPs-DOX and HA/Cs-CysNPs-DOX were determined by the dialysis bag diffusion procedure at 37°C in different release media.

3. Results and discussion

3.1. Characterization of Cs-Cys Co-polymer and HA-targeted Cs-CysNPs-DOX

The co-polymer structure was verified by the ^1H -NMR spectrum, as shown in Fig 1. In the Cs-Cys proton spectrum, the peak $\delta 1.94 = \text{CH}_3$ corresponds to the acetyl group of Cs, $\delta 2.89 = \text{CH}$, carbon 2 of Cs, $\delta 3.5\text{-}3.8 = \text{CH} + \text{CH}_2$, carbon 3-6 of Cs, and $\delta 4.6 = \text{CH}$, carbon 1 of Cs. Furthermore, Cs-Cys represented a methylene spectrum at $\delta 3.01$, which characterizes the methylene bond to the thiol group due to the presence of L-Cys (Arif et al., 2018). Also, the disulfide content was calculated to be 83.29% by Elman test.

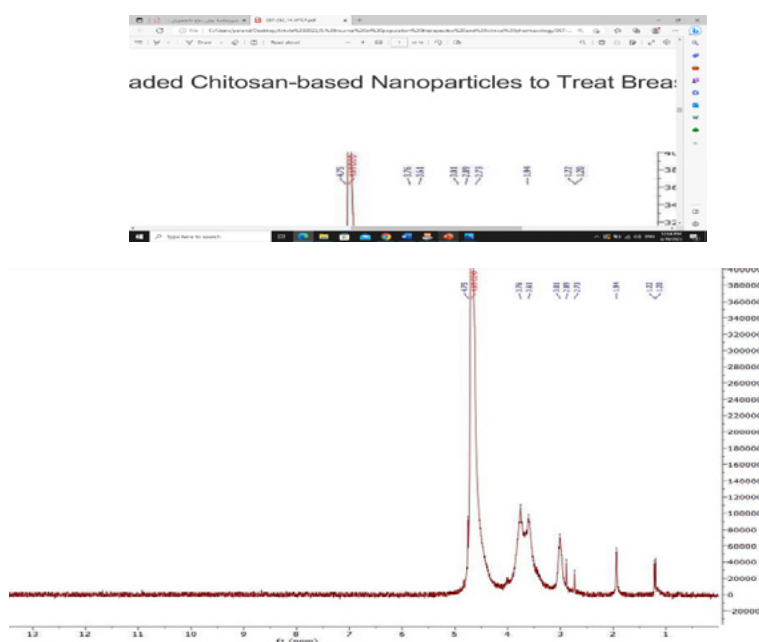


Fig. 1. NMR peaks of Cs-Cys copolymer

The average hydrodynamic diameters are 177.71 nm and 165.10 nm for NPs and the targeted NPs, respectively. Also, the NPs represented positive zeta potential values between $+30 \pm 1.4$ and $+35.9 \pm 0.36$ mV, that show a reasonable cellular uptake by electrostatic interactions. In the case of HA/Cs-CysNPs-DOX, reducing the positive charge proves that HA effectively interacts with the surface amine groups of NPs. Also, in addition, the size distribution of the NPs is displayed lower than 0.3.

In a recent study in 2018, Zare et al. synthesized CsNPs for DOX with only up to 23% EE (Zare, Samani, & Sobhani, 2018). In 2021, Huang et al. utilized oligosaccharide (CSO)/indomethacin (Indo) NPs for DOX delivery to enhance its solubility, their findings indicated that EE was 70–80% (Huang et al., 2022). In the present study, the EE of DOX was 77.2% and 76.1% for NPs and targeted NPs, respectively. Therefore, by employing the Cs-Cys copolymer, EE has increased to a great extent. Ultimately, SEM analysis confirmed that the particles have a spherical shape, with a smooth surface (Fig. 2).

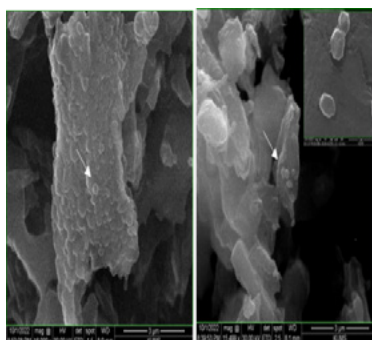


Fig. 2. The SEM images of DOX-loaded NPs

3.3. *In vitro* release studies

A gradual slow release of below 37% is shown in PBS at pH 7.4, which indicates reasonable stability in healthy cells with a little drug leakage in blood circulation. In contrast, at 10 mM GSH concentration, a more rapid drug release occurs due to the disulfide bond cleavage in the structure of NPs and shows 60% drug release in the first 4 h and up to 88% after 24 h (Fig. 3).

Fig 3. The *in vitro* release profile of DOX

4. Conclusions

In conclusion, the developed NPs have a high potential for targeted cancer therapy, and their reduction sensitivity offers effective applications in biomedical investigations. Moreover, future *in vivo* investigations are required to confirm their efficacy.

5. References and Citations

- Alqosaibi, A. I. (2022). Nanocarriers for anticancer drugs: Challenges and perspectives. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(6), 103298. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103298>
- Arif, M., Dong, Q.-J., Raja, M. A., Zeenat, S., Chi, Z., & Liu, C.-G. (2018). Development of novel pH-sensitive thiolated chitosan/PMLA nanoparticles for amoxicillin delivery to treat *Helicobacter pylori*. *Materials Science and Engineering: C*, 83, 17-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.08.038>
- Huang, P.-W., Zeng, Z.-W., Zheng, W., Wang, H., Wei, X.-H., & Shi, S.-L. (2022). Synthesis, Preparation and Evaluation of Doxorubicin-Loaded Chitosan Oligosaccharide/Indomethacin Nanoparticles. *Journal of Cluster Science*, 33(2), 795-808. doi:<https://doi.org/10.1007/s10876-021-02017-4>
- Wang, C., Zhang, Z., Chen, B., Gu, L., Li, Y., & Yu, S. (2018). Design and evaluation of galactosylated chitosan/graphene oxide nanoparticles as a drug delivery system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 516, 332-341. doi:<https://doi.org/10.3390/polym14112287>
- Wang, S.-Y., Hu, H.-Z., Qing, X.-C., Zhang, Z.-C., & Shao, Z.-W. (2020). Recent advances of drug delivery nanocarriers in osteosarcoma treatment. *Journal of Cancer*, 11(1), 69-82. doi:<https://doi.org/10.7150/jca.36588>
- Zare, M., Samani, S. M., & Sobhani, Z. (2018). Enhanced intestinal permeation of doxorubicin using chitosan nanoparticles. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 8(3), 411. doi:<https://doi.org/10.15171/apb.2018.048>

Propofol Unveiled: A Novel Approach to Inducing Diabetes in Wistar Rats

Hamidreza Golian^{1*}, Mehrshad Mirdar-Soltani², Tannaz Hamami³, Sara Heidari⁴, Shilan Nasri⁵

Department of Biotechnology, Faculty of Sciences and Advanced Technologies in Biology Majors, University of Science and Culture, Tehran, Iran

Department of Toxicology, Faculty of Medical Sciences and Pharmacy, University of Tehran, Tehran, Iran³

Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, University of Kharazmi, Karaj, Iran⁴

Department of Life Science Engineering, Faculty of New Sciences and Advanced Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran⁵

*Corresponding Author's and Presenter's E-mail: Hamidreza.Golian@shu.usc.ac.ir**

Abstract

Alloxan and streptozotocin are commonly used to induce diabetes in animal models. They destroy pancreatic beta cells through different mechanisms. However, their limitations include laboratory toxicity and low efficacy at high doses. Combining a new generation of diabetes-inducing agents with propofol offers improved efficiency, effectiveness, and cost-effectiveness. Both substances cause diabetes by generating reactive oxygen species, but the source of these radicals differs. Alloxan and its reduced product, dialuric acid, create superoxide radicals, leading to pancreatic tissue damage. Streptozotocin enters beta cells through GLUT2 and induces DNA alkylation, depleting NAD⁺ and ATP levels, and increasing xanthine oxidase enzyme activity. Propofol intensifies the defects caused by the other substances, triggering nerve pathways that inhibit repair and producing free radicals, which damage the pancreas. In the study, alloxan, streptozotocin, and propofol induced diabetes in 40 Wistar laboratory rats, resulting in hyperglycemia and reduced insulin secretion.

Keywords: Propofol, Alloxan, Streptozotocin, Diabetes, Pancreatic Beta Cells.

1. Introduction

Diabetes, characterized by hyperglycemia resulting from insulin secretion and function defects, is the most prevalent metabolic abnormality affecting the body's endocrine system (1). Given its significance, extensive

efforts have been dedicated to studying this disease. Ethical considerations limit direct research on diabetes in humans, necessitating the use of animal models, which provide valuable insights despite not being an exact replica of human diabetes. Among the chemical agents employed in laboratory studies on animal models, such as mice and rats, alloxan (ALX) and streptozotocin (STZ) are the most prominent (2). These substances selectively and through distinct mechanisms lead to the destruction of pancreatic beta cells, ultimately causing diabetes in laboratory animals.

However, researchers in the field of diabetic studies face considerable challenges, including limited effectiveness at low doses, prolonged induction period, economic efficiency, accurate simulation of human conditions, and time-saving in diabetes development. To attain research goals pertaining to diabetes disorders, a comprehensive understanding of the mechanisms by which these three chemicals—propofol, alloxan, and streptozotocin—induce diabetes is crucial. Consequently, this article investigates the diabetes-inducing mechanisms of propofol, alloxan, and streptozotocin in the Wistar rat model.

2. Materials and methods

Mechanism of Action of Alloxan; A Brief Overview:

Alloxan, also known as 2,4,5,6-tetraoxypyrimidine or 5,6-dioxyuracil, acts through a specific mechanism. Structurally, it is an oxygen derivative of pyrimidine and shares molecular similarities with glucose, making it an analog or glucose-like compound (Figure 1-A). Alloxan is water-soluble but undergoes rapid conversion into alloxanic acid under physiological conditions, specifically at pH 7.4 and a temperature of 37 degrees Celsius. It is important to note that alloxan is formed through the oxidation of uric acid, which is subsequently reduced to dialuric acid in the presence of thiol groups, such as glutathione (3).

Mechanism of Action of Propofol:

Propofol, chemically known as 2,6-diisopropyl phenol (Figure 1-B), exhibits blood pressure-lowering properties, particularly in organs such as the liver, bone marrow, eyes, and brain. Compared to other intravenous anesthesia drugs, propofol demonstrates more pronounced hemodynamic effects. It is commonly used for both induction and maintenance of anesthesia, often replacing sodium thiopental (3). However, there is a lack of studies on the effects of propofol specifically in pregnant women. In general, the present study on rats suggests that propofol, in combination with streptozotocin and alloxan, exerts a stronger destructive effect on the liver's nervous system.

Mechanism of Action of Streptozotocin:

Streptozotocin, chemically known as 2-deoxy-2-(3-methyl-3-nitrosoureido)-D-glucopyranose (Figure 1-C), is derived from the Streptomyces achromogenes. It consists of a semi-toxic methyl nitrosourea moiety and a glucose-like analog portion due to its molecular similarity to glucose. Streptozotocin acts as a hydrophilic alkylating agent. It exhibits relative stability at a pH of 7.4 and a temperature of 37 degrees Celsius (4).

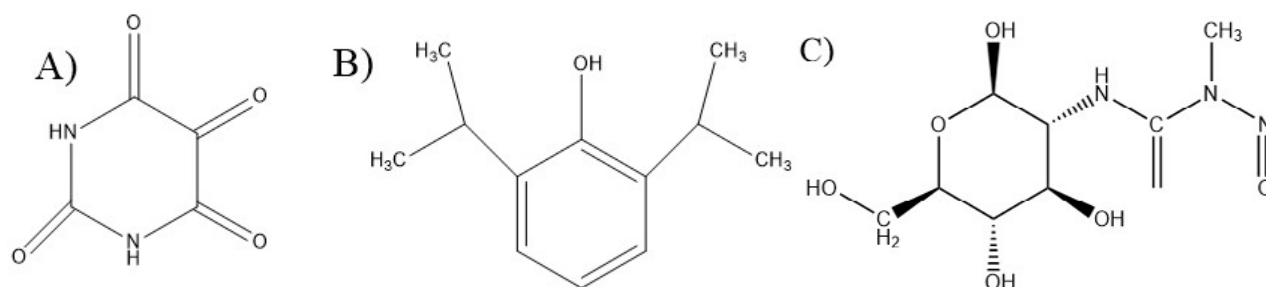


Figure1: Chemical Structure of A) Alloxan, B) Propofol, C) Streptozotocin

In this experimental study, 40 adult male Wistar rats weighing approximately 260 ± 15 grams were used. The study adhered to ethical principles and followed international laws and regulations of the ethical committee for laboratory animals in Iran. The rats were acclimatized to standard laboratory conditions at 22-24 degrees

Celsius for 8 days. They were then randomly divided into eight groups, each consisting of five rats. The groups were as follows: 1) control, 2) received alloxan at a dose of 100 mg/kg via intravenous injection, 3) received streptozotocin at a dose of 55 mg/kg via intravenous injection, 4) received propofol at a dose of 20 mg/kg via intravenous injection, 5) received a combination of alloxan (100 mg/kg) and propofol (20 mg/kg) via intravenous injection, 6) received a combination of streptozotocin (55 mg/kg) and propofol (20 mg/kg) via intravenous injection, 7) received a combination of alloxan (50 mg/kg), propofol (10 mg/kg), and streptozotocin (25 mg/kg) via intravenous injection, and 8) received a combination of alloxan (100 mg/kg), propofol (20 mg/kg), and streptozotocin (55 mg/kg) via intravenous injection.

The laboratory investigations included measurement of insulin and glucagon levels for hormonal analysis. Enzyme phase measurements involved catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPX), alkaline phosphatase (ALP), alanine transaminase (ALT), and aspartate transaminase (AST). Additionally, liver histometric examination was conducted to quantify histological results.

Statistical analysis was performed using one-way variance (ANOVA) and TUKEY test to determine differences between groups. A significance level of less than 0.05 ($P < 0.05$) was considered statistically significant.

3. Results and discussion

Hydroxyl radicals are highly reactive oxygen species (ROS) that pose a significant threat to pancreatic beta-cells, causing extensive damage. The combined action of two superoxide dismutase enzymes and catalase provides protection against alloxan-induced toxicity in pancreatic tissue. The presence of alloxan can trigger a sudden surge in insulin secretion from beta cells, potentially due to an elevation in intracellular calcium ion levels. The excessive accumulation of calcium ions, along with ROS generated by alloxan, leads to the impairment of pancreatic beta-cells (3, 4). Alloxan exerts its toxic effects on pancreatic tissue cells through various mechanisms, including oxidation of SH groups, inhibition of the glucokinase enzyme, generation of free radicals, and disruption of intracellular calcium homeostasis. It is worth noting that alloxan-induced diabetes closely resembles type I diabetes, primarily due to the destruction and necrosis of pancreatic tissue. The current study demonstrates that when alloxan is combined with propofol and streptozotocin, it can induce type II diabetes more effectively and with increased efficiency. Streptozotocin is commonly employed to induce both type I and type II diabetes. Unlike propofol, which has limited administration routes, streptozotocin can be injected intravenously, intraperitoneally, or subcutaneously. For type I diabetes induction, an intravenous injection typically involves a dose ranging from 40 to 65 mg per kilogram of animal weight. However, one of the challenges with streptozotocin is its limited efficacy in treating type II diabetes alone. Nevertheless, the present study demonstrates that when combined with propofol (even without alloxan), streptozotocin can induce type II diabetes more effectively, closely resembling the human model. In the case of peritoneal injection, a higher dose is required to induce this type of diabetes (5).

It is important to note that the primary cause of streptozotocin toxicity is the DNA methylation of pancreatic beta cells. However, the simultaneous action of nitric oxide (NO) and ROS plays a role in the fragmentation of cellular DNA, leading to the destruction of these cells. This aspect represents one of the main challenges posed by streptozotocin in the human model. However, when used in conjunction with propofol, streptozotocin exhibits a more pronounced effect in simulating the human model, as the destruction of the primary nerve pathway contributes to the development of diabetes.

In the animal model, the injection of each of these three substances elicits a multiphasic response in glucose concentration, accompanied by inverse changes in plasma insulin levels (Figure 2-A). A comparison of tissue studies between the control group (Figure 2-B) and the group treated with propofol, streptozotocin, and alloxan (Figure 2-C) demonstrates superior and more effective induction of diabetes, along with significant destruction in the treated group. The results of liver enzymes and hormonal tests further support these findings. This study underscores the high efficiency of propofol, in combination with the aforementioned substances, in creating stable diabetes and simulating it as faithfully as possible to the human model.

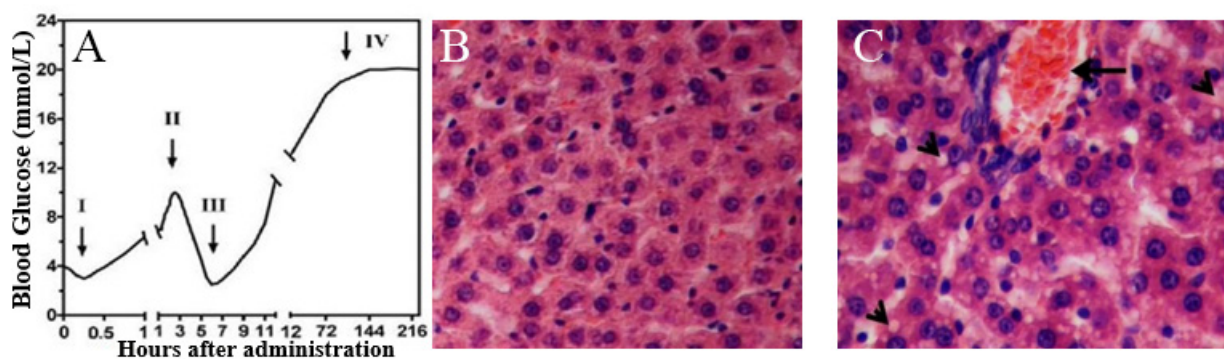


Figure2: A) Phase response of blood glucose to diabetic dose of propofol, alloxan and streptozotocin, B) Liver tissue of the control group, C) Liver tissue of the group treated with 20 mg/kg propofol, 100 mg/kg alloxan and 55 mg/kg streptozotocin

After the combined injection of alloxan, propofol, and streptozotocin, the response can be divided into four distinct phases. The first phase occurs approximately 30 minutes post-injection and is characterized by transient hypoglycemia. However, within an hour, insulin and blood sugar levels return to normal physiological levels. Moving on to the second phase, which starts around 1 hour after the injection, hyperglycemia develops due to reduced insulin levels (hypoinsulinemia). These hyperglycemic symptoms persist for up to 3 hours. In the third phase, observed between 4 and 8 hours post-injection, severe hypoglycemia occurs. This is attributed to the depletion of insulin reserves stored in the secretory granules of pancreatic beta cells, as well as the destruction and rupture of these cells' membranes caused by the toxic effects of the injected substances (6). The fourth and final phase is characterized by diabetic hyperglycemia, which typically manifests a few days after the injection. Notably, propofol offers a significant advantage in this context as it promotes more stable hyperglycemia compared to the other two compounds, primarily due to the disruption of the hepatic nerve pathway. Liver enzyme tests, as well as measurements of insulin and glucagon hormones, support and confirm these findings.

4. Conclusions

Currently, numerous experiments are being conducted on animal models to study diabetes using alloxan and streptozotocin. Understanding the mechanisms of action of these two substances can greatly contribute to the design of novel and effective strategies for diabetes research and investigation in humans. The inclusion of propofol as a new approach, in combination with the other two substances, has the potential to significantly enhance the efficiency and intelligence of these studies. By exploring the synergistic effects of these compounds, researchers can advance their understanding of diabetes pathogenesis and develop innovative therapeutic approaches for the disease.

5. Acknowledgments

We sincerely thank the Research Vice-Chancellor of the University of Tehran and Mrs. Narges Khoeini for their valuable collaboration and support.

6. References and Citations

1. American Diabetes Association. 1997. Report of the diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, 20:1-1183.
2. Szkudelski T, Kandulska K, Okulicz M. 1998. Alloxan in vivo does not only exert deleterious effects on pancreatic cells. *Physiol Res*, 346-343: 47.
3. Lenzen S, Munday R. 1991. Thiol-group reactivity, hydrophilicity and stability of alloxan, its reduction products and its N-methyl derivatives and a comparison with ninhydrin. *Biochem Pharmacol*, 1391-42:1385.
4. Dunn JS, Sheehan HL, Mclethie NGB. 1943. Necrosis of islets of Langerhans produced experimentally. *Lancet*, 487-484: 1.
5. Eizirik DL, Pipeleers DG, Ling Z. 1994. Major species differences between humans and rodents in the susceptibility to pancreatic beta-cell injury. *Proc Natl Acad Sci*, 9256-9253: 91.
6. Katsumata K, Katsumata Y, Ozawa T, Katsumata K, Jr. 1993. Potentiating effects of combined usage of three sulfonylurea drugs on the occurrence of alloxan diabetes in rats. *Horm Metab Res*, 126-125: 25.

Synthesis and characterization of ZnO two-dimensional nanostructures: effect of hydrothermal growth time

***Parisa Sadat Noorollahi¹, Amir Ali Masoudi^{1*}, Kourosh Rahimi¹**

¹Department of Condensed Matter Physics, Faculty of Physics, Alzahra University, Tehran, Iran

Corresponding Author's E-mail: masoudi@alzahra.ac.ir*

k.rahimi@alzahra.ac.ir :Corresponding Author's E-mail*

Presenter's E-mail: paris.sadat.nouri77@gmail.com

Abstract

Zinc oxide (ZnO) nanostructures have attracted attention mainly due to their unique properties such as direct band gap in the UV-visible region and high binding energy at room temperature for various applications including photocatalysts. On the other hand, two-dimensional structures, due to their high effective surface area, provide many active sites for absorbing molecules as well as performing catalytic reactions. Zinc oxide cannot normally form into two-dimensional structures. But by controlling the growth conditions and using surface coatings, it is possible to limit the growth of zinc oxide nanostructures along one of the planes to obtain two-dimensional structures. In this article, using a simple hydrothermal method, we will make two-dimensional zinc oxide nanostructures and investigate the effect of the hydrothermal growth time parameter on the obtained structures. Also, we use X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) to characterize the fabricated nanosheets

Keywords: Nanosheet, two-dimensional nanostructures, zinc oxide, hydrothermal

1. Introduction

Zinc oxide (ZnO), which is a direct wide band gap semiconductor compound of the II-VI family, has a hexagonal crystal structure at ambient conditions with a hexagonal unit cell and two lattice parameters, a and c . This structure consists of two alternating hexagonal close planes (HCPs) stacked layer by layer, where each oxygen anion is tetrahedral with four zinc cations at the corners of the tetrahedron along the c axis. The trio are coordinated. The tetrahedral coordination of ZnO gives rise to an asymmetric structure that exhibits sp^3 covalent bonding. The compound semiconductor zinc oxide (ZnO) has a direct

band gap of 3.37 eV at room temperature and a large excitation junction energy (60 mV), making it a promising photonic material for several applications, especially in solid-state light sources and aqueous detectors. and the UV spectral range are promising. Nanoscale zinc oxide with surprising properties due to the quantum confinement effect compared to bulk samples, its use can be further expanded. [1] Various methods have already been reported on the synthesis of zinc oxide nanosheets with improved chemical and physical properties. such as sol-gel method, hydrothermal growth method, microwave-assisted method, anodization method, thermal decomposition and reduction method. Other methods have been reported for the synthesis of zinc oxide nanoparticles, such as microemulsion method, thermal evaporation, chemical mechanical synthesis method, spray thermal decomposition and chemical vapor deposition. However, it is difficult to apply most methods in large-scale production due to complex methods, longer reaction times, high reaction temperatures, and the involvement of toxic reagents and side products in these synthesis methods. Compared to these methods, the hydrothermal method is an attractive candidate for the synthesis of ZnO nanostructures due to its advantages of simplicity, easy control and low cost. The most important point is that nanosheets can be considered as a new class of nanostructured materials due to their high anisotropy and nanometer-scale thickness and interesting properties [۲-۴]

2. Materials and methods

Urea, deionized water, zinc chloride, and ethanol were used in this experiment. All chemicals used in this work were of analytical reagent grade and were used as received without further purification. In a typical experiment, zinc oxide samples were made by hydrothermal method. We weigh 0.96 grams of urea and 0.109 grams of zinc chloride and add 16 ml of deionized water to it. We put the solution on a mechanical stirrer for 10 minutes. Then we put the solution together with a glass substrate (1x1x1cm) in a 20 ml autoclave. We leave the autoclave for 24 hours at 80 degrees Celsius. After 24 hours, we wash the solution and dry the sediment for 9, 12, 15 hours at 80 degrees Celsius. At the end, we place the sediment at 300 degrees Celsius for 30 minutes.

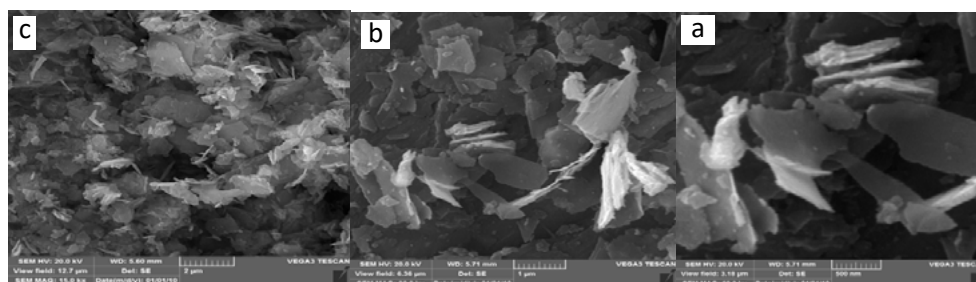
XRD model Ultima IV is a product of Rigaku company. In XRD, the sample can be in the form of a layer or a thin sheet or a powder sample. Usually, sample powder is used in XRD test. The powder sample includes sample plates that are randomly present in the sample; this increases the speed of the sample examination. The particles of this powder should be smaller than 50 micrometers.

VEGA3 SEM device is a product of TESCAN company. After choosing the right sample, steps are taken to reach the right surface, such as cutting, mounting, sanding, etc. At the end, the prepared piece is sent for microscopic analysis.

3. Results and discussion

The morphology of the formed ZnO was characterized through SEM. A typical image shows zinc oxide products consisting of random sheet-like nanostructures. The enlarged image shows that ZnO nanosheets with highly rough surfaces are assembled into 3D lattice structures, with many spaces forming simultaneously between adjacent sheets.

The obtained images show different thicknesses of zinc oxide nanosheets. According to the images of all three synthesized samples, the synthesized sample in 9 hours has a better thickness than the other two samples. The sample at 15 hours looks completely thin and the sample at 12 hours looks somewhat thick.



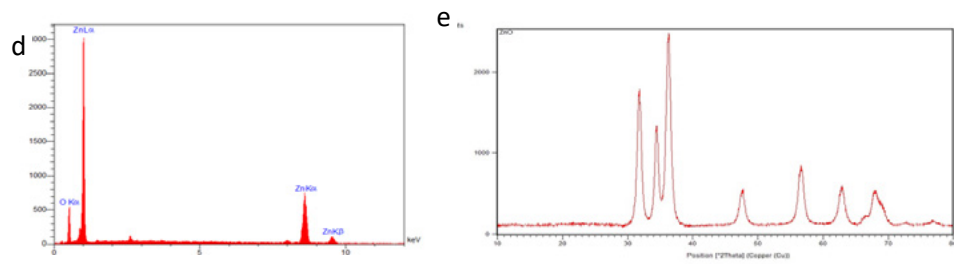


Figure 1: (a-c) SEM images, (d) EDX and (e) XRD of the sample at 12 hours

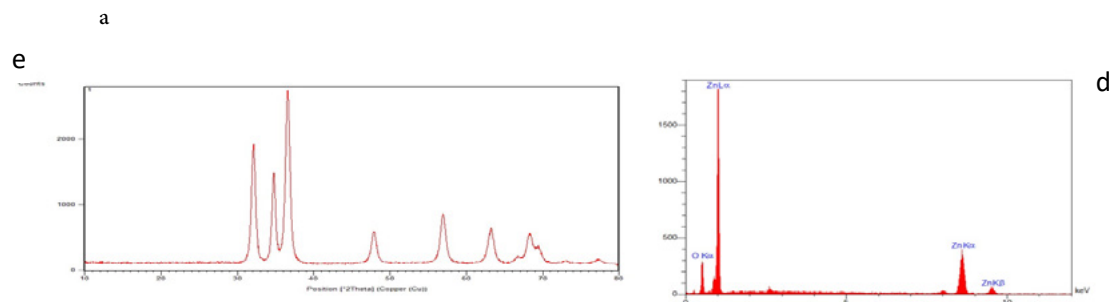
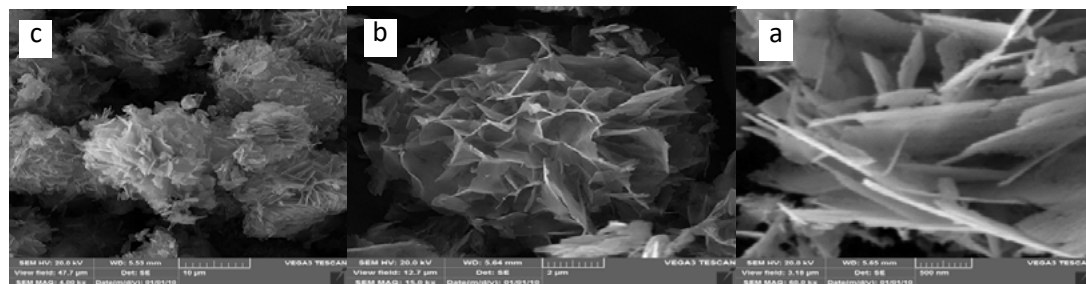


Figure 2: (a-c) SEM images (d) EDX (e) XRD of the sample at 9 hours

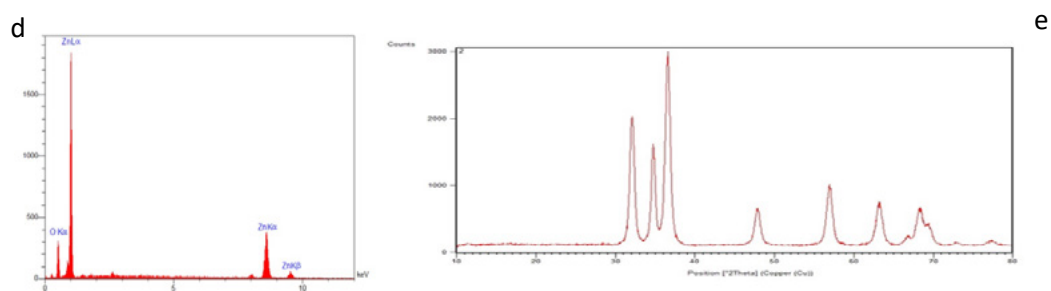
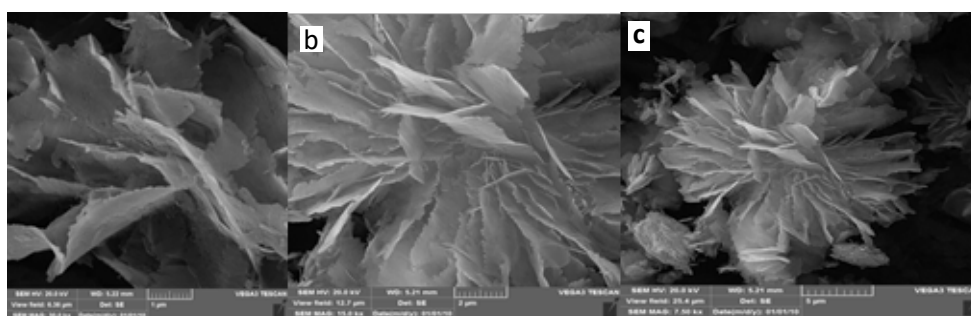


Figure 3: (a-c) SEM images, (EDX) (d) and (e) XRD of the sample at 15 hours

The final zinc oxide was characterized by XRD. After heating at 300 °C for 0.5 h in air, the precursors were completely transformed into hexagonal ZnO, as shown in Figs. No characteristic peaks were observed for any other impurities, indicating that all precursors were completely converted to ZnO. The crystallite size was calculated from X-ray line broadening analysis using Scherer's equation, $D = 0.89\lambda/\beta \cos\theta$ where D is the average crystallite size in nanometers, X-ray wavelength (λ), β full width is at half maximum of the peak and is the corresponding Bragg diffraction angle. The size of the crystallites in the three long peaks of this figure 1 (e) is 157, 961, 135, 105 nm, and in figure 2 (e) 131, 152, 123 nm and in figure 3 (e) 123, 147, 114 nm. The graph has indexes (100), (002), (101), (102), (110), (103), (112) and (201). The morphology of ZnO formed was determined through SEM. Image (a-c) in all three forms of zinc oxide products consists of random sheet-like nanostructures. These images show that ZnO nanosheets with highly rough surfaces are assembled into 3D lattice structures, with many spaces forming simultaneously between adjacent sheets.

4. Conclusions

In summary, based on a hydrothermal, low-temperature (80 °C), environmentally friendly (without any surfactant or organic solvent) method, single-crystalline porous ZnO nanosheets were successfully synthesized, and then zinc carbonate hydrate precursors were synthesized. At 300°C for 0.5 hours in air. ZnO nanosheets were formed, the synthesized ZnO nanosheets are attributed to large specific surface area, single crystal structure, contact surface between nanosheets, three-dimensional network architecture and characteristic thickness. In addition, wide detection range, fast response recovery characteristic, and good selectivity and stability are the characteristics of ZnO single crystal porous nanosheets. In addition, it is expected that special attention will be paid to the controlled synthesis of two-dimensional nanostructures and a comprehensive study of their shape-related physical/chemical properties.

5. References

- [۱] Lin K-F, Cheng H-M, Hsu H-C, Lin L-J, Hsieh W-F (2005) Band gap variation of size-controlled ZnO quantum dots synthesized by sol-gel method. *Chemical Physics Letters* 409: 208–211.
- [۲] Sasaki T, Ebina Y, Kitami Y, Watanabe M. *Phys Chem B* 2001;105:6116.
- [۳] Sasaki T, Watanabe M. *J Phys Chem B* 1997;101:10159.
- [۴] Hu JQ, Bando Y, Zhan JH, Li YB, Sekiguchi T. *Appl Phys. Lett.* 2003;83:4414.

The art of measurement: how to ensure accuracy in routine analytical performance, two case studies

Arnavaz Keikavousi Behbahan¹, Leila Fotouhi^{1*}, Melody Houshmand¹

Vira Chemists, Tehran, Iran¹

*Corresponding Author's E-mail: info@virachemists.com**

Presenter's E-mail: arnavaz_keykavooci@yahoo.com

Abstract

Proficiency testing (PT) is a form of inter-laboratory comparison that aims to independently assess a laboratory's technical performance. During the PT process, laboratory staff test the designated item(s) without any specific considerations, and the announced results are evaluated using statistical techniques (ISO 13528) [1]. Among the available types of samples for testing, PTs conducted with the consensus of participating laboratories are predominantly favored due to their cost-effectiveness and larger sample size. However, the potential uncertainty and significant risks associated with the assigned value derived from the consensus for evaluating participants' performance should not be overlooked, especially when the participants are limited to a region. Two domestic case studies concerning the measurement of histamine in tuna fish and lead in dried tea revealed a notable discrepancy between accuracy and precision, emphasizing the necessity of utilizing quality control materials as test items for accurate detection.

.Keywords: Proficiency testing, Accuracy, QCM, Histamine, lead

1. Introduction

Participating in proficiency tests is a crucial element of the laboratory validation process. Together with the use of reference materials, these tests enable laboratories to demonstrate the quality of their results in accordance with ISO/IEC 17025 standard [2]. Through proficiency testing (PT), the laboratory's staff tests the provided test item(s) on predetermined dates. PT evaluates the laboratory's performance from sample acceptance to result reporting and is commonly referred to as external quality assessment (EQA), forming a significant part of the overall quality strategy. Laboratories operating under ISO/IEC 17025 are obligated to participate in PTs at least once a year.

As per the standard, PTs utilize five types of test items to calculate the assigned value. These test items, listed in order of increasing risk, include formulated samples, Certified Reference Materials (CRMs), Quality Control Materials (QCMs), consensus of experts, and consensus of participants. Formulated samples are created by adding a known value of the target analyte to a sample. CRMs have the advantage of assigned values specified in their certificates. However, their near-perfect homogeneity and narrow uncertainty regarding the assigned value can introduce the risk of false rejection. In PT schemes based on the consensus of experts and participants, the test item remains unknown to the provider, and only the homogeneity and stability of the sample are tested before its distribution. The assigned value and associated uncertainty for these test items are obtained from expert suggestions and participant contributions, respectively. Since accessing expertise is not always feasible, the consensus of participants becomes the next viable option.

PT schemes based on the consensus of participants generally have lower costs and involve larger sample sizes, as they are prepared by the PT provider from a bulk sample. However, it is important to note that relying solely on the consensus of participants carries the risk of inaccuracies due to deviations among participants. If a majority of participants in a PT round follow an incorrect analytical method, the consensus value determined by the participants may introduce bias and pose a risk for participants who have obtained the accurate value. In such situations, traditional statistical parameters such as z-scores or Horwitz Ratio (HorRat) values may not effectively identify the potential risks of false rejections or acceptances when participants in the minority are correct. To ensure the correct assigned value, it is crucial to use QCMs with reported assigned values in their certificates. Although QCMs are more expensive than PT items provided by the PT provider and offer smaller sample sizes, they provide a viable economic solution to this problem. Consequently, this article investigates two case studies to examine the risks associated with participant direction and biases resulting from relying on consensus values.

2. Materials and methods

The PT procedure and the statistical analysis was performed based on ISO/IEC 17043 and ISO 13528, respectively [1,3]. The participants are shown by Lab IDs, starting from no. 101. The consensus value was obtained by calculating the median of the participants' results. The z-score values were calculated using the following formula: $z = \frac{x - \bar{x}}{s}$, where x represents the participants result, $\bar{x}$ refers to the PT assigned value, and s is the standard deviation for proficiency assessment (SDPA). For z-scores, the $\bar{x}$ and s are the consensus value and the uncertainty value obtained from the participants' results, while for the z*-score, the $\bar{x}$ and s are the assigned and uncertainty values found in the QCM certificate.

2-1. First case study:

The PT scheme was designed for the QCM sample (as PT item) provided by the Testveritas company with the code T1300-2/CM and five laboratories enrolled for the round. The assigned value and satisfactory range of histamine in PT item was 279.10 and 240.84-317.36 mg/Kg, respectively. The sample was lyophilized muscle (tuna) incurred and spiked with the final quantity of 50g. The instruction for use was given with the participants' guidance and 2 g of lyophilized sample was sent to the participants to report histamine as the target analyte. Since no obligatory for analysis method was reported in the QCM certificate, none informed to the participants. The collection data deadline was 3 weeks after receiving the PT samples.

2.2. Second case study:

The PT scheme was designed for the QCM sample purchased from the FAPAS company with the code T07438QC. 8 laboratories enrolled for the round and the assigned value of As, Cd and Pb in PT item was 55.4, 35.2 and 148 µg/Kg, respectively. Accordingly, the uncertainty regarding the As, Cd and Pb was 12.2, 7.7 and 31 µg/Kg. The QCM sample was 3 packs of dried tea, each one with the quantity of 25g which was mixed thoroughly before taking a representative sample. About 10 g of dried tea sample was sent to the participants to report As, Cd and Pb as the target analyte. No obligatory for analysis method informed to the participants and the collection data deadline was at least 3 weeks.

3. Results and discussion

3.1. First case study

The obtained results and score derived from the participants' consensus value and QCM certificate's assigned value are reported in Table 1. As it can be seen, the number of participants is lower than 8 and the results of Lab IDs 101 and 103 differ from other laboratories. The consensus value was 426.69 mg/Kg which is out of the accepted range reported in the certificate. As reported in Table 1, the z-score and z*-score values differ significantly which clearly demonstrates the risk on using consensus value instead of certificate's value. Investigations performed on the analytical methods used by the laboratories showed that the presence of other biologic amines in the sample matrix was the source of significant positive bias in the results of laboratories using the INSO 22346:1396, test method No. 2, in which doesn't have the ability to separate these amines. Since the laboratories unable to detect this interference were in majority, there was a risk on which the accurate participations would be falsely rejected due to the biased consensus value derived from participant's median.

Lab ID	(Result (mg.Kg ⁻¹	z-score	z*-score	Assigned value = 279.1
101	228.95	-7.2	-2.6	Certificate's SDPA= 19.13
102	557.13	4.8	14.5	Consensus value = 426.7
103	258.50	-6.1	-1.1	SDPA (Horwitz) = 27.4
104	426.69	0.0	7.7	u(x) = 8.2
105	432.21	0.2	8.0	HorRat value = 23.1

3.2. Second case study

As reported in Table2, only 6 results were received which were mostly out of the accepted range with a positive bias. As a result, the consensus value of participants was higher than the upper accepted range of the certificate (380 µg/Kg), and subsequently, the z-score and z*-scores vary significantly in this PT round. For example, the z-score of Lab ID no. 102 is in the acceptable range, but its z*-score is not, or in the contrary, the z-score of Lab ID no. 105 is not acceptable, however, its z*-score is acceptable. This contrast between the z-score and z*-score clearly demonstrates if the result were only compared based on the consensus of participants, the laboratories with higher accuracy but low in population would be evaluated as out of range, while the laboratories with lower accuracy and maximum in population would be scored as acceptable. This is a great risk which only can be detected when an assigned value is available for the PT item, and is significantly intensified when the number of participants is lower than 8

Lab ID	(Result (µg.Kg ⁻¹	z-score	z*-score	Assigned value = 148
102	264	-1.7	3.7	Certificate's SDPA= 31
103	217	-2.3	2.2	Consensus value = 380
104	555	2.5	13.0	SDPA (Horwitz) = 70
105	123	-3.7	-0.8	u(x) = 21.1
106	496	1.7	11.1	HorRat value = 3.0
107	506	1.8	11.4	-1.1 =

4. Conclusions:

To conclude, PT schemes presented by the items with no certificate or assigned value might be lower in price and more sample size, but the risk for false accept/reject is a great risk which can not be ignored. Since the scores obtained from participation in PT schemes is an important data which can affect the laboratory performance, misleading them through this risk which is not revealed easily can not be taken lightly

5. References and Citations

- [1] ISO (2022) ISO 13528: statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. International Organization for Standardization.
- [2] ISO (2017) ISO/IEC 17025: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization.
- [3] ISO (2010) ISO/IEC 17043: Conformity assessment — General requirements for proficiency testing, International Organization for Standardization.

مقاله‌های پوسترها

Fabrication of ZnO nanorods on a stainless-steel mesh for highly efficient photocatalytic applications

Yasaman Alaveh , Morasae Samadi Amin*

Department of Physical Chemistry and Nanochemistry, Faculty of Chemistry, Alzahra University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: m.samadi@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: alavehyasaman@gmail.com

Abstract:

In this research, zinc oxide (ZnO) nanorods were synthesized by the chemical bath deposition (CBD) method on steel mesh 400 for the photocatalytic decomposition of two organic pollutants namely methylene blue dye and tetracycline antibiotic. To reach the optimal state of ZnO growth different parameters including the concentration of the nucleation solution, the number of deposition cycles, and growth temperature were studied. The optimal sample with a growth time of 3 h at a temperature of 95 °C and a concentration of 5 mM zinc acetate as a nucleation solution was used for photocatalytic degradation tests. The diffuse reflectance spectroscopy (DRS) analysis showed the energy gap of 3.2eV for ZnO nanorods. The flexibility and easy synthesis of the mentioned photocatalyst as well as the fast recovery from the treated wastewater are promising for the practical applications.

Keywords: Semiconductor, Zinc oxide nanorods, Photocatalyst, Tetracycline, Methylene blue

1. Introduction

In the health sector, the increase in population in the world causes a further increase in the consumption of various drugs, including antibiotics. The consumption of antibiotics led to the introduction of a large amount of these substances in municipal and hospital wastewater (1). On the other hand, with the industrialization of societies, the amount of waste produced in these sectors have been increased. The effluents of these sections containing heavy metals and organic dyes have been entered into the aquatic system through industrial discharges which can cause environmental and public health problems. which are (2). The presence of the mentioned pollutants in wastewater and the inefficiency of current conventional wastewater treatment in their elimination are indicating the necessity of efficient treatment for industrial wastewater (3).

Regarding, the photocatalytic process is one of the best and least expensive new water purification method which can decompose harmful organic pollutants into less dangerous substances by producing active radicals (4). Zinc oxide (ZnO) nanostructures have received more attention as a photocatalyst material due to their

light sensitivity, biocompatibility, chemical stability, suitable band gap, and high surface area (5,6). One-dimensional (1D) ZnO nanorods have higher surface-to-volume ratio, more effective separation of e^-h^+ pairs, better light absorption, and higher photocatalytic activity than the zero- and two-dimensional ZnO (6). Therefore, synthesizing 1D ZnO for photocatalytic applications has been of great interest to researchers. Although photocatalytic degradation of organic pollutants is effective for removing organic pollutants, recovery and reusing the photocatalyst from treated water is a time-consuming and expensive process. Therefore, the preparation of photocatalysts on the support has been encouraged due to the facile separation and ease of reusing (7).

In this research, the steel mesh substrate, which has properties such as thermal stability, chemical stability, and flexibility was used to grow 1D ZnO nanorods by the chemical method. Tuning the synthesizing factors led to the optimal growth state. Then, the efficiency of photocatalytic degradation of the sample was studied for two pollutants, methylene blue, and tetracycline.

2. Materials and methods

2.1. Chemicals

Nitric acid (99% HNO_3), isopropyl alcohol (IPA 99%), zinc acetate, ethanol (99%), zinc nitrate, hexamethylenetetramine (HMTA), and poly ethylene amine 750,000 (PEI) were purchased from Sigma-Aldrich. Tetracycline/HCl antibiotic and absolute ethanol were prepared from Hakim pharmaceutical company and Bidestan company were purchased.

2.2. Synthesis of zinc oxide nanorods

First, a seed solution of 25 ml of zinc acetate solution in absolute ethanol with concentrations of 5, 0.5, and 0.05 M was prepared and then stirred for one hour at 60 °C by a magnetic stirrer and kept at room temperature for 24 h. Clean steel mesh was cut in sizes of 2.5 cm * 2 cm and put in seed solution by deep coating method with control of the immersion durations and times, namely 5 times for 2 min, 10 times for 2 min, and 10 times for 10 sec. Then the steel mesh was baked for 15 minutes at 150°C.

In the next step, the growth solution of ZnO nanorods with 25 mM zinc nitrate, 25 mM hexamethylene tetramine, and 4 g/l of polyethylene amine in 50 ml deionized water was prepared. The precoated steel mesh with seed solution was put in growth solution and heated for 3 and 6 h at 95°C to grow the nanorods. Table 1 shows the variables were used in this synthesis. After the growth time, the steel mesh was washed completely with deionized water and baked for 10 minutes at 350°C.

Nucleation solution concentration	Immersion cycles	Growth time of nanorods
5mM	times and 2 min each 10 time	h 3
0.5mM	times and 2 min each 5 time	
0.05mM	times and each time for 10 10 sec	h 6

2.3. Photocatalytic properties

In order to study the photocatalytic degradation of 10^{-5} M methylene blue dye and 20 ppm tetracycline antibiotic, one steel mesh containing zinc oxide nanorods was placed in their 30 ml solution. Then the solution was illuminated with UV lamp with a power of 30 w and at a distance of 30 cm. The absorbance variations of methylene blue and tetracycline were checked at specific time intervals by UV-Vis spectroscopy. The maximum absorption pea for methylene blue and tetracycline was checked at 666 and 359 nm, respectively. To compare the rate of photocatalytic decomposition (k) of two samples, equation 1 was used (8):

$$\ln \frac{C_0}{C} = kt \quad (1)$$

where k is the rate of photocatalytic decomposition, t is time, C_0 is the initial solution concentration and

C is the concentration of the solution at different times.

2.4. Characterizations

Scanning electron microscopy (SEM) images were taken by Vega3 LMU model produced by Tescan, Czech Republic. Diffusion reflectance spectroscopy (DRS) analysis was performed by Shimadzu UV-2600i ultraviolet spectrometer. UV-Vis spectra analysis for photocatalytic degradation were performed by Unico2150 device.

3. Results and discussion

The SEM images of the samples with different parameters (see Table 1) are shown in Figure 1a-f. As it is clear from the figures, changing the synthesizing parameters can lead to different morphologies. The effect of seed solution concentrations are illustrated in Figure 1a-c. By increasing the seed solution concentration from 0.05-5 mM the density of the growth nanorods was changed. At lower concentrations, the growth sites were not created, and as a result, the nanorods did not grow. but at the concentration of 5 mM, the nanorods are arranged well and have a hexagonal structure. Therefore, the 5 mM concentration was selected for further experiments. Figure 1c-e compare the effect of immersion cycles including immersion times and durations. In Figure c, the sample was immersed 10 times and each time for 2 min. In this case, the growth centers are placed together in a completely regular manner and a regular structure of nanorods was grown together. But, in Figure 1d, when the number of cycles decreased from 10 to 5 times, the number of centers growth is reduced and does not create a favorable structure. In Figure 1e, the number of immersions of each cycle is also reduced, as it is clear that this structure is also not desirable because growth centers did not create. The next factor is the duration of the growth phase of zinc oxide nanorods. Figure 1f demonstrates the growth time of 6h. In comparison to Figure 1c with 3h growth time, no growth can be seen when the growth period was 6 h. Therefore, the parameters led to the synthesizing Figure 1c was selected as the optimal parameter.

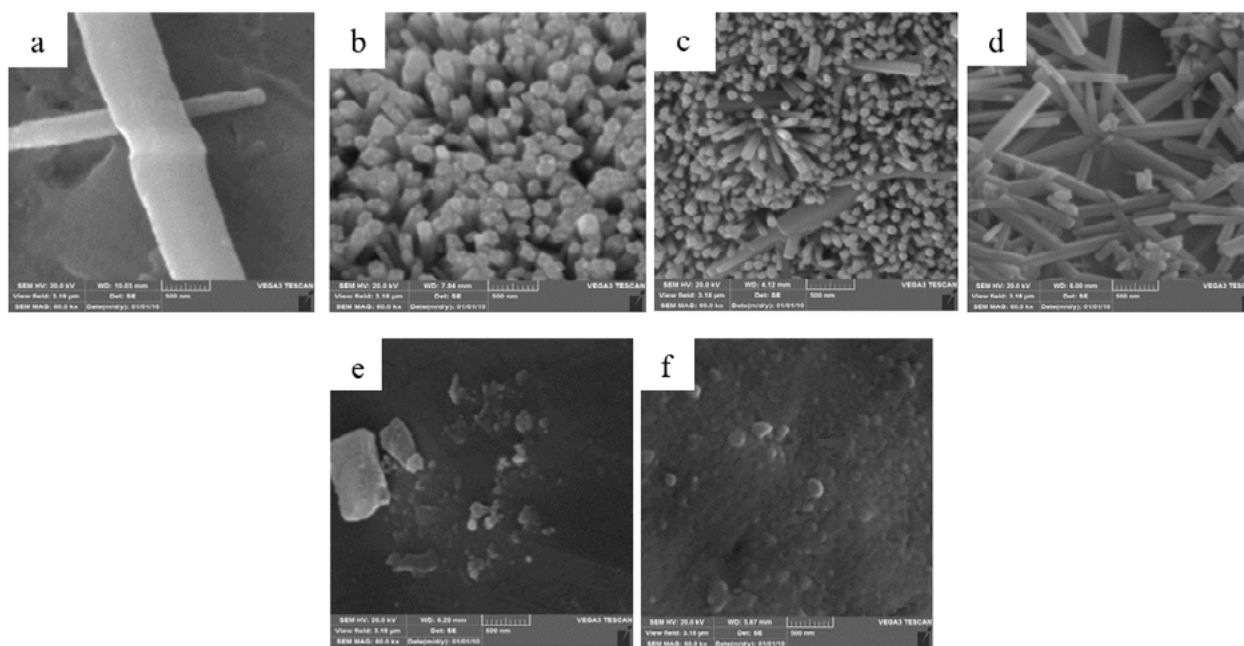


Figure 1: SEM of zinc oxide nanorods. (a-c) Changes in the concentration of nucleation solution, (a) 5, (b) 0.5, and (c) 0.05 mM. (c-e) Changes in immersion cycles, (c) 10 times for 2 min each time, (d) 5 times for 2 minutes each time, (e) 10 times for 10 seconds each time. (c,f) Growth time changes, (c) within 3 and (f) 6 h.

Figure 3a shows the absorption spectrum obtained by DRS analysis of the optimal sample. The absorption edge of the synthesized nanorods is around 390 nm. Figure 3b shows graph $(ah\nu)^2$ vs. $h\nu$. Based on equation 2, by plotting a tangent line, the value of the energy gap of nanorods can be obtained (8).

$$ah\nu = K(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (2)$$

where, a is the optical absorption coefficient, $h\nu$ is the incident photon energy, K is a constant number, and E_g is the band gap energy of the sample. The value of the energy gap obtained through the spectrum is about 3.2 eV, which is consistent with the values reported in the articles (9).

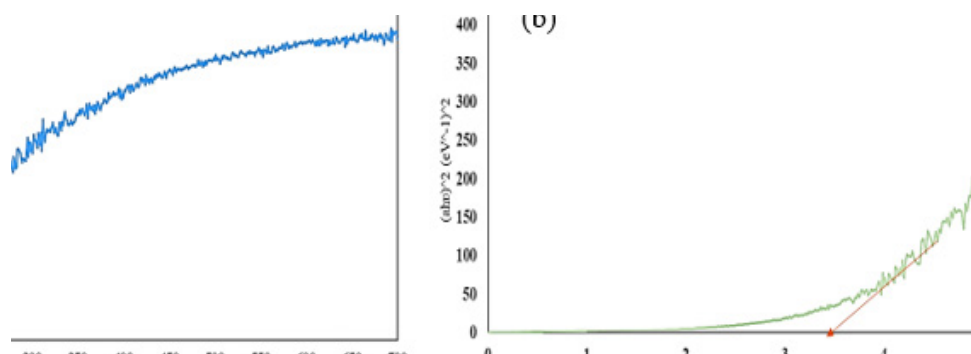


Figure 3: a) Reflection spectrum and b) diagram $(ah\nu)^2$ vs. $h\nu$ for ZnO nanorods on steel mesh.

Figure 4a shows the variation of methylene blue absorption during the photocatalytic degradation. It is obvious that during light illumination the concentration of methylene blue decreases due to photodegradation by ZnO nanorods sample. Figure 4b illustrates $\ln(C_0/C)$ vs time for photolysis (without using any photocatalyst) and ZnO nanorods sample. The rate of degradation in photolysis and in the presence of photocatalyst are 0.0006 and 0.0122 min^{-1} , respectively. Therefore, about 67% of methylene blue degrades after 90 min.

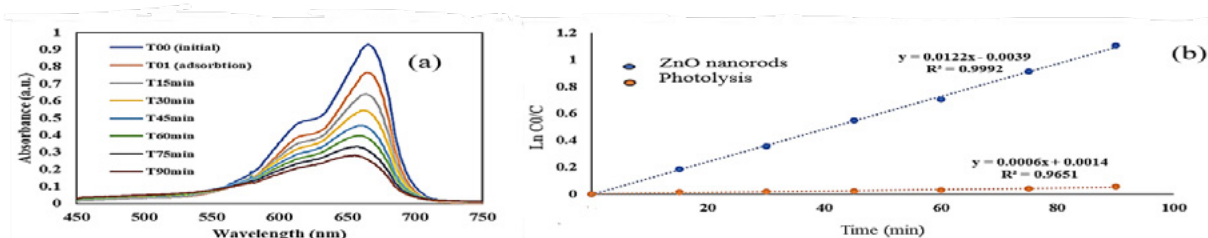


Figure 4: a) UV-Vis absorption spectrum of methylene blue in the presence of ZnO nanorods. b) $\ln(C_0/C)$ vs. time for ZnO nanorods and photolysis for methylene blue photodegradation.

Figure 5a shows the decrease in the absorbance of tetracycline during the light illumination in the presence of ZnO nanorods sample. Figure 5b illustrates $\ln(C_0/C)$ vs. time for photolysis and ZnO nanorods sample. The rate of degradation in photolysis and in the presence of photocatalyst are 0.0006 and 0.044 min^{-1} , respectively. Therefore, the photodegradation is seven times greater than photolysis

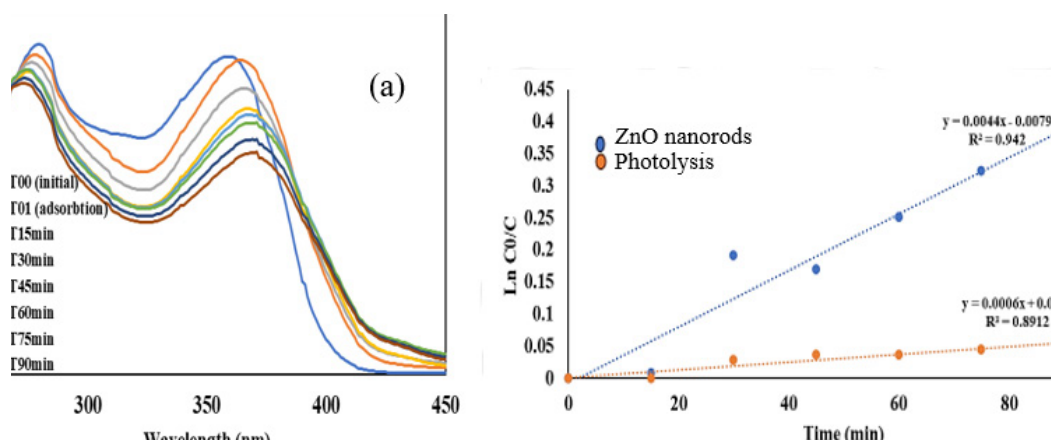


Figure 5: a) UV-Vis absorption spectrum of tetracycline in the presence of ZnO nanorods. b) $\ln(C_0/C)$ vs. time for ZnO nanorods and photolysis for tetracycline photodegradation.

4. Conclusions

In this research, ZnO nanorods were synthesized on a steel mesh substrate with different factors such as concentration of seed solution, immersion cycles, and growth time. The higher concentration of the nucleation solution, i.e. 5 mM, was the best concentration to create the desired density and morphology of the ZnO nanorods. The

SEM images of the samples show 10 times and each time for 2 min and the growth time for 3 h was the most appropriate condition for high-density ZnO nanorods. The photodegradation rates were studied and the results showed that the photodegradation by ZnO nanorods for methylene blue and tetracycline are 20 and 7 times greater than photolysis, respectively.

5. Acknowledgments

The authors thank Alzahra University for supporting this project.

6. References

- [1] Wang H, Wu Y, Feng M, Tu W, Xiao T, Xiong T, Ang H, Yuan X, Chew JW. Visible-light-driven removal of tetracycline antibiotics and reclamation of hydrogen energy from natural water matrices and wastewater by polymeric carbon nitride foam. *Water research*. 2018 Nov 1;144:215-25.
- [2] Durotoye TO, Adeyemi AA, Omole DO, Onakunle O. Impact assessment of wastewater discharge from a textile industry in Lagos, Nigeria. *Cogent Engineering*. 2018 Jan 1;5(1):1531687.
- [3] Sheikh M, Pazirofteh M, Dehghani M, Asghari M, Rezakazemi M, Valderrama C, Cortina JL. Application of ZnO nanostructures in ceramic and polymeric membranes for water and wastewater technologies: a review. *Chemical Engineering Journal*. 2020 Jul 1;391:123475.
- [4] Monteoliva-García A, Martín-Pascual J, Muñío MD, Poyatos JM. Effects of carrier addition on water quality and pharmaceutical removal capacity of a membrane bioreactor–advanced oxidation process combined treatment. *Science of the Total Environment*. 2020 Mar 15;708:135104.
- [5] Samadi M, Zirak M, Naseri A, Khorashadizade E, Moshfegh AZ. Recent progress on doped ZnO nanostructures for visible-light photocatalysis. *Thin Solid Films*. 2016 Apr 30;605:2-19.
- [6] Samadi M, Zirak M, Naseri A, Kheirabadi M, Ebrahimi M, Moshfegh AZ. Design and tailoring of one-dimensional ZnO nanomaterials for photocatalytic degradation of organic dyes: a review. *Research on Chemical Intermediates*. 2019 Apr 15;45:2197-254.
- [7] Samadi M, Moshfegh AZ. Recent Developments of Electrospinning-Based Photocatalysts in Degradation of Organic Pollutants: Principles and Strategies. *ACS omega*. 2022 Dec 9;7(50):45867-81.
- [8] Samadi M, Shivaee HA, Pourjavadi A, Moshfegh AZ. Synergism of oxygen vacancy and carbonaceous species on enhanced photocatalytic activity of electrospun ZnO-carbon nanofibers: Charge carrier scavengers mechanism. *Applied Catalysis A: General*. 2013 Sep 10;466:153-60.
- [9] Coulter JB, Birnie III DP. Assessing Tauc plot slope quantification: ZnO thin films as a model system. *physica status solidi (b)*. 2018 Mar;255(3):1700393.

Fully automatic Z-scan setup for determining the nonlinear optical properties

Nasrin Fallah¹, Aliasghar Ajami^{1, 2*}

¹ Faculty of Physics, Semnan University, P. O. Box 35195-363, Semnan, Iran

² LPS Company, Semnan University Science & Technology Park, Semnan, Iran

**Corresponding Author's E-mail: ajami@semnan.ac.ir*

Presenter's E-mail: ajami@semnan.ac.ir

Abstract

Z-scan technique has been widely exploited as an accurate and reliable method for determining the nonlinear refractive index and nonlinear absorption coefficient. In this technique a sample is scanned along the propagation direction of a focused laser beam while the power transmitted through the sample (an aperture) is measured as function of the sample position. We report on a fully automatic Z-scan setup by which the nonlinear absorption coefficient (refractive index) can be determined by a one-click home-made LabVIEW program. This program handles the movement of the sample mounted on a motorized translation stage, perform the data acquisition from a Pico-scope connected to a pair of photodiode, normalizes the transmittance data, accomplishes the fitting process to extract the required quantities, reports the extracted parameters and finally sends the entire data to Origin for further process such as plotting and drawing the required figures.

Keywords: nonlinear optics, Z-Scan technique, nonlinear refraction, nonlinear absorption, LabVIEW programming

1. Introduction

The Z-scan method was first proposed in 1989 by Sheik Bahae et al. [1] to determine the nonlinear optical properties such as nonlinear refractive index and nonlinear absorption coefficient. Thereafter, numerous modified versions of this method, such as the reflection Z-scan [2], eclipsing Z-scan [3] and white light Z-scan [4] were introduced and developed for different type of laser beams [5] and pulse shapes. The most significant feature of this technique is that it allows the simultaneous determination of both nonlinear refraction and nonlinear absorption coefficient [1].

Here, a fully automatic Z-scan setup is presented. In this setup the nonlinear absorption coefficient (in open aperture version) or the nonlinear refractive index (in closed aperture version) can be determined by using a one-click home-made LabVIEW program.

2. Theory of Z-scan technique

Figures 1 (a) and (b) illustrate the Z-scan setup in open and closed aperture versions.

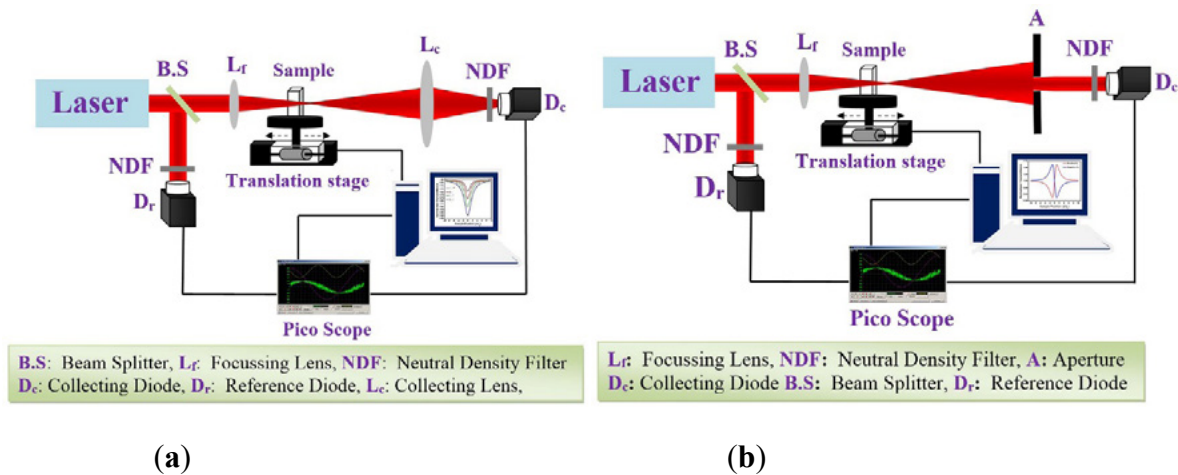


Fig. 1. Z-scan setup indicating: (a) the open aperture and (b) the closed aperture version

As shown in Fig. 1, a laser beam is first split using a beam splitter. The less intense part is directed toward the D_r (i.e. reference diode) to monitor the pulse-to-pulse possible fluctuation. The more intense part is focused using a positive spherical lens. The nonlinear sample mounted on a translation stage is moved along the propagation direction of the focused laser beam through the focal point. Then, in the open aperture version, the power transmitted through the sample is entirely collected by a wide lens and detected by the D_c (i.e. collecting diode) whereas, in the closed aperture version the power transmitted through a small aperture placed after the sample is detected by D_c. The sample is moved step-by-step, in each step the diodes output are measured therefore, the sample/aperture transmittance is measured as function of the sample position. the D_c signal is finally divided by the D_r signal to subtract the pulse-to-pulse fluctuation and then normalized so that the transmittance at positions far from the focus indicates unity.

The analytic derivation of normalized transmittance for different Z-scan versions and different nonlinear orders can be found in [6]. Equation (1) represents the normalized transmittance of the closed aperture Z-scan for the cubic nonlinearity from which the nonlinear refractive index n_2 can be extracted

$$T(z) = 1 + \frac{4x\Delta\Phi_0}{(x^2+1)(x^2+9)} \quad (1)$$

where $x = z/z_0$, z_0 the Rayleigh length, $\Delta\Phi_0 = kn_2L_{eff}I_0$, k the wave number, $L_{eff} = (1 - \exp(-\alpha_0 L))/\alpha_0$ the effective length with L the real length and α_0 the linear absorption coefficient of the sample, I_0 the maximum on-axis intensity and n_2 the nonlinear refractive index.

Equation (2) indicates the normalized transmittance of the open aperture Z-scan for the cubic nonlinearity from which the nonlinear absorption coefficient such as two-photon absorption (2PA) coefficient α_2 can be determined.

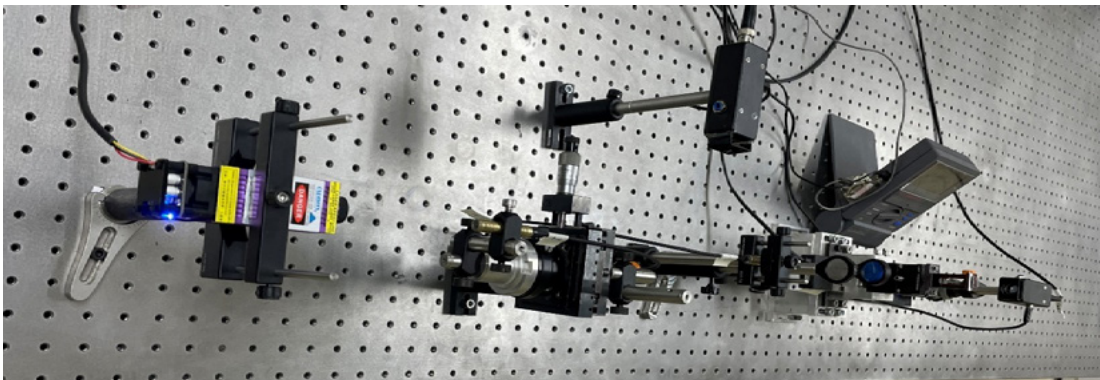
$$T(z) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-q_0)^n}{(n+1)^{3/2} (1+x^2)^n} \quad (2)$$

where $q_0 = \alpha_2 L_{eff} I_0$ with α_2 the 2PA coefficient.

3. Fully automatic Z-scan set up

In our setup the experiment performance comprising both hardware and software controlling is full automatically executed using a home-made LabVIEW program. The hardware controlling includes handling the motorized translation stage to move the sample step-by-step in the beam propagation direction, turning the laser on/off and acquiring the data from pico scope connected to the photodiodes. Then, the software controlling comprises recording the sample position as well as the diode signals, normalizing the transmittance assuming the far points signal as the base line, fitting the appropriate equation to measured data, extracting the required parameters and sending all results to Oring software in order for further processes such as plotting the graphs.

Figure 2 shows a photo of our setup placed on an optical table. In this setup, the laser source is a 1 W laser diode at 530 nm wavelength. For spatially filtering the laser beam was coupled to a 200 μm core optical fiber and then the fiber output was collimated using a 35 mm positive lense. Then, the 5 mm diameter laser beam is focused using a 150 mm plano-convex lens.



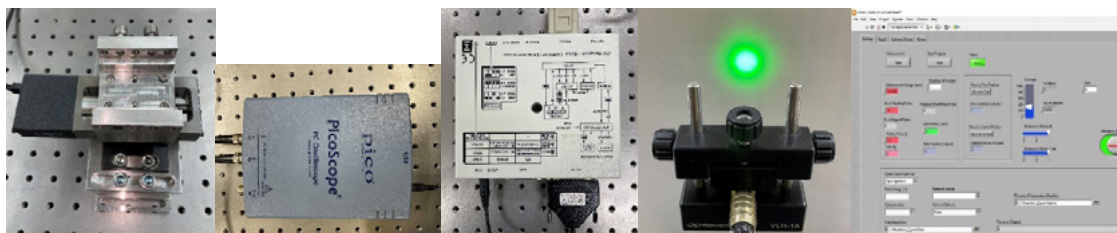


Fig. 2. upper image: Z-scan setup. Lower images from left: motorized translation stage, Pico scope, stage driver, laser beam cross section and LabVIEW front panel.

The sample can be moved in a distance up to 25 mm in small steps down to 10 μm using a motorized translation stage. The scanning length, scanning speed and the step size can be controlled by LabVIEW program. Other laser source at wavelength of 405, 450, 632, 650, 808 and 1064 nm are available.

4. Conclusions

A fully automatic Z-scan setup was designed using LabVIEW program. Once the sample is mounted on the translation stage and the proper parameters such as the laser power, laser wavelength, beam size, pulse duration, scanning length, step size and solution concentration (e.g. for liquid samples) is inserted in the LabVIEW program the experiment is performed and the results in both text and graph formats are reported and saved in the addressed folders in the computer.

5. References and Citations

1. Sheik-Bahae, M., et al., *Sensitive measurement of optical nonlinearities using a single beam*. IEEE journal of quantum electronics, 1990. **26**(4): p. 760-769.
2. Petrov, D.V., A.S.L. Gomes, and C.B. De Araújo, *Reflection Z-scan technique for measurements of optical properties of surfaces*. Applied physics letters, 1994. **65**(9): p. 1067-1069.
3. Jaatinen, E., D. Namarathne, and R. Donaldson, *Analytic solutions to closed and eclipsing aperture Z-scan power transmission*. Journal of the Optical Society of America B, 2022. **39**(4): p. 1130-1140.
4. Ajami, A., et al., *Measurement of degenerate two-photon absorption spectra of a series of developed two-photon initiators using a dispersive white light continuum Z-scan*. Applied Physics Letters, 2017. **111**(7).
5. Huang, Y.L. and C.K. Sun, *Z-scan measurement with an astigmatic Gaussian beam*. Journal of the Optical Society of America B: Optical Physics, 2000. **17**(1): p. 43-47.
6. Ajami, A., *Two-photon Modification of materials with ultrashort laser radiation: Z-scan measurements and 3D-modification of selected materials*, in *Institute of Applied physics*. 2012, Vienna University of Technology. p. 195.

Hydrogels: Applications and Features

Shirin Sadeghmarand¹, Afsaneh Mollahosseini^{1*}, Ali Maleki²

¹ Research Laboratory of Spectrometry & Micro and Nano Extraction, Department of Chemistry, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

²Department of Chemistry, Iran University of Science and Technology, Tehran 16846-13114, Iran

**Corresponding Author's E-mail:* amollahosseini@iust.ac.ir

Presenter's E-mail: sadeghmarandshirin@gmail.com

Abstract

Hydrogels are three-dimensional hydrated polymer networks with transverse connections. They are formed by cross-linked hydrophilic polymers with a high affinity for water and biological fluids and can absorb ten percent to thousands of times their dry weight of water. Hydrogels can be chemically or physically cross-linked. Due to its good mechanical strength, the chemical type is considered more. There are two types of hydrogels, synthetic and natural, and the natural type is considered more important than synthetic hydrogels due to its different characteristics, high cost, non-toxicity, unacceptable acceptability, and biocompatibility. Hydrogels are used in industries such as packaging, agriculture, biomedicine, and pharmaceuticals, as absorbents to remove pollutants, etc.

Keywords: Hydrogel, Chemical hydrogels, Physical hydrogels, Natural hydrogel, and Cellulose

1. Introduction

Hydrogels are considered new polymers that are used to grow new materials. These compounds have three-dimensional and cross-linked hydrophilic polymer structures that can absorb and swell large amounts of water or aqueous fluids. Hydrogel products are a group of polymeric materials with a hydrophilic structure that allows them to absorb large amounts of water. The presence of hydrophilic groups such as NH_2 , COOH , OH , CONH_2 , CONH and SO_3H^- and as well as the effect of capillary action and osmotic pressure contribute to the hydrophilicity of the network. Weaker forces such as van der Waals forces and hydrogen bonds can often act as cross-links, resulting in swollen networks that behave like hydrogels. Networks make them resistant to decomposition. The term "hydrogel" includes a wide range of natural and synthetic materials, the characteristics of hydrogels can be adjusted by changing parameters such as concentration, initiator, monomer concentration, container reaction temperature, reaction time, and the ratio of link and monomer [1].

Hydrogels can be classified into “physical” and “chemical” gels depending on the type of bond that is created between the polymer chains, if the networks are formed as the result of weak physical interactions between the macromolecular chains, such as ionic interactions, hydrogen bonds, and van der Waals hydrophobic forces or molecular entanglements, hydrogels are called “reversible” or “physical” [1]. Physical hydrogels are three-dimensional networks formed by non-covalent interactions of secondary bonds between linear molecules that create physical cross-links such as contact Electrostatic hydrogen bonding in entanglement, chaining, and hydrophobic interaction Physical. hydrogels often show reversible sol-gel transformation because relatively low energies are required to disrupt the physical bonds between molecules, no chemical reaction is necessary for their construction, and the conditions are usually moderate which makes them suitable for biological applications [2]. Chemical hydrogels are formed by chemical cross-linking between molecules, and this cross-linking is irreversible. Chemical hydrogels often have stable qualities, tunable architecture, and excellent mechanical properties [3].

2. Synthetic Methods

Crystallization is one of the most important methods for the formation of physical hydrogels. Such a structure was reported for the first time in the synthetic polyhydrogel of polyvinyl alcohol (PVA). Nowadays, this method is widely used in the field of biotechnology, especially in proteins and peptides. The mixture of PVA with starch chitosan or gelatin is prepared by the crystallization process which has massive applications in tissue engineering. Ionic interactions are another factor in the formation of this type of hydrogel. Alginate is one of the most well-known physical hydrogels with ionic bonds. This bond requires free ions in the environment, which are generally synthesized with the help of salts, for example, calcium cation is mainly present in the structure of alginate hydrogel. Cross-linking in chitosan is done with the help of disodium glycerol-dihydrogen phosphate. Another example is the polysaccharide carrageenan, which consists of degalactose and galactose linked with a potassium phosphate salt in an irregular manner.

Hydrogen bonding is also one of the ways of physical cross-linking in hydrogels. Gelatin, agar, and hyaluronic acid are also among the most well-known hydrogels with the hydrogen bonding of hydrophobic agents that can also cause the formation of natural hydrogels. Chitosan-dextran can give physical cross-linking by modifying its hydrophobicity and is widely used in targeted drug delivery. [2,4] Chemical connections generally include a variety of known chemical bonds with different functional groups, for example, binding, aldehydes, hydrazides, Michael reactions, and various types. Condensation reactions such as Yogi and Passerini can create chemical cross-linking bonds in the hydrogel. Enzyme reactions are also one of the methods of forming chemical cross-links. TG is a calcium-dependent enzyme that

Through the formation of an amide bond between carboxamide and amines of polymer or polypeptide, it can catalyze covalent condensation reactions. Hydrogels are used in other Widespread approaches in advanced countries in agriculture, isolation, biomedical, and pollutant absorption industries

3. Applications

The medical application: this group of compounds, considering that they can be controlled by changing environmental factors such as temperature, pH, etc. Are widely used in drug delivery, targeted tissue engineering, wound dressing, helping to remove dead tissue, and regulating the humidity of protective components. Texture and degradability are one of the advantages of hydrogels. In targeted drug delivery, these hydrogels can also be used by controlling drug release. In tissue engineering also Hydrogels are used as a matrix for engineering. The pores of these gels are such that they can hold living cells. Bio-hydrogels such as dextran cellulose, chitosan, alginate fibrin, and gelatin are widely used in this industry. Carboxamide and amines of polymer or polypeptide, it can catalyze covalent condensation reactions. Hydrogels are used in other Widespread approaches in advanced countries in agriculture, isolation, biomedical, and pollutant absorption industries

Agriculture: superabsorbent hydrogels can absorb and retain a large amount of water. This property is very useful in agriculture and horticulture to conserve water in low-water areas in developed countries. One of the advantages of using these materials is that the need for irrigation and plant nutrition can be reduced. Polysaccharides such as chitosan, and carboxymethyl cellulose pectin have been used as superabsorbent hydrogels to store water and

mineral salts [4].

Separation: mineral and organic wastes, chemical pollutants, and dyes in various industries such as textile, petrochemical, and dye industries are a very dangerous threat to the environment, heavy metal ions and many pollutants can easily dissolve in water and contaminate water. Hydrogels with swelling properties absorb these pollutants, which is why they are used in the water purification industry in advanced countries. Hydrophilic groups in hydrogels can form complexes with polluting molecules, especially heavy metals, and bind to them. Different pollutants such as metal ions (heavy and radioactive), (cationic), and (anionic) dyes, as other ions such as nitrogen and phosphate, can be easily removed by using hydrogels. Biopolymers such as cellulose are widely used to remove toxic substances from the environment [5].

Hygienic products: Another wide application of hydrogel superabsorbent is in hygienic products, especially diapers. Generally, acrylamide is used as the base of these products, but it faces challenges due to its widespread use and difficult degradability in the environment. Hydrogels substitute for these cases, cellulose and its derivatives act as a super absorbent polymer by binding to divinyl sulfone. The advantage of combining these polymers with cellulose is their biodegradability [7].

Hydrogels have very significant advantages that can be widely used in industries. The polymer structure of hydrogels causes stability and reduction of internal resistance, high absorption, pore fluids, adequate light stability, high tensile strength, adjustable ionic conductivity, high flexibility, excellent compatibility with the environment, and low cost [6]. The ability of hydrogels to respond to physical and chemical stimuli is one of the important features that can justify the wide application of these compounds: physical stimuli (temperature), electric or magnetic fields, action, and reaction, etc., and chemical stimuli (pH), factors, ionic factors Chemical and others can be mentioned. Recently, biochemical stimuli that include responses to antigens, enzymes, ligands, and other biochemical factors have been widely used. The response to many stimuli has made these compounds very engineerable and their use is much easier and more controllable [8].

4. Conclusion

Hydrogels are hydrophilic polymer networks that are swollen in water and with the help of their hydrophilic groups can make their structure stronger. Many natural polymers have been used to make hydrogels in the industry, such as chitosan, alginate, pectin, gums, and polysaccharides. Hydrogels have very important properties that include high sensitivity in physiological environments, their hydrophilic nature and flexibility, and strong texture make them an option. It has been suitable for use in many industries, for these reasons, hydrogels are widely used in advanced industries today.



References

New diffusion media to study intranasal drug delivery system *ex vivo*

Tahereh Jamshidnejad¹, Soheila Kashanian^{2*}

¹ Nanobiotechnology Department, Faculty of Innovative Science and Technology, Razi university, Kermanshah, Iran

² Nanobiotechnology Department, Faculty of Innovative Science and Technology, Razi university, Kermanshah, Iran

**Corresponding Author's E-mail: kashanian_s@yahoo.com*

Presenter's E-mail: T.jamshidnejad89@yahoo.com

Abstract

Intranasal administration is a drug delivery approach to provide a non-invasive pharmacological response in the central nervous system (CNS) with relatively small peripheral side effects. *Ex vivo* experiments are valuable tools to study the function and behavior of biological systems in a controlled and simplified manner before proceeding to in vivo and clinical studies. Excised tissues, in particular, provide a means of evaluating the diffusion and toxicity of intranasal drug delivery systems (IN-DDSs). However, reliable diffusion investigations require the use of healthy and live tissues, as the metabolic stability and permeation mechanisms are highly dependent on tissue cell viability. Currently, despite the wide range of therapeutics being developed as IN formulations, there is no validated protocol to test the diffusion of nasal excised tissues, which raises concerns about potential tissue damage that could adversely affect the diffusion rate. Therefore, there is a need for more reliable methods to simulate drug penetration through the nasal epithelium. Here, we applied a new approach using Krebs-Henseleit buffer (KHB) solution along with simulated nasal fluid (SNF) in a Franz's diffusion cell to study IN-DDSs. We used KHB solution because of its ability to supply glucose to the cells which serves as a novel *ex vivo* diffusion medium to maintain the viability of the tissue during the experiment. Based on diffusion rate and histopathological endpoints, KHB solution can be a substituent solution to the commonly used SNF for such drug delivery systems.

Keywords: Diffusion media, *ex vivo*, intranasal drug delivery

1. Introduction

Intranasal administration is a drug delivery approach to provide a non-invasive pharmacological response in the CNS with relatively small peripheral side effects [1]. This approach takes advantage of the nasal epithelium, which provides a direct connection between the CNS and the external environment [1]. Using IN-DDSs can improve the efficacy of the CNS drug delivery. Therefore, numerous IN-DDSs are being developed to increase the CNS drug delivery capacity [1]. However, reliable *ex vivo* diffusion investigations in the field are not available to the date, which raises concerns about potential tissue damage that could adversely affect the diffusion rate [2]. Hence, there is a need for more reliable methods to simulate drug penetration through the nasal epithelium.

Ex vivo experiments are valuable tools to study the function and behavior of biological systems in a controlled and simplified manner before proceeding to *in vivo* and clinical studies [3]. Excised tissues, in particular, provide a means of evaluating the diffusion and toxicity of IN-DDSs [4]. The valid protocol requires the use of healthy and live tissues [5-7], as the metabolic stability and permeation mechanisms are highly dependent on tissue cell viability [8-10]. Here, we applied a new approach using Krebs-Henseleit buffer (KHB) solution, as a widely used medium for *ex vivo* studies of drug diffusion across gastrointestinal membranes, along with simulated nasal fluid (SNF) in a Franz's diffusion cell to study IN-DDSs more precisely. Apart from its use in such physiological and biochemical studies, the use of KHB provides stability to *ex vivo* experimental conditions, is relevant to the physiological conditions of living cells in biological samples, and is readily available in laboratory settings [7]. These factors enable consistent, accurate, and relevant results, making it an ideal medium for *ex vivo* experimentation.

2. Materials and methods

Franz's diffusion cell, potassium dihydrogen phosphate, sodium hydroxide, hydrochloric acid, sodium chloride, magnesium sulfate, potassium chloride, sodium bicarbonate, calcium chloride, and D-glucose were analytical grade and high-performance liquid chromatography (HPLC) grade double deionized water (DDW), methanol, and acetonitrile were purchased from Sigma-Aldrich, St. Louis, USA. The active pharmaceutical ingredient form of human insulin was kindly provided by Ronak Daroo Co. (Tehran, Iran) as a gift. The diffusion of insulin solution across ovine nasal epithelium (OVINAE) were assessed using Franz's diffusion cell while the mucosal surface faced the donor compartment. The 6 mL of insulin solution containing 6 mg of active pharmaceutical ingredient of human insulin, were poured on the membrane into the donor compartment previously incubated with KHB for 10 min. Fresh diffusion media (SNF and KHB, pH 6.5 and pH 7.4, respectively) were used in the receptor compartments and kept at 33 ± 2 °C under continuous stirring. 200 μ L of the medium was withdrawn from a receptor compartment in determined time intervals (30, 60, 120, 240 and 360 min). Withdrawn samples were replaced with the same amount of fresh buffer solution and analyzed using HPLC (Agilent, Germany) at 215 nm to plot the cumulative diffusion profile. After diffusion experiment, the histology studies on the OVINAE were conducted to evaluate the effects of KHB on the tissue structure in comparison to those of SNF.

3. Results and discussion

The feasibility of using KHB instead of SNF in the *ex vivo* models for IN formulation studies was evaluated for insulin solution. The initial diffusion (20%) for the SNF- and KHB-filled apparatus were 0.06 and 5.80 min, respectively. However, the half diffusion rate (50%), were 21.89 min and 289.32 min for SNF- and KHB-filled apparatus, respectively. Additionally, the inferring values for the 70% of the diffusion rate of insulin in the SNF and KHB apparatus from the extrapolating of data were estimated to be 529.29 hr and 3251.91 hr, respectively (Table 1). This trend analysis for SNF and KHB showed an almost a similar pattern in diffusion data over time for the insulin solution which confirmed the validity of KHB usage instead of SNF for *ex vivo* IN diffusion studies (Figure 1). It is notable that a smaller amount of cumulative diffusion rate was recorded for the KHB group in all the measurement points. Furthermore, the deviation between SNF and KHB groups increased during the diffusion time, due to the higher diffusion in the SNF groups that reached the maximum value in the latest part of the experiment.

Moreover, we evaluated the histological indications of SNF- and KHB-affected membranes to validate this methodology as an alternative to the conventional *ex vivo* test using SNF. The histopathological

observations of the nasal mucosa, confirmed that KHB is a practical milieu supporting the viability of OVINAE in comparison to the SNF (Figure 2). In this perspective, there is no previous comparable study that relates to the cell viability and diffusion capacity of OVINAE. We used KHB solution because of its ability to supply glucose to the cells which serves as a novel *ex vivo* diffusion medium to maintain the viability of the tissue during the experiment.

Table 1. The comparison of the insulin cumulative diffusion time through the ovine nasal epithelium mounted on the Franz's cell pre-filled with the simulated nasal fluid (pH 6.4) and Krebs-Henseleit buffer solution (pH 7.4)

(%) Cumulative diffusion	Time of diffusion in simulated nasal fluid (min)	(Time of diffusion in Krebs-Henseleit buffer solution (min)
20	0.069732464	5.808077431
45	8.398208404	150.8301316
50	21.89459798	289.3205302
60	148.8118893	1064.538903
70	1011.435717	3916.912069
100	317570.5721	195115.0084

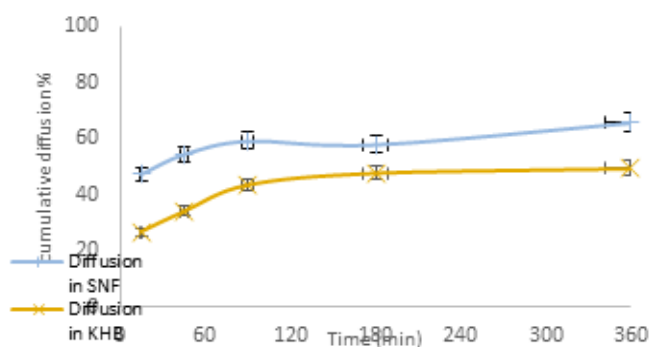


Figure 1. The comparison of *ex vivo* diffusion rates of insulin solution from a freshly isolated ovine nasal tissue in Krebs-Henseleit buffer (Yellow line) and simulated nasal fluid (Gray line)

Moreover, we evaluated the histological indications of SNF- and KHB-affected membranes to validate this methodology as an alternative to the conventional *ex vivo* test using SNF. The histopathological observations of the nasal mucosa, confirmed that KHB is a practical milieu supporting the viability of OVINAE in comparison to the SNF (Figure 2). In this perspective, there is no previous comparable study that relates to the cell viability and diffusion capacity of OVINAE. We used KHB solution because of its ability to supply glucose to the cells which serves as a novel *ex vivo* diffusion medium to maintain the viability of the tissue during the experiment.

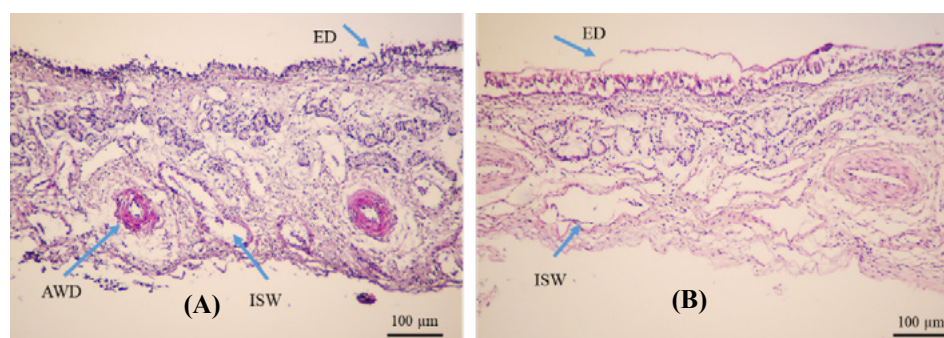


Figure 2. The histological analysis of tissue mounted on Franz's cells filled with either **A)** Krebs-Henseleit buffer solution (pH 7.4), and **B)** simulated nasal fluid (pH 6.4), after a 6-hour *ex vivo* diffusion test, under the light microscope, $\times 10$ magnification. The blue arrows show epithelial detachment (ED), arterial wall damage (AWD), venules wall damage (VWD), intercellular space widening (ISW)

4. Conclusions

A novel *ex vivo* model of a freshly isolated OVINAE was utilized for permeation assay. Herein, KHB in the receptor compartment was used since cell viability is guaranteed in the KHB solution to practically mimic the near-to-real condition. Based on diffusion rate and histopathological endpoints, KHB solution can be a substituent solution to the commonly used SNF for studying such DDSs.

5. References and Citations

1. Keller, L.-A.; Merkel, O.; Popp, A. Intranasal drug delivery: opportunities and toxicologic challenges during drug development. *Drug Delivery and Translational Research* **2022**, *12*, 735-757.
2. Williamson, N. H.; Ravin, R.; Benjamini, D.; Merkle, H.; Falgairolle, M.; O'Donovan, M. J.; Blivis, D.; Ide, D.; Cai, T. X.; Ghorashi, N. S. Magnetic resonance measurements of cellular and sub-cellular membrane structures in live and fixed neural tissue. *Elife* **2019**, *8*, e51101.
3. Shi, D.; Mi, G.; Wang, M.; Webster, T. J. In vitro and ex vivo systems at the forefront of infection modeling and drug discovery. *Biomaterials* **2019**, *198*, 228-249.
4. Erdő, F.; Bors, L. A.; Farkas, D.; Bajza, Á.; Gizurarson, S. Evaluation of intranasal delivery route of drug administration for brain targeting. *Brain Research Bulletin* **2018**, *143*, 155-170.
5. Salade, L.; Wauthoz, N.; Goole, J.; Amighi, K. How to characterize a nasal product. The state of the art of in vitro and ex vivo specific methods. *International journal of pharmaceutics* **2019**, *561*, 47-65.
6. Ladel, S.; Schlossbauer, P.; Flamm, J.; Luksch, H.; Mizaikoff, B.; Schindowski, K. Improved In Vitro Model for Intranasal Mucosal Drug Delivery: Primary Olfactory and Respiratory Epithelial Cells Compared with the Permanent Nasal Cell Line RPMI 2650. *Pharmaceutics* **2019**, *11*, 367.
7. Berkhoff, W. Endothelial cell viability and histology as parameters for ex-vivo mouse heart perfusion system optimization. **2023**.
8. Kolanjiyil, A. V.; Kleinstreuer, C.; Kleinstreuer, N. C.; Pham, W.; Sadikot, R. T. Mice-to-men comparison of inhaled drug-aerosol deposition and clearance. *Respiratory Physiology & Neurobiology* **2019**, *260*, 82-94.
9. Shim, S.; Belanger, M. C.; Harris, A. R.; Munson, J. M.; Pompano, R. R. Two-way communication between ex vivo tissues on a microfluidic chip: application to tumor-lymph node interaction. *Lab on a Chip* **2019**, *19*, 1013-1026.
10. Djupesland, P. G. Nasal drug delivery devices: characteristics and performance in a clinical perspective—a review. *Drug Delivery and Translational Research* **2013**, *3*, 42-62.

Proteomics Methodology, Concepts and Applications in Biomarker Discovery

Mahsa Babaei¹, Soheila Kashanian^{*2,3}

¹ Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran

² Faculty of Chemistry, Sensor and Biosensor Research Center (SBRC), Razi University, Kermanshah, Iran

³ Nanobiotechnology Department, Faculty of Innovative Science and Technology, Razi University, Kermanshah, Iran

**Corresponding Author's E-mail: kashanian_s@yahoo.com*

Presenter's E-mail: Babaeimahsa28@gmail.com

Abstract

Protein biomarkers with specific biological functions have had an essential role in cancer diagnosis and medical consideration. With the recent progress in proteomics methodology, thousands of protein biomarker candidates have been introduced for various disease conditions. For this purpose, different sample origins, including blood, sera, urine, cerebrospinal fluid, stool samples, and tissue biopsies can be employed. However, they should be pretreated and purified with proper methods to improve the selectivity and sensitivity of the analysis and remove the contaminants. Ultimately, the purified samples are investigated by several essential proteomics procedures to identify the specific protein. In this review, the recent progress in the protein biomarker discovery, verification, and validation phases are studied. Also, their conventional techniques, advantages, and disadvantages are discussed.

Keywords: Cancer biomarker; Gel-based methods; Gel-free methods; Mass spectroscopy; Proteomics.

1. Introduction

Broadly, clinical biomarkers can be categorized into four groups: diagnostic, prognostic, predictive, and pharmacodynamic (Mishra & Verma, 2010; Wishart et al., 2020). Diagnostic biomarkers may be used as a tool to differentiate candidate diagnoses. Prognostic biomarkers, similarly, are employed to define a diagnosis, stratify malignancy (Ballman, 2015), and evaluate the probability of disease progression. Predictive biomarkers correlate the expected response of a patient to particular treatment and can be helpful in optimal therapy determination (Weigel & Dowsett, 2010). Pharmacodynamic response biomarkers measure treatment response and may assist in dose titration (Group, 2016; Ulaner et al., 2016). In the following, we present a review on the proteomics techniques and strategies that have been used for the discovery of new biomarkers.

2. Proteomics workflow in biomarker development

The proteomics approach towards biomarker identification for a specific disease comprises four steps: (1) sample preparation by extraction and separation of proteins, (2) sample analysis and data acquisition, and (3) data analysis, followed by 4) verification and validation of the biomarker (Alharbi, 2020; Graves & Haystead, 2002).

2.1. Sample preparation: extraction and separation of proteins

Various sample origins, including blood, sera, urine, cerebrospinal fluid, stool sample and tissue biopsies can be employed for proteomic diagnosis and disease tracking (Komor et al., 2020; Stašna & Van Eyk, 2012). The choice of method for initial sample preparation is highly dependent on the nature of the sample and affects the selectivity and sensitivity of the downstream analysis (Hajeb, Zhu, Bossi, & Vorkamp, 2022). Then, protein purification methods using electrophoretic and non-electrophoretic separation techniques are often employed to reduce sample complexity.

Some of the commonly used electrophoretic separation techniques used for proteomic characterization include one-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis techniques (1D-PAGE), two-dimensional PAGE (2D-PAGE), and difference gel electrophoresis (DIGE) (Aslam, Basit, Nisar, Khurshid, & Rasool, 2017). The advantages of the electrophoretic separation techniques are cost-effectiveness, good separation and quantitation capabilities. However, these methods are unsuitable for the preparation of low-abundance, membrane, alkaline and high molecular weight proteins (Chevalier, 2010); and in the case of 2D-PAGE have poor quantitative reproducibility.

Chromatography is an essential technique for separating, identifying, and purifying the components of a mixture for quantitation and qualification. In this method, proteins are purified based on characteristics such as size and shape, total load, hydrophobic groups present on the surface, and the capacity to bind to the stationary phase. A number of liquid chromatographic techniques are used to separate proteins by size, namely size exclusion chromatography (SEC) and gel filtration chromatography (GFC), that both of them used the same principle (Gellerstedt, 1992). SEC is a size partitioning chromatography that performs the entire separation of large molecules from much smaller ones within an exclusion principle. Therefore, first, the sample molecules are dissolved in a proper solvent, and then they are passed into a gel matrix in a column and distributed inside and outside the gel pores. Smaller particles flow more into the pores of the matrix, while larger molecules do not enter the pores and travel faster than other molecules. GFC operates the columns including functionalized beads with polar groups to separate water-soluble compounds by utilization of aqueous mobile phases. GFC operates by separating macromolecules by size within the included volume of the stationary phase & has relatively high chromatographic resolution.

In ion chromatography, the separations of both anions and cations are done based on ionic interactions among ionic analytes, eluent, and functional groups organized on the stationary phase and also based on pH (chromatofocusing), which can be employed to separate aqueous ppm amounts of anions in the sample. It is a helpful and conventional system due to its high potential, high resolving capability, soft separation conditions, versatility and widespread utilization in industry, and relatively cheap to operate compared to hydrophobic systems (Acikara, 2013).

2.2 Sample analysis and data acquisition in biomarker discovery

Several types of methods and tools can be used in the attainment of protein information. There are several principal proteomics techniques to identify proteins including ELISA, WB, Edman sequencing, MS and etc. MS is a powerful technique with prominent sensitivity for peptide detection that enables us to obtain the molecular masses and fragmentation of proteins and peptides and also gives sequence information for protein identification as well as identification and localization of post-translational or other covalent modifications (Melby et al., 2021). The mass spectrometer is the typical identification approach that generally consists of a sample inlet to introduce the compound, an ion source to generate ions of the primary protein molecules of the sample; the mass analyzer to divide the different ions, and a detector to compute the ions appearing. A diagram of the mass spectrometer is displayed in Figure 1.

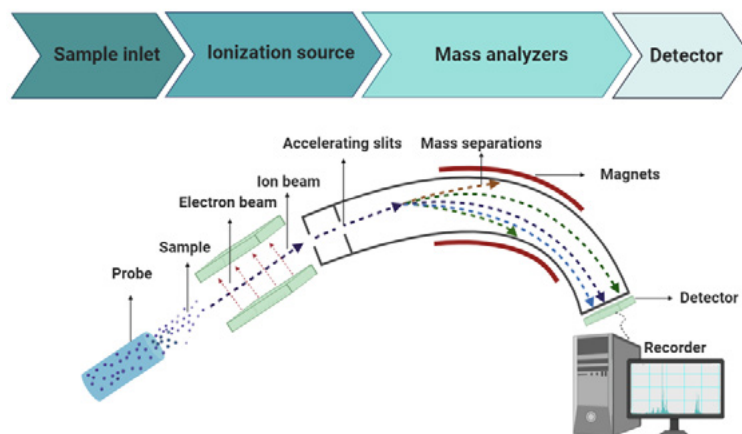


Figure 1. A basic diagram of the mass spectrometer and different parts of the device

2.3. Database utilization

In the last step of identification and quantification of proteins biomarker, after the collection of the protein biomarker fragmentation spectra from MS, the peptide sequences need to be determined. Two different strategies can be employed for this purpose: exploring the fragmentation spectra databases and *de novo* peptide sequencing. In first strategies a peptide spectrum score for all peptide MS spectra generated is calculated and compared to all theoretical database spectra which is made of *in silico* fragmentation of each expressed or possible protein sequence (Chen, Hou, Tanner, & Cheng, 2020). In *de novo* peptide sequencing, the peptide sequence is only discovered by fragmentation spectra information and its method aspects.

2.4. Discovery, verification and validation of the biomarker

The biomarker development pathway is divided into three phases: biomarker discovery, verification, and validation (Figure 2).

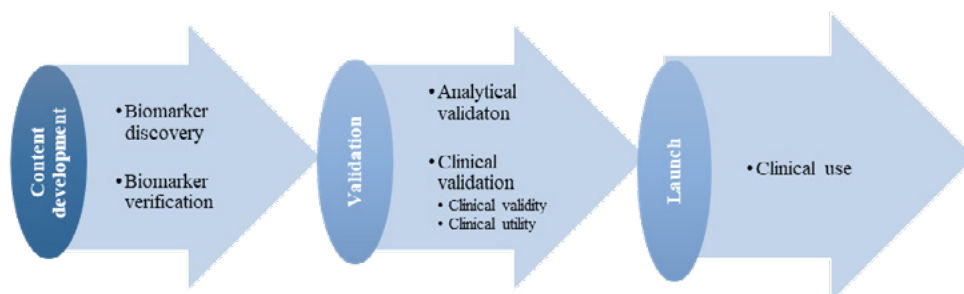


Figure 2. pipeline of biomarker development

3. Conclusions

In conclusion, biomarkers continue to play a key role in disease diagnosis, drug discovery, and patient care monitoring. In recent years, advancements in the capabilities and sensitivity of proteomic techniques have led

identifying new protein-based biomarkers.

4. References and Citations

- Acikara, Ö. B. (2013). Ion exchange chromatography and its applications. *Column chromatography*, 31-58. doi:10.5772/55744
- Alharbi, R. A. (2020). Proteomics approach and techniques in identification of reliable biomarkers for diseases. *Saudi journal of biological sciences*, 27(3), 968-974. doi:10.1016/j.sjbs.2020.01.020
- Aslam, B., Basit, M., Nisar, M. A., Khurshid, M., & Rasool, M. H. (2017). Proteomics: technologies and their applications. *Journal of chromatographic science*, 55(2), 182-196. doi:10.1093/chromsci/bmw167
- Ballman, K. V. (2015). Biomarker: Predictive or Prognostic? *Journal of Clinical Oncology*, 33(33), 3968-3971. doi:10.1200/JCO.2015.63.3651
- Chen, C., Hou, J., Tanner, J. J., & Cheng, J. (2020). Bioinformatics Methods for Mass Spectrometry-Based Proteomics Data Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(8), 2873. doi:10.3390/ijms21082873
- Chevalier, F. (2010). Highlights on the capacities of "Gel-based" proteomics. *Proteome science*, 8, 23-23. doi:10.1186/1477-5956-8-23
- Gellerstedt, G. (1992). Gel permeation chromatography *Methods in lignin chemistry* (pp. 487-497): Springer.
- Graves, P. R., & Haystead, T. A. (2002). Molecular biologist's guide to proteomics. *Microbiology and molecular biology reviews*, 66(1), 39-63. doi:10.1128/MMBR.66.1.39-63.2002
- Group, F.-N. B. W. (2016). BEST (Biomarkers, EndpointS, and other Tools) resource.
- Hajeb, P., Zhu, L., Bossi, R., & Vorkamp, K. (2022). Sample preparation techniques for suspect and non-target screening of emerging contaminants. *Chemosphere*, 287, 132306. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.132306
- Komor, M. A., Bosch, L. J., Coupé, V. M., Rausch, C., Pham, T. V., Piersma, S. R., . . . de Wit, M. (2020). Proteins in stool as biomarkers for non-invasive detection of colorectal adenomas with high risk of progression. *The Journal of pathology*, 250(3), 288-298. doi:10.1002/path.5369
- Melby, J. A., Roberts, D. S., Larson, E. J., Brown, K. A., Bayne, E. F., Jin, S., & Ge, Y. (2021). Novel Strategies to Address the Challenges in Top-Down Proteomics. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, 32(6), 1278-1294. doi:10.1021/jasms.1c00099
- Mishra, A., & Verma, M. (2010). Cancer biomarkers: are we ready for the prime time? *Cancers*, 2(1), 190-208. doi:10.3390/cancers2010190
- Stastna, M., & Van Eyk, J. E. (2012). Secreted proteins as a fundamental source for biomarker discovery. *Proteomics*, 12(4-5), 722-735. doi:10.1002/pmic.201100346
- Ulaner, G. A., Riedl, C. C., Dickler, M. N., Jhaveri, K., Pandit-Taskar, N., & Weber, W. (2016). Molecular Imaging of Biomarkers in Breast Cancer. *Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine*, 57 Suppl 1(Suppl 1), 53S-59S. doi:10.2967/jnumed.115.157909
- Weigel, M. T., & Dowsett, M. (2010). Current and emerging biomarkers in breast cancer: prognosis and prediction. *Endocrine-Related Cancer*, 17(4), R245-R262. doi:10.1677/ERC-10-0136
- Wishart, D. S., Bartok, B., Oler, E., Liang, K. Y. H., Budinski, Z., Berjanskii, M., . . . Wilson, M. (2020). MarkerDB: an online database of molecular biomarkers. *Nucleic Acids Research*, 49(D1), D1259-D1267. doi:10.1093/nar/gkaa1067

Electron Microscopy as a Powerful Tool to Investigate the Exfoliation of Boron Nitride Nanosheets

Zahra Rafiei-Sarmazdeh^{1,*}, Zohreh Dehghani², Elnaz Khalilzadeh²

¹ Nuclear Fuel Cycle School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Po. Box: 14399-51113, Tehran, Iran, Po. Box: 14399-51113

² Plasma and Nuclear Fusion Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P. O. Box: 14399-51113, Tehran, Iran

**Corresponding Author's E-mail: zrafiei@aeoi.org.ir*

Presenter's E-mail: zrafiei@aeoi.org.ir

Abstract

Electron microscopy of materials undergoing chemical reactions provides knowledge of the underlying mechanisms. However, the reactions are often complex and cannot be fully resolved using a single method. As well as characterization of the structural properties of two-dimensional (2D) materials is very important to optimize their synthesis and application. Here, we present the electron microscopy method using field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and transmission electron microscopy (TEM) for studying the exfoliation of synthesized boron nitride nanosheets. Collectively, our data reveal that the reaction proceeds via a three-step process which leads to a significant reduction in the dimensions and thickness of the as-obtained nanosheets compared to pristine hBN.

Keywords: Electron microscopy, Hexagonal boron nitride, Nanosheet, Exfoliation, Characterization.

1. Introduction

Growing interest is being paid to the structural and physical characteristics of two-dimensional (2D) materials like graphene, such as hexagonal boron nitride (h-BN). The number of layers and structure of 2D materials are characterized using various techniques, including optical microscopy, Raman microscopy, low-energy electron microscopy, and Auger electron microscopy. However, describing some 2D materials using such methods, such as h-BN and its nanosheets, can be challenging. Even if the interface is improved by utilizing an oxidized Si wafer, BN nanosheets still have significantly lower optical contrast than graphene. Under ideal measurement conditions, the monolayer h-BN's distinctive Raman peak is 50 times less intense than graphene's G peak. (Guo, Gao, Ishida, Xu, & Fujita, 2014; Li et al., 2013).

It has been suggested that the structure of BN powder affects its chemical stability, and an in-depth investigation of the structural characteristics of 2D materials will help in expanding and improving their applicability. A controlled synthesis of high-quality h-BN nanosheets also requires the use of innovative techniques, such as electron microscopy to assess structure and physical characteristics in 2D materials (Alharbi, 2018). In order to understand the exfoliation of pristine hBN to get exfoliated boron nitride nanosheets (E-BNN), we analyze the structural characteristics of h-BN and exfoliated boron nitride nanosheets (E-BNN) using field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) and transmission electron microscopy (TEM).

2. Materials and methods

hBN powder was purchased from Aldrich Company. For efficient exfoliation of BN nanosheets, E-BNN was created utilizing a combined approach of fast quenching and liquid/solvent exfoliation, which is discussed in detail in (Rafiei-Sarmazdeh, Jafari, Ahmadi, & Zahedi-Dizaji, 2016).

FESEM, Hitachi S-4160, Japan, was used to examine the morphology of hBN and E-BNN. SEM image of pristine hBN is recorded directly from its powder coated with gold. Synthesized E-BNN was dispersed in water using an ultrasonic bath, applied as drops to freshly refined mica, after drying it coated with gold to make the surface conductive. The structure and morphology of nanosheets were studied using a TEM (Philips CM300) equipped with a Lanthanum Hexaboride (LaB6) cathode in bright field mode.

3. Results and discussion

To determine the effects of exfoliation and the morphology of the samples, FESEM was utilized for measurements on both the hBN and E-BNN. Figure 1a shows that pristine hBN plates have structures with lateral dimensions between 1 and 5 μm and thicknesses of more than 50 nm. The plates have a shape of scales with smooth curvature that have been stacked on top of one another.

The synthetic approach used is able to exfoliate boron nitride layers because thermal stress weakens bonds, and by interacting solvent molecules with the surface of boron nitride, the layers are exfoliated. The SEM image of E-BNN exhibits a reduced optical contrast hBN (Figure 1b) as a result of the thinness of exfoliated-BN and its insulating electrical characteristics (Lin, Williams, & Connell, 2010). The image also shows a vast number of thin nanosheets with lateral sizes of 500 nm to 3 μm . Unlike pristine hBN, nanosheets have different shapes and are not curved smoothly and have edges. Due to the thinness and detection limit, the thickness cannot be precisely estimated from the SEM pictures. On the other hand, it illustrates that the exfoliation is entirely done and the ultrasound waves were able to cut BN sheets into small pieces with thinner thickness.

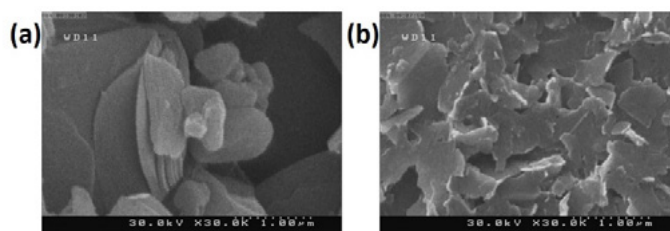


Figure 2. SEM image of (a) pristine hBN powder (b) synthesized E-BNN (magnification X 30k)

Thin two-dimensional layers can be seen in the TEM image of the E-BNN (Figure 2). Due to their low contrast and transparency to the electron beam, most of these nanosheets have significantly reduced in thickness than hBN (based on SEM image). In addition to their thickness, E-BNN nanosheets have much smaller lateral dimensions than hBN due to the mechanical stress applied during synthesis. These nanosheets have lateral dimensions of less than 3 μm , but due to the edge folding phenomenon, it is impossible to determine the thickness from TEM images. The E-BN nanosheets have been seen to aggregate, making it challenging to identify single, individual ones during TEM measurements. Additionally, the surface morphologies of the exfoliated-BN exhibit bending, curling, and crumpling as a result of the exfoliation process. Boron nitride (BN) nanostructures were as a result produced as nanosheets. Following are the three exfoliation process sequences that are involved: (1) Self-curling of the sheets at the edges due to pressure of gas in during fast quenching on the outmost BN surface, (2) Solvent entering the interlayer space and ion adsorption on the positively curved surface, (3) Direct peeling away from the parent materials, or cutting, caused by the hydration reaction of the BN surface. Also, the exfoliated-BN show bending, curling, and crumpling morphologies throughout the surface due to applied exfoliation.

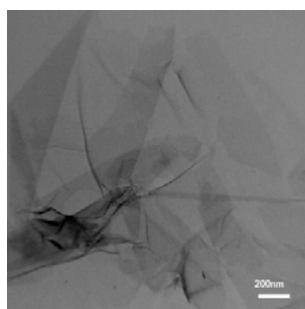


Figure. 2 TEM image of several exfoliated-BNN placed on top of each other which have creases and folds in some parts

4. Conclusions

SEM and TEM were used to examine the morphological and structural characteristics of pristine h-BN powder and synthetic E-BNN. Results showed up as follows: (I) the pristine hBN has scale-shaped plates with flat surfaces, (II) the applied synthetic process results in folding and curling of the as-obtained nanosheets, (III) The applied exfoliation process results in smaller nanosheets and a significant reduction in their thickness. Based on the findings of electron microscopy, the BN layer is continuously curled by the applied exfoliation procedure, which causes the layer to peel separate from the parent material.

5. References and Citations

Alharbi, A. N. (2018). *Deformation of Hexagonal Boron nitride*. (Doctor of Philosophy (PhD)), The University of Manchester, Manchester, UK.

Guo, H., Gao, J., Ishida, N., Xu, M., & Fujita, D. (2014). Characterization of two-dimensional hexagonal boron nitride using scanning electron and scanning helium ion microscopy. *Applied Physics Letters*, 104(3), 031607. doi:10.1063/1.4862819

Li, X., Hao, X., Zhao, M., Wu, Y., Yang, J., Tian, Y., & Qian, G. (2013). Exfoliation of Hexagonal Boron Nitride by Molten Hydroxides. *Advanced Materials*, 25(15), 2200-2204.

Lin, Y., Williams, T. V., & Connell, J. W. (2010). Soluble, exfoliated hexagonal boron nitride nanosheets. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 1, 277-283.

Rafiei-Sarmazdeh, Z., Jafari, S. H., Ahmadi, S. J., & Zahedi-Dizaji, S. M. (2016). Large-scale exfoliation of hexagonal boron nitride with combined fast quenching and liquid exfoliation strategies. *Journal of Materials Science*, 51(6), 3162-3169. doi:10.1007/s10853-015-9626-4

In vitro effect of *Peganum harmala L.* seeds extract on resistant colorectal cancer cells

Zahra Salimizadeh ¹, Sattar Tahmasebi Enferadi ², Tayebbeh Majidzadeh ¹, Tayebbeh Cheraghi-shavi³, Frouzandeh Mahjoubi ^{1*}

¹ Department of Medical Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

² Department of Plant Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran, Iran

³ Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding authors. E-mail addresses: Frouzandeh Mahjoubi: Frouz2@yahoo.com; frouz@nigeb.ac.ir

Presenter's E-mail: salimizadeh.zahra@gmail.com

Abstract

Oxaliplatin is an effective chemotherapeutic medication for the treatment of colorectal cancer (CRC), however prolonged usage of it frequently leads to drug resistance. It is critical to develop methods for reducing CRC cell oxaliplatin resistance. *Peganum harmala L.* (*P. harmala*), is widely used in traditional medicine as an anticancer remedy. In present study, oxaliplatin-resistant HCT116 cells were treated with varying doses of aqueous extract derived from *P. harmala* seeds for 24 and 48 hours. The methylthiazol Tetrazolium (MTT) assay was used to determine cell viability. The analysis showed a significant relationship between the increase in the number of dead cells and the increase in the concentration of *P. harmala's* aqueous extract. The cytotoxicity of *P. harmala* extract increased significantly from 24 h to 48 h in Oxaliplatin-resistant HCT116 cell line. These findings suggest that *P. harmala's* aqueous extract, may be useful for treatment of drug-resistant colorectal cancer.

Key words: *Peganum harmala*, Colorectal cancer, MTT, drug resistance

1. Introduction

Colorectal cancer is the third most common malignancy and the second leading cause of death (1). Three standard helpful treatments are surgery, chemotherapy, and radiotherapy; in any case, these are not satisfactory at all (2). Difficulties in cancer treatment arise from its special ability to escape the immune system, metastasis and resistance to cancer treatment. A major treatment for CRC is chemotherapy. Unfortunately, drug resistance can emerge during treatment for CRC or other malignancies, which reduces the efficacy of medications (3, 4). Oxaliplatin is a platinum analogue which has wide spectrum anti-cancer activity in metastatic cancer and CRC patients (5). But with prolonged or large-dose use, it frequently results in toxicity and drug resistance (6). *Peganum harmala* L. (*P. harmala*), a member of the Zygophyllaceae family, is widely used in folk medicine as an anticancer treatment (7). The cytotoxic impact of *P. harmala* seeds aqueous extract on oxaliplatin-resistant CRC cells was assessed in vitro in the current investigation.

2. Materials and methods

P. harmala seeds were collected from Shahrekord mountain, Chaharmahal bakhtiari province, Iran. 100 g of dry *P. harmala* seed powder was boiled for 40 min in 1000 ml of distilled water. Filter the solution with filter paper (Wattman no. 1). Air dried the extract and stored the powder between 2 to 8 °C. Oxaliplatin resistant HCT116 cells were placed in a 96 well plate. Cells were incubated in DMEM (10% FBS, 100µg/mL streptomycin, 100U/mL penicillin) in 37°C with 5% CO₂ at 37°C. After 24 hours of cells incubation 100µL medium with 0.05-0.4 mg/ml *P. harmala* aqueous extract for 48 hours. Control untreated cells were used. MTT assay was used to determine the half maximal inhibitory concentration (IC₅₀). Using Graph Pad Prism 8, the experimental data was presented as mean ± SD of two independent studies. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Dunnett's test.

3. Results and discussion

A number of studies have shown that natural compounds have anti-cancer properties, which paves the way for cancer research and novel therapeutic approaches (8, 9). Numerous investigators have been alerted to the anticancer activity of *P. harmala* (10, 11). In a study conducted by Rezaee et al., *Peganum harmala* aqueous extract has a cytotoxic effect on leukemic cells, dose and time-dependently. In another study conducted by Jahaniani et al., *P. harmala* was shown to be more selective for malignant cells compared to conventional anti-tumour drugs (e.g., doxorubicin) (12). In this study, the examination revealed a notable correlation between increased dead cell counts and increased concentration of aqueous extracts of *P. harmala* ($p < 0.001$). The IC₅₀ value for HCT116 was determined to be 0.2 mg/ml and 0.14 mg/ml after 24 and 48 hours of exposure to the *P. harmala* extract, respectively. In the oxaliplatin-resistant HCT116 cell line, the cytotoxicity of *P. harmara* extract increased significantly from 24 to 48 hours.

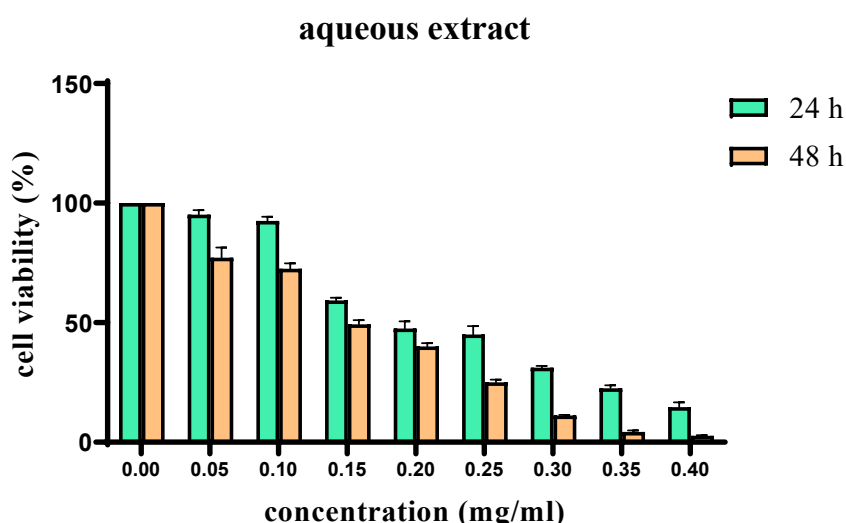


Figure 1. Graphs of MTT assays in oxaliplatin-resistant HCT116 cell line, the error bars show mean ± SD (***)P value < 0.001).

4. Conclusions

These results show that *P.harmala's* aquaous extract significantly inhibits the proliferation of resistant colorectal cancer cells in a dose- and time- dependent manner. These results imply that the aqueous extract of *P.harmala* may have potential as a treatment for drug-resistant colorectal cancer.

5. References and Citations

1. Xi Y, Xu P. Global colorectal cancer burden in 2020 and projections to 2040. *Translational oncology*. 2021;14(10):101174.
2. Longley DB, Allen WL, Johnston PG. Drug resistance, predictive markers and pharmacogenomics in colorectal cancer. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer*. 2006;1766(2):184-96.
3. Fojo AT, Ueda K, Slamon DJ, Poplack D, Gottesman M, Pastan I. Expression of a multidrug-resistance gene in human tumors and tissues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1987;84(1):265-9.
4. Krishna R, Mayer LD. Multidrug resistance (MDR) in cancer: mechanisms, reversal using modulators of MDR and the role of MDR modulators in influencing the pharmacokinetics of anticancer drugs. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2000;11(4):265-83.
5. Grothey A, Goetz MP. Oxaliplatin plus oral fluoropyrimidines in colorectal cancer. *Clinical colorectal cancer*. 2004;4:S37-S42.
6. Han W, Yin H, Ma H, Wang Y, Kong D, Fan Z. Curcumin regulates ERCC1 expression and enhances oxaliplatin sensitivity in resistant colorectal cancer cells through its effects on miR-409-3p. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*. 2020;2020.
7. Lamchouri F, Zemzami M, Jossang A, Abdellatif A, Israili ZH, Lyoussi B. Cytotoxicity of alkaloids isolated from *Peganum harmala* seeds. *Pak J Pharm Sci*. 2013;26(4):699-706.
8. Ait-Mohamed O, Battisti V, Joliot V, Fritsch L, Pontis J, Medjkane S, et al. Acetonic extract of *Buxus sempervirens* induces cell cycle arrest, apoptosis and autophagy in breast cancer cells. *PloS one*. 2011;6(9):e24537.
9. Khelifi D, Sghaier RM, Amouri S, Laouini D, Hamdi M, Bouajila J. Composition and anti-oxidant, anti-cancer and anti-inflammatory activities of *Artemisia herba-alba*, *Ruta chalapensis* L. and *Peganum harmala* L. *Food and chemical toxicology*. 2013;55:202-8.
10. Shabani SHS, Tehrani SSH, Rabiei Z, Enferadi ST, Vannozzi GP. *Peganum harmala* L.'s anti-growth effect on a breast cancer cell line. *Biotechnology Reports*. 2015;8:138-43.
11. Ruan S, Jia F, Li J. Potential antitumor effect of harmine in the treatment of thyroid cancer. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2017;2017.
12. Jahaniani F, Ebrahimi SA, Rahbar-Roshandel N, Mahmoudian M. Xanthomicrol is the main cytotoxic component of *Dracocephalum kotschyii* and a potential anti-cancer agent. *Phytochemistry*. 2005;66(13):1581-92.

Mercury (II) Detection Using Nitrogen and Sulfur co-doped Carbon Quantum Dots and Fluorescence Quenching Assay

Mosayeb Chaghazardi¹, Soheila Kashanian^{1,2*}, Maryam Nazari¹

¹ Faculty of Chemistry, Razi University, Kermanshah, Iran

² Faculty of Chemistry, Sensor and Biosensor Research Center (SBRC) & Nanoscience and Nanotechnology Research Center (NNRC), Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding author's e-mail: kashanian_s@yahoo.com

Presenter's Email: Mosayebch7@gmail.com

Abstract

Mercury is a highly toxic and potentially bioaccumulative heavy metal ion that can cause severe health problems in humans even at very low concentrations. Thus, the development of a simple, rapid, and sensitive assay for the effective detection of mercury ions at trace levels is of great importance. Here, nitrogen and sulfur co-doped carbon quantum dots (N,S-CQD) were synthesized by hydrothermal treatment of chitosan in the presence of thiourea and citric acid with a quantum yield (QY) up to 33.0 % and used as a selective fluorescent probe to detect mercury ions (Hg^{2+}). The synthesized N,S-CQD showed ultrasensitive ability to detect Hg^{2+} ions in the presence of 11 interfering metal ions, with a low detection limit (~ 4 nM) over a wide linear range from ~ 5 - 160 nM. The sensing performance of N,S-CQD probe in real sample applications was evaluated by the detection of Hg^{2+} in lake water samples.

Keywords: Carbon quantum dots, Mercury sensor, Fluorescence quenching, Chitosan

1. Introduction

Pollution caused by heavy metal ions is a serious global problem because they can bioaccumulate in the environment and endanger human health (Cheng et al., 2019). Amino acid as an important building block of proteins and enzymes form potent mercury- complexes that can cause severe hepatotoxicity and neurotoxicity. Thus, Hg^{2+} is regarded as one of the most harmful heavy metal ions (Pajewska-Szmyt, Buszewski, & Gadzała-Kopciuch, 2020). The maximum permissible level of Hg^{2+} in drinking water is $6.0 \mu\text{g/L}$ based on the World Health Organization (WHO), whereas the recommended level is $2.0 \mu\text{g/L}$ according to the United States Environment Protection Agency (EPA) (Omer, Aziz, & Mohammed, 2019). Due to

the high environmental toxicity and harmful effects on humans, the determination of Hg^{2+} and regular monitoring of water sources and environmental protection have become an extremely important issue (Liu et al., 2019).

Carbon quantum dots (CQDs) are considered as a great alternative to the conventional heavy metal QDs due to their ease of synthesis and modification, lower toxicity, favorable biocompatibility, superior photostability, and low cost. Despite their outstanding advantages, the QY of CQDs is low and requires improvement. The incorporation of heteroatoms into CQDs create n- and p-type carriers and lead to a significant change in their energy states and electronic structures, improving the optical properties and QY of CQDs (Koç, Üzer, & Apak, 2022). Using hydrothermal treatment of chitosan in the presence of thiourea and citric acid at 200 °C, we have developed a simple and cheap method to synthesize N,S-CQDs with green emission and a high QY. Compared with the previous studies, the developed method in this study does not require expensive reagents, strong acid, base, organic solvent, and further surface passivation, which are the specific features of the developed technique compare to other reported techniques.

2. Materials and methods

Materials: Chitosan (low molecular weight), citric acid, and thiourea were bought from Merck company and were used as obtained. HgCl_2 was purchased from Sigma-Aldrich and Hg^{2+} stock solution was prepared by dissolving appropriate amounts of its chloride salts in double distilled water (DDW). Other metal chloride salts as interferences also were purchased from Sigma-Aldrich and their ions solutions were prepared by dissolving them in DDW adjusting the pH solution at 7.0 and fixing the temperature at 30 °C. The concentration of interfering ions was 1 μM and Hg^{2+} solution was 0.1 μM . Disodium hydrogen phosphate and sodium dihydrogen phosphate were purchased from Merck company and used to prepare phosphate buffer solutions (PB). The real sample was obtained from Taze Boştan Lake of Kermanshah, Iran. The sample was filtered using a 0.45-micron paper filter.

N,S-CQDs synthesis and quantum yield determination: The N,S-CQDs were synthesized as follows: 0.50 g of chitosan, 0.10 g of citric acid, and 0.50 g of thiourea were dissolved in DDW and placed at room temperature overnight under mild stirring. The solution was delivered to a Teflon-lined autoclave and heated at 200 °C for 6 hours. The resulting brown colored solution was centrifuged at 6000 rpm for 45 min. For elimination of unreacted material and more purification, the solution was then purified using a 12 kD membrane dialysis in double distilled water for 48 hours. The resulting sample was dried at 60 °C, and the obtained black-brown powder was denoted as N,S-CQDs. QY of synthesized N,S-CQDs was calculated by the relative comparison procedure, using freshly prepared anthracene in ethanol as a standard for relative QY. To calculate the QY, five concentrations of standard and N,S-CQDs in ethanol were used, and all had absorbance less than 0.1 at 330 nm. The QY of anthracene in ethanol is 0.27. The N,S-CQDs samples were dissolved in ethanol.

3. Results and discussion

Investigating the effect of pH, ionic strength (NaCl) and time on fluorescence intensity of N,S-CQDs: The pH of solutions can influence the function of sensors. The surface of N,S-CQDs is full of amine, hydroxyl, sulfide, and carboxylic acid functional groups. Hence, a changed pH value can cause a change in the charge of these groups due to the protonation and deprotonation, thereby influencing their fluorescence intensity (Aziz, Omer, & Hamarawf, 2019). The impact of pH on the emission of 50 ppm N,S-CQDs sample at 30 °C was investigated. The results showed, in acidic or basic pH, the fluorescence intensity of N,S-CQDs decreased, and the maximum fluorescence intensity happened at pH=7.0. Hence, pH = 7.0 was selected as the optimal pH value to increase the sensor sensitivity.

Ionic strength is another critical factor that affect the fluorescent emission of fluorophores. To evaluate the ionic strength effect on the fluorescence intensity of prepared N,S-CQDs, the fluorescence emission of 50 ppm N,S-CQDs solutions containing different concentrations of NaCl salt were recorded at pH 7.0 and 30 °C. The results showed that fluorescence intensity decreased with increasing NaCl concentration and ionic strength of the medium. The highest emission was recorded at zero ionic strength (double distilled water).

The impact of time on the fluorescence emission of N,S-CQDs was studied. The fluorescence emission of a 50 ppm CQD at 30 °C and pH=7 was recorded each 5 min at the excitation wavelength of 330 nm

and emission wavelength of 420 nm. The results showed that N,S-CQDs had excellent photostability with time and no bleaching or quenching occurs within an hour.

Hg²⁺ sensing via fluorescence quenching of N,S-CQDs: The sensing performance of N,S-CQDs towards Hg²⁺ under optimal conditions (pH = 7.0 and 5 min incubation time) was investigated. As expected, with increasing the concentration of Hg²⁺ the fluorescence intensity of N,S-CQDs decreased gradually. The results displayed the linear relationship between Hg²⁺ concentration and fluorescence quenching of N,S-CQDs in a linear range of 5.2–159.8 nM with the sensitivity of 0.9927. Given the linear equation, the limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) of this method were calculated as 4.0 and 13.4 nM, respectively. For calculation of LOD and LOQ the formula of 3.3(standard deviation (SD)/slope) and 10(SD/slope) were used, respectively. The comparison of performance characteristics of the prepared sensor based on N,S-CQDs with several previously reported doped CQD based on different elements (N, S, P, and B) for Hg²⁺ fluorescence sensing showed that LOD of the proposed sensor is lower than most of the reported studies as indicated, furthermore these N,S-CQDs have high sensitivity in Hg²⁺ detection. In addition the N,S-CQDs in this work could be easily synthesized without any post-synthesis modifications.

Detection of Hg²⁺ in Real sample: To further display the applicability of the synthesized N,S-CQDs, they were used to determine Hg²⁺ in Taq-e Bostan Lake water as real sample while pH is adjusted at 7.0 using 0.01 M PB. The achieved recoveries were in the range of 94-106%, which proves that the proposed sensor is highly promising for the determination of Hg²⁺ in practical applications.

4. Conclusions

Green emitting N,S-CQDs with a high quantum yield (33.0%) and excellent fluorescence stability were synthesized using a facile thermal method from chitosan, thiourea, and citric acid without any more modification/passivation. The prepared N,S-CQDs were used to detect Hg²⁺ in water in the presence of interfering metal ions and provided desirable selectivity and sensitivity over a wide linear range from 5.2 to 159.8 nM with a LOD of 4.0 nM. This fluorescent probe was successfully utilized for the detection of Hg²⁺ in Taq-e Bostan Lake water samples with good recoveries. Based on the obtained results, N,S-CQDs can be used as a selective fluorescence probe for the quantification of Hg²⁺ in environmental water samples

References and Citations

- Aziz, K. H. H., Omer, K. M., & Hamarawf, R. F. (2019). Lowering the detection limit towards nanomolar mercury ion detection via surface modification of N-doped carbon quantum dots. *New Journal of Chemistry*, 43(22), 8677-8683.
- Cheng, Z., Du, F., Sun, L., Jiang, L., Ruan, G., & Li, J. (2019). Nitrogen-Doped Carbon Quantum Dots as a “Turn-Off” Fluorescent Probes for Highly Selective and Sensitive Detection of Mercury (II) Ions. *ChemistrySelect*, 4(7), 2122-2128.
- Koç, O. m. K., Üzer, A. e., & Apak, R. a. (2022). High Quantum Yield Nitrogen-Doped Carbon Quantum Dot-Based Fluorescent Probes for Selective Sensing of 2, 4, 6-Trinitrotoluene. *ACS Applied Nano Materials*, 5(4), 5868-5881.
- Liu, Y., Tang, X., Deng, M., Cao, Y., Li, Y., Zheng, H., . . . Shi, L. (2019). Nitrogen doped graphene quantum dots as a fluorescent probe for mercury (II) ions. *Microchimica Acta*, 186(3), 1-8.
- Omer, K. M., Aziz, K. H. H., & Mohammed, S. J. (2019). Improvement of selectivity via the surface modification of carbon nanodots towards the quantitative detection of mercury ions. *New Journal of Chemistry*, 43(33), 12979-12986.
- Pajewska-Szmyt, M., Buszewski, B., & Gadzała-Kopciuch, R. (2020). Carbon dots as rapid assays for detection of mercury (II) ions based on turn-off mode and breast milk. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 236, 118320.

Enhancing fire safety of epoxy resin with bio-based metal-organic framework nanoparticles derived from adenine

*Hafezeh Nabipour¹, Sohrab Rohani¹

¹Department of Chemical and Biochemical Engineering, University of Western Ontario, London, ON, N6A 5B9, Canada

*Corresponding Author's E-mail: srohani@uwo.ca**

Presenter's E-mail: hnabipou@uwo.ca

Keywords: BioMOF, Thermosetting resin, Mechanical properties, Thermal properties; Fire Safety

1. Introduction

Toxic heavy metals in water, non-biodegradable and hazardous even at low levels, pose environmental challenges. Industries like plastics, mining, and textiles, especially zinc usage, worsen the issue. Solutions like adsorption and chemical precipitation tackle heavy metal contamination, with cost-effective and simple chemical precipitation gaining prominence. Epoxy resins (EPs) are widely used but face fire safety limitations. Flame retardants like metal-organic frameworks (MOFs) have emerged due to their structural versatility. MOFs' interaction with polymers enhances flame resistance. While imidazole-based MOFs have been explored, this study focuses on adenine, offering diverse coordination sites. The study introduces a novel bioMOF for fire hazard reduction in EP. Adenine-driven bioMOF's interaction with zinc ions was explored, followed by its incorporation into EP, demonstrating improved fire safety characteristics. [This innovative approach holds promise for diverse applications across industries [1-3

2. Materials and methods

The adsorption procedure involved exposing adenine adsorbent to a wastewater solution containing zinc ions at 60 °C. After stirring, adsorbent particles were separated via centrifugation, and zinc ion concentrations were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. Sorption capacity (q_e , mg/g) was determined using the Eq: . Residual zinc concentration in wastewater after MOF preparation was measured as 0.04 mg/L using ICP-AES. BioMOF nanoparticles synthesis involved mixing adenine and $ZnCl_2$ in ethanol-water mixture, followed by filtration, rinsing, and drying. Then, EP composites were prepared by mixing of adenine and bioMOF with amount 6.0 wt% and 8.0 wt% with EP resin and thermally inducing polymerization. Pseudo-first-order and pseudo-second-order

.kinetics models were employed for adsorption analysis, with corresponding equations for kinetics presented

In this study: Dynamic thermomechanical analysis (DMA) was carried out by a DMA Q800 (TA Instruments, USA) at a heating rate of 5 °C/min and a test temperature range from 25 to 200 °C and a frequency of 1 Hz under nitrogen atmosphere. Thermal analysis was performed on a Q50 thermogravimetric analyzer (TA Instruments, USA) from 25 to 800 °C at a heating rate of 20 °C/min in air atmosphere. The tensile property of the samples was evaluated using an Instron-5967 universal electronic testing machine (J Lloyd, UK) following the ASTM D638 method and the crosshead speed was 2 mm/min. The UL-94 vertical burning test was determined by a CZF-3 instrument (Jiangning Analytic Instrument Company, China). The limiting oxygen index (LOI) test was performed using an HC-2 oxygen index meter (Jiangning Instruments, China) according to ASTM D2863-17a standard. Cone calorimeter was tested by a cone calorimeter according to the ISO5660-1:2002 standard and the heat radiation was 50 kW/m²

3. Results and discussion

The structure of the synthesized bioMOF nanoparticles was examined using XRD, SEM, TEM, and FT-IR techniques, following the procedures detailed in the given references [4].

The gradual adsorption of zinc ions is attributed to strong chemical bonds formed with adenine's functional groups. Controlled-rate behavior and adsorption kinetics were investigated, resulting in pseudo-first-order and pseudo-second-order rate constants. The pseudo-second-order model provided the best fit to the data, signifying the dominant role of chemical adsorption in zinc ions' binding to adenine.

The thermal stability of EP and its composites is evaluated using TGA under air. Fig. 1a presents TGA thermograms, revealing $T_{\max}$ and $T_{10\%}$ values for pristine EP. EP composites containing adenine showed two-stage decomposition with lowered $T_{\max}$ and $T_{10\%}$ as adenine content increased. BioMOF composites exhibited slight $T_{\max}$ and $T_{10\%}$ decreases, possibly due to zinc oxide catalysis and pyrolysis at lower temperatures. Char yield at 800 °C raised significantly in adenine and bioMOF composites, acting as a barrier to heat transfer and reducing combustion heat release.

Fig. 1b and 1c displays dynamic mechanical analysis data for storage modulus and $\tan \delta$ against temperature. EP-adenine composites exhibited higher storage modulus due to interactions, while EP-bioMOF composites showed enhanced modulus from homogenous dispersion, restraining polymer chain movement. Fig. 1c reveals increased glass transition temperature (T_g) with adenine or bioMOF addition. EP-bioMOF-8 wt% displayed a substantial 19°C T_g rise, indicating heightened cross-linking density and rigidity. Tensile stress-strain curves in Fig. 1d show improved tensile strength due to adenine's increased cross-linking density. BioMOF-filled composites showed higher tensile strength, with EP-bioMOF-8 wt% improved by 16.8%, demonstrating improved elongation, toughness, and epoxy resin compatibility due to bioMOF's dispersion in EP.

Adenine and bioMOF enhanced LOI, a key measure of flame retardancy. EP-bioMOF-8 wt% achieved a significant LOI increase to 31.0%, 54.6% higher than pure EP, obtaining a UL-94 V-0 rating in the vertical burning test. In Fig. 2, cone calorimeter assessment reveals lowered time to ignition (TTI) due to catalytic early decomposition. PHRR and THR decreased progressively: EP-bioMOF-8 wt% shows remarkable 56.3% PHRR and 53.6% THR reduction. BioMOF-filled EP-8 wt% exhibited a significant 71.4% SPR reduction. Enhanced char residue in EP-bioMOF-8 wt% demonstrated suppression of heat release rate and smoke emission, enhancing fire safety.

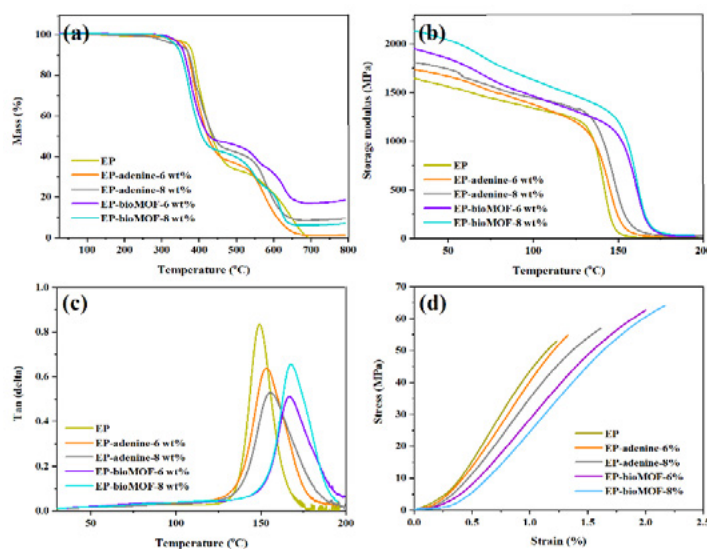


Fig. 1. (a) TGA, (b) storage modulus, (c) $\tan \delta$ and (d) stress-strain curves of the pure EP, adenine- and bio-MOF-filled epoxy composites

Top of Form

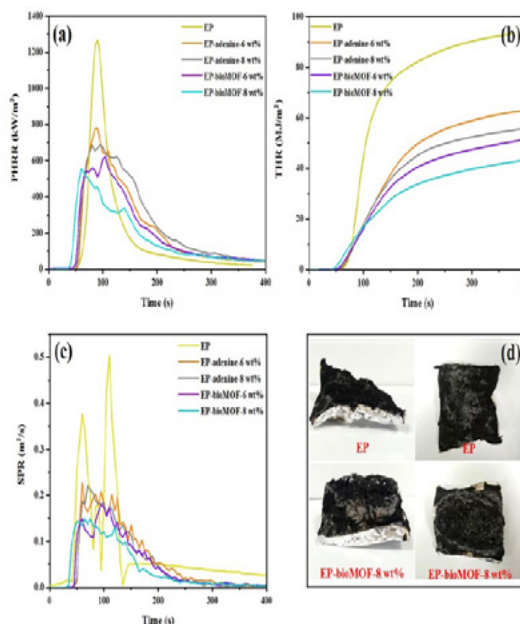


Fig. 2. (a) PHRR, (b) THR, and (c) SPR curves of the pure EP and its composites, and (d) Digital photos of the char residues of the pure EP and EP-bioMOF-8wt% after the cone calorimeter measurement

4. Conclusions

In this study, a bioMOF, created through adenine and zinc ions, was developed as a flame-retardant and smoke-suppressant additive for EP resin. Despite a slight initial degradation temperature decrease in TGA results, degradation rate lowered, and residual yield significantly improved. Just 8.0% bioMOF content led to substantial reductions of PHRR, THR, and SPR in the epoxy composite, enhancing fire safety. Mechanical properties were enhanced due to strong interaction and uniform dispersion within the epoxy matrix. BioMOF also raised glass transition temperature and tensile strength, showcasing promise in fire-safe EP resin via recycling

5. References and Citations

1. Demirbas, A. (2008). Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 157, 220-229.
2. Nabipour, H., Wang, X., Song, L., & Hu, Y. (2021). Organic-inorganic hybridization of isorecticular metal-organic framework-3 with melamine for efficiently reducing the fire risk of epoxy resin. *Composites Part B: Engineering*, 211, 108606.
3. Nabipour, H., Qiu, S., Wang, X., Song, L., & Hu, Y. (2022). Adenine as an efficient adsorbent for zinc ions removal from wastewater to in situ form bio-based metal-organic frameworks: A novel approach to preparing fire-safe polymers. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 161, 107099.

First label-free carbohydrate-based electrochemical sensor to detect *Escherichia coli* pathogenic bacteria using affinity between adhesion FimH and mannose on the glassy carbon electrode

Sakineh Hargol Zadeh^a, Soheila Kashanian^{a,b*}, Maryam Nazari^a

^aFaculty of Chemistry, Razi University, Kermanshah, Iran

^bNanobiotechnology Department, Faculty of Innovative Science and Technology, Razi University, Kermanshah, Iran

*Corresponding Author:

Soheila Kashanian: kashanians@yahoo.com

Sakineh Hargol Zadeh : hargols@yahoo.com

Abstract

Controlling water and food contamination by pathogenic organisms requires quick, simple, and low-cost methods. Using affinity between mannose and type I fimbriae in the cell wall of *Escherichia coli* (*E. coli*) bacteria as evaluation elements compared to the conventional plate counting technique enables a reliable sensing platform for the detection of bacteria. In this study, a simple new sensor based on electrochemical impedance spectroscopy (EIS) for rapid and sensitive detection of *E. coli* was developed. Biorecognition layer of the sensor was formed by covalent attachment of p-carboxyphenylamino mannose (PCAM) to gold nanoparticles (AuNPs) electrodeposited on the surface of glassy carbon electrode (GCE). The resultant structure of PCAM was characterized and confirmed using FTIR. The developed biosensor demonstrated a linear response with a logarithm of bacterial concentration ($R^2 = 0.998$) in the range of $1.3 \times 10^1 \sim 1.3 \times 10^6$ CFU.mL⁻¹ with the limit of detection of 2 CFU.mL⁻¹ within 60 min. The sensor did not generate any significant signals with two non-target strains, demonstrating high selectivity of the developed biorecognition chemistry. Selectivity of the sensor and its applicability to analysis of the real samples was investigated in samples of tap water and low-fat milk. Overall, the developed sensor has shown to be promising for the detection of *E. coli* pathogen in water and low-fat milk due to its high sensitivity, short detection time, low cost, high specificity, and user-friendliness.

Keywords: *Escherichia coli*; Electrochemical sensing; D-mannose; Electrochemical impedance spectroscopy; Gold nanoparticles

1.Introduction

Escherichia coli (*E. coli*) is one of the most important gram-negative bacteria of the *Enterobacteriaceae* family. *E. coli* is one of the major pathogens for humans and animals with a contamination dose of less than 100 colonies [1]. The most common way for it to be transmitted to humans and animals is through contaminated water and food such as undercooked meat and contaminated vegetables [2]. Although the vast majority of *E. coli* serotypes are harmless and exist in the gastrointestinal tract normally, some of them such as *E. coli* O157:H7, *E. coli* O167, ... cause infection and are pathogenic to humans and animals [2-3]. In recent decades, *E. coli* has received a lot of attention as one of the main pathogens causing severe illnesses, such as gastrointestinal diseases, bloody diarrhea, Kidney failure, stillbirth, premature birth, and infection during pregnancy [4-8]. Therefore, early detection and prevention of the spread of this pathogen in all countries, including developed countries, is critical. Traditional methods based on media culture and colony counting are the most common methods of identifying *E. coli*. One of the most important limitations of these methods is that they are time-consuming (2 to 5 days). New methods for rapid detection of *E. coli* bacteria, such as polymerase chain reaction (PCR), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and real-time PCR, have been developed in recent decades [12]. Although these methods have high accuracy and speed, the high cost and need for specialized knowledge and complex equipment are the disadvantages of these methods [13]. Several types of biosensors such as aptasensor [14], immunosensor [15], carbohydrate biosensor [16], and enzymatic biosensor [17] have been developed to identify pathogens including *E. coli* bacteria using different techniques such as electrochemical [18], colorimetric [19], optical [20], and quartz crystal microbalance (QCM) methods [21]. Among various detection methods, electrochemical detection stands out due to its simplicity, cost-effectiveness, and short response time. The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) technique, in particular, is a highly sensitive method for accessing changes in electron transfer resistance at the electrode surface [22]. For example, Wang et al. developed an aptamer-based electrochemical biosensor for the detection of *E. coli* in licorice extract with the limit of detection of 80 CFU.mL^{-1} [23]. Zhang et al. fabricated an electrochemical biosensor for *E. coli* detection using 16S rDNA as a target biomarker and oligonucleotide probes for *E. coli* detection [24]. This study is the first carbohydrate-based electrochemical sensor. D-MAN was immobilized on the GCE surface in a simple way, in which immobilized D-MAN on the surface of gold nanoparticles (AuNPs)-modified GCE was used as a receptor for detection of *E. coli*.

2. Materials and Apparatus

HAuCl_4 , pure ethanol (100%), $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, Dimethyl aminopropyl-3-ethyl carbodiimide (EDC), and N-hydroxysuccinimide (NHS) were purchased from Sigma-Aldrich. Cysteamine (Cys), 4-aminobenzoic acid (PABA), acetic acid, MAN, KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , NaOH and alumina powder were purchased from Merck. Deionized water (DI water) was obtained from Bandar Imam Petrochemical company in Iran. The microorganisms *E. coli* (PTCC 1399), *Staphylococcus epidermidis* (PTCC 1856), and *Citrobacter freundii* (PTCC 1600) were collected from Persian Type Culture Collection. The phosphate buffered saline (PBS) solution (pH 7.4) was used to prepare different bacterial concentrations by the serial dilution method for all of the strains.

2.1. Synthesis of biorecognition element MAN was modified according to the previously reported method [26]. MAN was dissolved in water at 100mM and 4-aminobenzoic acid is solved in acetic acid at 100mM. The mannose with p-amino benzoic acid solutions was mixed and then incubated in seal tubes for 1h at 20°C for the amination reaction step. Then the reduction step was carried out overnight in fume hood in unsealed tube. As acetic-acid evaporates, p-carboxyphenylamino mannose (PCAM) single crystals were formed and used as a bioreceptor in this work. The resulting bioreceptors were stored at -20°C under light and moisture blocking conditions. The name and identity of the PCAM were predicted using Chem Draw and confirmed with FTIR spectra.

3. Results and discussion

The morphologies of the AuNPs electrodeposited on the surface of GCE, under the deposition conditions mentioned, were characterized with FESEM images. The FESEM micrograph indicates that an appropriate layer of AuNPs with a nanoparticle size were formed on the surface of GCE; hence, as seen, the FESEM images indicated a satisfactory uniform coverage of the AuNPs on the surface of GCE. Also, to visualize the capture of bacteria by the PCAM-coated electrode, we used FESEM to confirm *E. coli* on the sensor surface. The FESEM micrograph indicates the captured *E. coli* on the electrode surface. It is shown by the red arrow in the figure. Furthermore, it is established that Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) penetrates much more deeply and hence gives the bulk materials composition. As shown in, the EDS spectrum confirms the presence of Au on the GCE surface and the peaks of C, N, and O in the EDS spectrum prove the stabilization of mannose on the surface of the electrode. FTIR analysis was performed to evaluate the synthesis of the PCAM receptor. PCAM receptor was obtained from the reaction between two substances, para-aminobenzoic acid, and MAN. according to the FTIR spectrum of para-aminobenzoic acid, it is expected that seen in the FTIR spectrum of the PCAM receptor, compared to pure MAN, there is a peak corresponding to C=O at the wavenumber of 1710 cm^{-1} . in the FTIR of the PCAM receptor, this peak is seen in 1710 cm^{-1} and this indicates the PCAM was successfully synthesized. Also, the peak observed in the wavenumber range of $1342\text{--}1266\text{ cm}^{-1}$ is related to C-N, which is shown the presence of aromatic amine of synthesized PCAM; although, it is not seen in pure MAN and indicates the reaction between para-aminobenzoic acid and MAN. The results of electrochemical measurements of EIS at each stage of the sensor fabrication in the $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ solution as a redox probe are shown in. The R_{et} of bare GCE was obtained to be $250\ \Omega$. After electrochemical deposition of AuNPs, R_{et} was greatly reduced, and the resulting spectrum became almost linear, indicating that the charge transfer resistance was significantly reduced due to electrode coverage with high-conductive AuNPs. When the AuNPs/GCE electrode was immersed in the Cyst solution for stabilizing of PCAM (bioreceptor) on the surface of AuNPs/GCE, the diameter of the semicircle in the Nyquist diagram was increased that indicates an enhanced surface resistance to $60\ \Omega$ and successful stabilization of PCAM on the electrode surface according to. EIS measurements with increasing concentration of *E. coli* showed an increase in R_{et} up to $120\ \Omega$, which confirmed the detection of bacteria by the proposed biosensor. To further ensure the performance of the designed biosensor, DPV and CV measurements were performed simultaneously for different bacterial concentrations. CV was performed for further characterization of electrode surface modifications. The cyclic voltammograms were recorded within the potential range of -0.4 to 0.8 V . At recorded cyclic voltammograms for the different steps of the modified electrode showed the conductivity of bare GCE (a) that the conductivity of surface electrode extremely increased after electrodeposition of AuNPs on GCE surface (b); but after immobilizing of receptor (MAN) (c) and also, exposing the sensor to *E. coli* bacteria (d) conductivity of sensor was decreased. These measurements are in good agreement with their results obtained from EIS, both sets confirm the successful fabrication and operation of biosensor. DPV results showed a current response decreased by increasing the concentration of *E. coli*. In contrast to CV measurements, increasing the concentration of *E. coli* decreased the redox current at the surface. The results of all three measurement methods confirmed each other. In order to prove this and also to evaluate the proposed biosensor, the optimal incubation time to attach bacteria to the electrode surface was calculated. The modified electrode was incubated in *E. coli* solution with 10^5 CFU.mL^{-1} concentration. the electrochemical response of the biosensor was increased until the electrochemical response of the biosensor was stable after 1 h incubation. Therefore, 1 h was chosen as the optimal incubation time for *E. coli* in all experimental steps. This step of the experiment was repeated at least three times. The calibration curve was obtained using EIS at different concentrations of *E. coli* bacteria. Changes in the EIS and DPV responses of the fabricated biosensor were evaluated at $1.3 \times 10^1 - 10 \times 10^6\text{ CFU.mL}^{-1}$ concentrations of *E. coli*. According to the results of EIS measurement, R_{et} values were obtained for each concentration, and ΔR_{et} was calculated from the obtained values. Then, ΔR_{et} versus logarithmic concentration of *E. coli* was plotted in the range of $1.3 \times 10^1 - 10 \times 10^6\text{ CFU.mL}^{-1}$. the calibration curve shows a linear range with the correlation equation $y = 10.96x - 6.014$ ($R^2 = 0.998$). The limit of detection (LOD) for biosensor was determined to be 2 CFU.mL^{-1} (3 times the standard detection of the blank experiment: incubation in the absence of *E. coli*) based on EIS measurement before and after the addition of *E. coli* bacteria. The sensor specificity was evaluated in *E. coli* samples of target and two non-target strains, including *Staphylococcus epidermidis* (PTCC 1856) and *Citrobacter freundii* (PTCC 1600), which tend to bind

to MAN. The biosensor was incubated in the 10^6 CFU.mL⁻¹ solution of each bacterium for 1 h, and EIS measurements were performed for all bacterial strains. The impedimetric biosensor did not show a significant response to the two non-target bacterial species. The biosensor was tested in tap water sample and low-fat milk. Samples were spiked at target concentrations of 10 , 10^4 , 10^3 , 10^5 , and 10^6 CFU.mL⁻¹. The results of biosensor recovery for samples show the obtained recoveries for lower concentrations of bacteria are more acceptable. For the milk sample, the graph obtained from the impedance measurement based on the logarithm of the bacterial concentration against the resistance changes for the final concentrations of 10^1 , 10^2 , 10^4 and 10^6 is drawn.

Conclusion

A label-free carbohydrate-based biosensor was proposed for the sensitive and accurate identification of *E. coli* bacteria using MAN and AuNPs. FE-SEM, FTIR, EDS, EIS, and cyclic voltammetry were performed to characterize and confirm the electrode surface fabrication. The fabricated biosensor with advantages such as excellent low LOD 2 CFU.mL⁻¹ was able to identify this pathogenic bacterium in a very short time of 1 hour and did not show a significant response to the non-target bacterial species, indicating the high selectivity of the proposed biosensor.

References

1. Doyle, M. P., Food Safety: Bacterial Contamination. In *Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)*, Caballero, B., Ed. Academic Press: Waltham, 2013; pp 322-330.
2. Mead, P. S.; Slutsker, L.; Dietz, V.; McCaig, L. F.; Bresee, J. S.; Shapiro, C.; Griffin, P. M.; Tauxe, R. V., Food-related illness and death in the United States. *Emerging infectious diseases* **1999**, 5 (5), 607.
3. Thomas, L. V.; Rowe, B.; McConnell, M. M., In strains of Escherichia coli O167 a single plasmid encodes for the coli surface antigens CS5 and CS6 of putative colonization factor PCF8775, heat-stable enterotoxin, and colicin Ia. *Infection and immunity* **1987**, 55 (8), 1929-1931.
4. Krohn, M. A.; Thwin, S. S.; Rabe, L. K.; Brown, Z.; Hillier, S. L., Vaginal colonization by Escherichia coli as a risk factor for very low birth weight delivery and other perinatal complications. *Journal of Infectious Diseases* **1997**, 175 (3), 606-610.
5. Banatvala, N.; Griffin, P. M.; Greene, K. D.; Barrett, T. J.; Bibb, W. F.; Green, J. H.; Wells, J. G., The United States National Prospective Hemolytic Uremic Syndrome Study: Microbiologic, Serologic, Clinical, and Epidemiologic Findings. *The Journal of Infectious Diseases* **2001**, 183 (7), 1063-1070.

Production of bio-jet fuel from *Chlorella vulgaris* microalgae biomass in normal hexane supercritical medium and high-pressure reactor

***Somayeh Zonoubi¹, Mohammad Barati²**

Department of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Kashan, Kashan, Iran ¹

Department of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Kashan, Kashan, Iran ²

*Corresponding Author's E-mail: barati.m@kashanu.ac.ir**

Presenter's E-mail: zonubis@grad.kashanu.ac.ir

Abstract

In this study, hydrodeoxygenation (HDO) of *Chlorella vulgaris* microalgae biomass with n-hexane solvent and isopropanol as hydrogen donors was performed in supercritical conditions and a high-pressure reactor as a one-pot. This process was modeled using the response surface method (RSM) for analysis. SAS JMP statistical software was used to optimize the experimental data to obtain the equation between the factors and the response. The results showed that when the process was carried out without a catalyst, the bio-jet fuel with high selectivity (C_8 - C_{16}) and low time obtained 60% and 47% product yield and main productivity, respectively. Studies show that supercritical fluid effects are promising and effective for hydrodeoxygenation of bio-oil upgrading.

Keywords: 1) Bio-jet fuel 2) Supercritical n-hexane 3) microalgae 4) high-pressure reactor

1. Introduction

The increase in atmospheric pollutants, specifically greenhouse gases, has been a significant issue in recent decades due to their contribution to climate change. To address this problem, the transportation sector is aiming to reduce carbon dioxide emissions by developing biofuels [1] Claudia Gómez-Castro, FI de Lira-Flores, JA Hernández, S. A review on the production processes of renewable jet fuel Renewable and Sustainable Energy Reviews 709-729 79 2017 1364-0321. Biofuels are considered a viable alternative to fossil fuels and bio-jet fuels, and they can be produced from various sources such as vegetable oils, animal fats, pyrolysis oils, and bio-oils2] Maryam Barati, Mohammad Hamadani, Masood. The modified supercritical media for one-pot biodiesel production from *Chlorella vulgaris* using photochemically-synthesized SrTiO₃ nanocatalyst Renewable Energy 176-184 160 2020 0960-1481. The use of vegetable oils derived from triglycerides to produce bio-jet fuel has gained attention from both research centers and industries due to its positive impact on the environment. However, the process of purifying and decontaminating the fuel through hydrogen decontamination (HDO), decarboxylation (DCOx), and carbonylation is complex and requires careful consideration of the raw materials, catalysts, and reaction conditions to ensure selectivity for the desired reaction pathways [3] Il-Ho Lee, Jin-Suk Kim, Chul-Ung Kim, Tae-Wan Lee, Kwan-Young Hwang, Kyung-Ran. Production of bio-jet fuel range alkanes from catalytic deoxygenation of *Jatropha* fatty acids on a WO_x/Pt/TiO₂ catalyst Fuel 675-685 215 2018 0016-2361. A study was conducted to investigate the deoxygenation process using the stearic acid catalyst found in *jatropha* oil. The study used a WO_x (6)/Pt (1.6)/TiO₂ catalyst to produce oxygen-free hydrocarbons that can be converted into bio-jet fuel. The process was carried out in a continuous reactor in a nitrogen atmosphere with a pressure of 40 bar and at a temperature of 360 °C for one to 33 hours. The main liquid product produced consists of C₁₇ and C₁₅ saturated hydrocarbons, indicating that decarboxylation is the dominant reaction mechanism 4] Hongjian Liu, Wenzhi Chen, Xinyu Yang, Qing Li, Jiashuo Chen, Hanping. Renewable bio-jet fuel production for aviation: A review Fuel 115599 254 2019 0016-2361. A study was conducted on the direct conversion of *Chlorella vulgaris* to biodiesel using a supercritical methanol environment in a high-pressure reactor with the aid of various solvents. The study employed SrTiO₃ nano catalyst prepared through the photochemical method. Results showed that the presence of co-solvent n-hexane yielded the highest production efficiency for all types of products2] Maryam Barati, Mohammad Hamadani, Masood. The modified supercritical media for one-pot biodiesel production from *Chlorella vulgaris* using photochemically-synthesized SrTiO₃ nanocatalyst Renewable Energy 176-184 160 2020 0960-1481. In summary, this study focused on the production of bio-jet fuel using the cellular content of the microalgae *Chlorella vulgaris* under supercritical conditions in a high-pressure reactor with isopropanol as an h-donor. The process conditions, including amounts of raw materials and h-donors, reaction time, and temperature, were optimized using the RSM central composite design.

2. Materials and methods

A cylindrical reactor made of 316 stainless steel sheets with a volume of 60 ml (Figure 1) was used in the process. A mixture of reactants, including *Chlorella vulgaris* and isopropanol, was added along with an n-hexane solvent. The batch process was equipped with a high-pressure gauge and temperature controller and heated to the desired conditions. An experimental design was carried out using SAS JMP software to determine the optimal conditions for maximum jet biofuel production. The design involved varying the reaction temperature between 250 to 300 °C, the feed rate between 1.0 to 5.0 g, the reaction time between 20 to 40 min, and the amount of isopropanol between 10 to 30 Vol.% with n-hexane. The pressure value was a non-adjustable parameter that depended on the reactor volume, solvent volume, and reaction temperature, and should only be greater than 34 bar. Once the reaction system was set to the desired temperature, the reaction was allowed to proceed for the required time. Once the desired temperature is reached, the reaction is allowed to proceed for the required time. The system is then quenched, and the reactor is quickly transferred to an ice water bath to abruptly stop the reaction and allow it to cool down to ambient temperature. After cooling, the reactor door is opened, and the contents are removed for further processing. The liquid products were evaluated by GC-MS analysis, and the optimal conditions for producing the desired products were determined based on the optimum temperature, feed rate, and reaction time.



Figure 1: Schematic of the cylindrical reactor

3. Results and discussion

DOE data were used to investigate the effect of solvent composition, temperature, time, and quantity of microalgae on the hydrodeoxygenation of *Chlorella vulgaris* cell content in the absence of a catalyst. The results showed that the dominant compounds obtained from the process were hydrocarbons. Figure 2 lists the weight percentage of C_6 - C_7 , C_8 - C_{18} and $C_n > C_{18}$ hydrocarbons, as well as oxygenated and nitrogenous compounds at the optimal point separately.

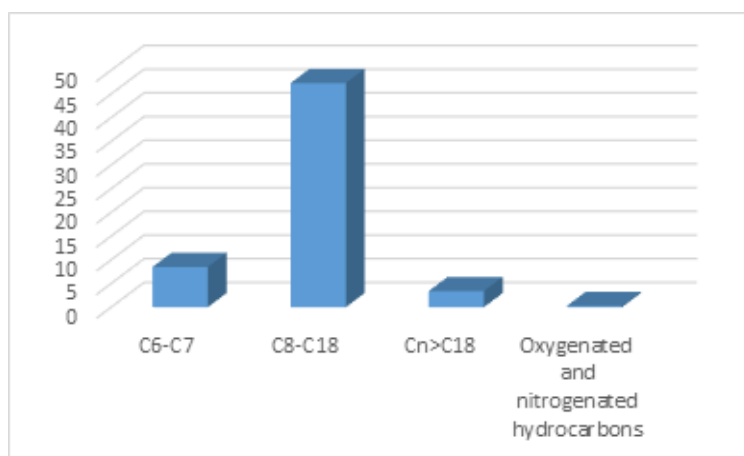


Figure 2: lists the weight percentage of products.

Statistical analysis of these data was performed to model the process and find optimal conditions. Model Standard Least Square showed the best fit for product yield and productivity. The R^2 values and P-values for these models were 0.97, 0.96, and 0.0023, 0.0047 respectively. The mathematical equations corresponding to these models are shown in Equations 4, 5, respectively

(Eq. 4)

$$\text{Yield} = 7.37 - 1.70 \times T - 11.15 \times F - 4.83 \times \text{Te} - 4.77 \times S + 1.18 \times \text{TF} + 0.75 \times \text{TTe} - 1.91 \times \text{TS} + 3.42 \times \text{FTe} + 6.36 \times \text{FS} - 0.54 \times \text{TeS} - 0.29 \times T^2 + 2.48 \times F^2 + 9.27 \times \text{Te}^2 - 3.31 \times S^2$$

(Eq. 5)

$$\text{Productivity} = 11.32 - 2.88 \times T - 13.86 \times F - 6.13 \times \text{Te} - 5.23 \times S + 1.34 \times \text{TF} + 0.07 \times \text{TTe} - 2.42 \times \text{TS} + 4.67 \times \text{FTe} + 6.73 \times \text{FS} - 1.01 \times \text{TeS} + 2.27 \times T^2 + 2.49 \times F^2 + 9.14 \times \text{Te}^2 - 5.02 \times S^2$$

Where T, F, Te, and S, are the time, microalgae, temperature and isopropanol vol %, respectively.

Two-dimensional graphs were drawn to visually display the effect of factors on three responses from the model equations (Figures 3).

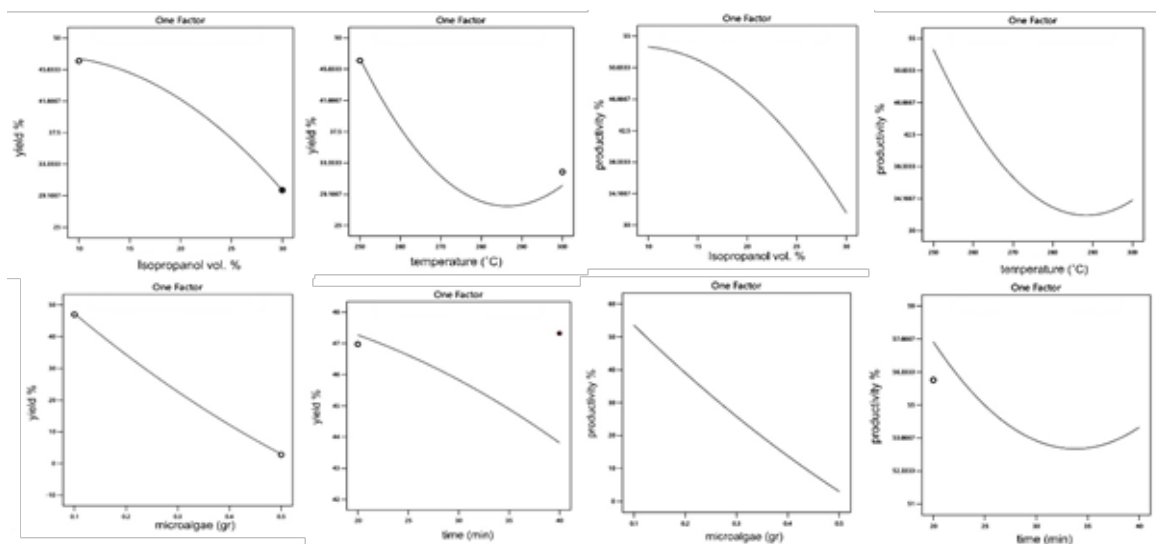


Figure 3: The effect of isopropanol/n-hexane vol. %, temperature, amount of microalgae and reaction time on bio-jet fuel productivity and yield.

Figures 3 show that the at lower temperatures, the cracking products, C8-C18 hydrocarbons, were detected. As the reaction temperature increased, the yield and C8-C18 gradually decreased, while mainly C6-C7 light hydrocarbons were formed, and increased again with increasing temperature [5, 6]. The formed bio-jet fuels degraded into gaseous products at the highest temperature. That means that, at the lowest temperature and in pressure of 30-40 bar, the hydrodeoxygenation reaction with the formation of C8-C18 hydrocarbons is preferred [7, 8]. The reaction temperature of 250 °C was chosen as the optimum for the production of bio-jet fuel because of the high yield and productivity of C8-C18 suitable as jet fuel. When biomass deconstruction starts at low temperatures, up to a certain temperature, the highest biofuels are obtained, which at long residence times in supercritical conditions, char formation due to possible condensation and re-polymerization of unstable degraded species to produce coal or convert to gas was observed. Therefore, it leads to low biofuel yield [7, 9]. We selected 20 min for further conversion due to the time-dependent increase in efficiency from 20 min to 40 min, resulting in higher conversion efficiency [6, 10, 11].

4. Conclusions

In this work, the effects of the temperature (250 – 300 °C), reaction time (20 – 40 min), isopropanol/n-hexane ratio (10 – 30 vol. %), and amount of feedstock (0.1 – 0.5 gr) on the hydrodeoxygenation (HDO) of *Chlorella vulgaris* compound, in the hydrogen-free atmosphere and in a complex supercritical solvent condition and high-pressure reactor with custom design approach. The high-pressure reactor has led us to the best possible reaction condition to microalgae conversion and HDO efficiency with maximum yield and the highest productivity. In this study, using DOE, the interaction effect of solvent, temperature, time, and amount of feedstock on the responses of yield, productivity was studied. For the hydrogenolysis process, isopropanol was used as a hydrogen donor without molecular hydrogen, which significantly reduced energy input and equipment investment. The study of the solvent composition's influence on the microalgae HDO showed that the solvent consisting of 10 vol. % of Isopropanol/n-hexane was optimally providing substrate productivity.

5. Acknowledgments

The authors are thankful to University of Kashan for supporting this work.

6. References and Citations

1. Gutiérrez-Antonio, C., et al., A review on the production processes of renewable jet fuel. Renewable and

Sustainable Energy Reviews, 2017. 79: p. 709-729.

2. Aghilinategh, M., M. Barati, and M. Hamadani, The modified supercritical media for one-pot biodiesel production from *Chlorella vulgaris* using photochemically-synthesized SrTiO_3 nanocatalyst. Renewable Energy, 2020. 160: p. 176-184.
3. Choi, I.-H., et al., Production of bio-jet fuel range alkanes from catalytic deoxygenation of *Jatropha* fatty acids on a $\text{WO}_x/\text{Pt}/\text{TiO}_2$ catalyst. Fuel, 2018. 215: p. 675-685.
4. Wei, H., et al., Renewable bio-jet fuel production for aviation: A review. Fuel, 2019. 254: p. 115599.
5. Kim, T.-H., et al., A novel process for the coproduction of biojet fuel and high-value polyunsaturated fatty acid esters from heterotrophic microalgae *Schizochytrium* sp. ABC101. Renewable Energy, 2021. 165: p. 481-490.
6. Lim, J.H.K., et al., Utilization of microalgae for bio-jet fuel production in the aviation sector: Challenges and perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021. 149: p. 111396.
7. Akalin, M.K., K. Tekin, and S. Karagöz, Supercritical fluid extraction of biofuels from biomass. Environmental Chemistry Letters, 2017. 15: p. 29-41.
8. Galadima, A. and O. Muraza, Catalytic upgrading of vegetable oils into jet fuels range hydrocarbons using heterogeneous catalysts: A review. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015. 29: p. 12-23.
9. Akalin, M.K., K. Tekin, and S. Karagöz, Supercritical fluid extraction of biofuels from biomass. Environmental Chemistry Letters, 2017. 15(1): p. 29-41.
10. Bjornsson, W., et al., Pilot-scale supercritical carbon dioxide extractions for the recovery of triacylglycerols from microalgae: a practical tool for algal biofuels research. Journal of applied phycology, 2012. 24: p. 547-555.
11. Khan, S., et al., A review on deoxygenation of triglycerides for jet fuel range hydrocarbons. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2019. 140: p. 1-24.

Using carbon dots as an emerging Nanoagents in biomedical and healthcare applications

Sana Sadroleslami¹ , Zeinab Bagheri ^{2*}, Mohammad Yaghoubi-Avini ³

¹ Master; Nanobiotechnology; Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² PhD; Nano Biotechnology; Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

³ PhD; Microbiology; Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

***Zeinab Bagheri:** znbagheri3@gmail.com

Sana Sadroleslami: sana.sadroleslami@gmail.com

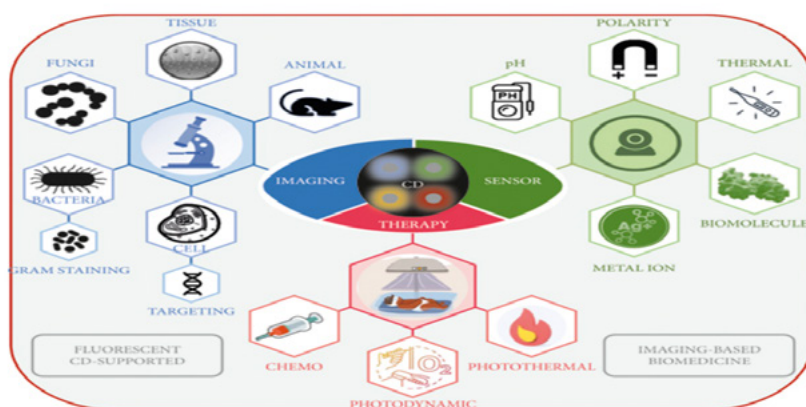
Abstract

Carbon dots (CDs) provide distinctive advantages of strong fluorescence, good photostability, high water solubility, and outstanding biocompatibility, and thus are widely exploited as potential imaging agents for *in vitro* and *in vivo* bioimaging. Imaging is absolutely necessary when discovering the structure and function of cells, detecting biomarkers in diagnosis, tracking the progress of ongoing disease, treating various tumors, and monitoring therapeutic efficacy, making it an important approach in modern biomedicine. Numerous investigations of CDs have been intensively studied for utilization in bioimaging-supported medical sciences. However, there is still no article highlighting the potential importance of CD-based bioimaging to support various biomedical applications. Herein, we summarize the development of CDs as fluorescence (FL) nanoprobe with different FL colors for potential bioimaging-based applications in living cells, tissue, and organisms, including the bioimaging of various cell types and targets, bioimaging-supported sensing of metal ions and biomolecules, and FL imaging-guided tumor therapy.

Keywords: Carbon dots (CDs), fluorescence, bioimaging, therapy, sensing

1. Introduction

Bioimaging plays a significant role in understanding the structure and biological processes of biomolecules, living cells, tissues, organs, and organisms (1). Imaging has rapidly become an essential approach in biomedical applications due to its possibility to improve the prevention, detection, and treatment of disease. The powerful bioimaging techniques of fluorescence microscopy (FM) make it a prerequisite for taking advantage of many medical applications in preclinical studies and clinical interventions, by providing excellent imaging of anatomical structures and molecular imaging of specific biomarkers, as well as functional imaging of physiological activities (2-3). Various reports in the literature have summarized the synthesis, properties, and applications of CDs, in the biosensing and theragnostic fields to emphasize the applicable potential of CDs for biomedical applications. These reviews broadly discussed the applications of CDs including bioimaging, sensing, and therapy, without deeply focusing on bioimaging-based medicine. Imaging in modern biomedicine is especially beneficial procedure in the interest of diagnosing, monitoring, or treating disease, making it extremely significant in medical fields. Therefore, an overview of bioimaging-supported biomedical sciences that focuses on the excellent bioimaging properties of CDs is needed to explore the potential significance of CDs in the field of imaging-supported medical applications (4-5).



Diverse imaging-supported biomedical applications using fluorescent carbon dots include the FL imaging of various biotargets (6).

2. Materials and methods

Carbon dots' final physicochemical and functional properties, including their photophysical behaviors, biocompatibility and antibacterial activity, are influenced by the method employed and the carbon source used during the synthetic process.

Top-down and bottom-up approaches are two commonly used approaches for preparing CDs. Chemical processes such as hydrothermal, pyrolysis, combustion, ultrasonic, microwave irradiation, thermal, and biogenic procedures, conversely, are used in the bottom-up approach.

Using a top-down technique, large-sized carbon materials, such as carbon nanotubes and graphite ash, are decomposed into small CDs, from the macro to the nanoscale. Different carbon sources are exposed to laser ablation, arc discharge, plasma treatment, chemical oxidation, electrochemical oxidation, and others. CDs can also be prepared using non-graphite carbon sources such as tiny polymers and monomers as carbon precursors. Using this method, a wide range of elements, including N, P, S, B, and even metal ions, can be doped into the CDs' structure. The addition of heteroatoms to the CDs structure improves the fluorescent properties of these nanomaterials by changing the absorption and emission peak positions and boosting the fluorescent quantum yield (7-8).

To date, a wide range of synthetic routes have been developed for the preparation of CDs (Table 1). Most syntheses seek simple, cost-effective, size-controlled or scalable methods towards CDs of high quality.

Table 1. Different “top-down” and “bottom-up” approaches in synthesizing CDs (9).

Methods	Carbon source	Advantage	Disadvantage	Discovery time
Laser ablation	SWCNTs	Easy to manipulate the size of CDs	High cost and sophisticated process	2004
Arc discharge	graphite powder and cement	Large scale preparation	Low quantum yield and low purity	2006
Chemical oxidation	Candle soot	High yield, high purity	Environmental pollution and low quantum yield	2007
Electrochemical oxidation	MWCNTs	Easy to manipulate the size of CDs	Required longer time	2007
Pyrolysis	Citrate	Easy operation, less time consuming	Broad size distribution	2008
Template	F127	Easy to manipulate the size of CDs	Cumbersome steps	2009
Microwave	PEG-200 and saccharide	Rapid and constant volumetric heating	High energy cost, uneven heating	2009
Hydrothermal/Solvothermal	L-Ascorbic acid	Cheap, eco-friendly, controllable	Low yield, low purity	2010
Organic approach	p-bromobenzoic acid	Easy to manipulate the size and functional group of CDs	Complex process, harsh reaction conditions	2010
Sonochemistry/ultrasonication	Glucose	Mild experimental conditions, green energy sources	Low yield, not easy to dope	2011

With the Chinese ink as raw material, Yang et al. obtained 120 g of CDs in one pot of synthesis. Even though carbon materials are ideally suitable precursors for the macroscale synthesis of carbon dots, using a large number of strong acids might cause severe pollution, hence arousing great environmental concerns (10). From this consideration, biomass and molecules seem to be better alternatives to carbon materials. Owing to a large number of biomasses both in diversity and amount, the possibility of large-scale synthesis of CDs from biomass is remarkably great. Sahu et al. mixed orange juice with ethanol to prepare 0.4 g of CDs by hydrothermal treatment at 120 °C for 2.5 h. Although the yield still needs to be improved, it is reasonable to believe using liquid biomass is an appropriate strategy to produce carbon dots in large mass if technologically viable. Compared to using liquid biomass, the use of solid biomass may be a better solution to scale up the synthesis due to their much longer shelf life and more convenient scalability in mass of precursors (11). Chen and coworkers used chicken eggs to prepare CDs by plasma-induced pyrolysis. For printing applications, up to 10 g of these CDs was prepared (12).

3. Results and discussion

Recently, fluorescent carbon dots have greatly accelerated the advancement of bioimaging-supported nanomedicine to supply efficient biomedical applications, including the efficacy of molecular imaging that increased the image properties over the conventional FL agents, accurate monitoring of the presence of ions and molecules via imaging for biological and medical studies, and efficient treatment of tumors via FL imaging guidance. As discussed above, various reports have successfully developed multicolor FL CDs with superior properties, such as high fluorescence, excellent photostability, ease of functionalization, and good biocompatibility, that have been utilized in multiple biomedical applications, from biology to medicine. Although the advancement of CD-supported imaging-based nanomedicine holds promising potential in further clinical medicine, some critical aspects require more attention before shifting to the clinical setting.

Even though the affordability of CDs was confirmed, their exploitation in imaging-supported nanomedicine

cine is difficult to offer globally, due to the limitation that the large-scale synthesis methods of functional CDs have not been standardized. Because fluorescence is the main property of CDs for imaging-supported medicine, the high quantum yield of CDs must be obtained for the best performance of bioimaging. For example, the high quantum yield of CDs can be achieved by heteroatom doping (13).

In addition, the CDs with highly biodegradable ability must be considerably focused on to develop facile utilization in clinical medicine without side effects. Based on the ease of functionalization of CDs, combined therapeutic approaches, such as chemo/PDT¹/PTT², which can achieve more efficacious treatment, should be integrated. For fighting bacterial infections, CDs-integrated biofilms were successfully utilized for imaging and selectively eliminating bacteria, suggesting that the integration of CDs along with antibiotics in biofilms could exhibit better control of bacterial infections than alone (14).

4. Conclusions

CDs are fascinating group of nanomaterials that have attracted increasing interest from the scientific community in the past decade. Due to their high stability, low toxicity and tunable optical properties, CDs are becoming very popular in biological and biomedical applications. Meanwhile, advances in the synthesis of CDs with novel structures creates functions. A deeper understanding of structure-function relationships in CDs is needed in order to maximize their application value. In this review, we showcased some of the latest developments in the synthesis of CDs for bioimaging, biosensing, and as agents for antibacterial, anticancer and antiviral therapies.

The low toxicity of CDs allows their use in bio-related applications. The fluorescence characteristics of CDs endow them with excellent imaging characteristics.

In summary, the applications of CDs in FL imaging-based biomedicine appear to hold promising innovation for further clinical use. Although these CD-supported imaging-based biomedicines have been reported in the initial stages, their substantial potential will be achieved in clinical medicine if their possibility is successfully evaluated in clinical trials. The toxicology, pharmacokinetic, and applicable studies of these CD-based imaging-supported biomedicine concepts in the human body should be intensively researched. The development of advanced CDs for these emerging biomedicine concepts is being completed day-by-day, leading to the realization of real medical accomplishment in the near future. Due to the superior properties of CDs in the fields of imaging-based biomedicine, their enormous applications could be proficiently handled globally for the best medicinal intervention.

5. References and Citations

- [1]. Meijering E, Carpenter AE, Peng H, Hamprecht FA, Olivo-Marin JC. Imagining the future of bioimage analysis. *Nature biotechnology*. 2016 Dec;34(12):1250-5.
- [2]. Lichtman JW, Conchello JA. Fluorescence microscopy. *Nature methods*. 2005 Dec;2(12):910-9.
- [3]. Hong G, Antaris AL, Dai H. Near-infrared fluorophores for biomedical imaging. *Nature biomedical engineering*. 2017 Jan 10;1(1):0010.
- [4]. Boakye-Yiadom KO, Kesse S, Opoku-Damoah Y, Filli MS, Aquib M, Joelle MM, Farooq MA, Mavlyanova R, Raza F, Bavi R, Wang B. Carbon dots: Applications in bioimaging and theranostics. *International journal of pharmacetics*. 2019 Jun 10;564:308-17.
- [5]. Ji C, Zhou Y, Leblanc RM, Peng Z. Recent developments of carbon dots in biosensing: A review. *ACS sensors*. 2020 Aug 19;5(9):2724-41.
- [6]. Phan LM, Cho S. Fluorescent carbon dot-supported imaging-based biomedicine: A comprehensive review. *Bioinorganic Chemistry and Applications*. 2022 Apr 10;2022.
- [7]. Wu X, Abbas K, Yang Y, Li Z, Tedesco AC, Bi H. Photodynamic anti-bacteria by carbon dots and their nano-composites. *Pharmaceuticals*. 2022 Apr 18;15(4):487.
- [8]. Knoblauch R, Geddes CD. Carbon nanodots in photodynamic antimicrobial therapy: A review. *Materials*. 2020 Sep 10;13(18):4004.
- [9]. Wang B, Cai H, Waterhouse GI, Qu X, Yang B, Lu S. Carbon dots in bioimaging, biosensing and therapeutics: a comprehensive review. *Small science*. 2022 Jun;2(6):2200012.
- [10]. Yang S, Sun J, Li X, Zhou W, Wang Z, He P, Ding G, Xie X, Kang Z, Jiang M. Large-scale fabrication of heavy doped carbon quantum dots with tunable-photoluminescence and sensitive fluorescence detection. *Journal of Materials Chemistry A*. 2014;2(23):8660-7.
- [11]. Sahu S, Behera B, Maiti TK, Mohapatra S. Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: application as excellent bio-imaging agents. *Chemical communications*. 2012;48(70):8835-7.
- [12]. Wang J, Wang CF, Chen S. Amphiphilic egg-derived carbon dots: Rapid plasma fabrication, pyrolysis process, and multicolor printing patterns. *Angewandte Chemie International Edition*. 2012 Sep 10;51(37):9297-301.
- [13]. Tadesse A, Hagos M, RamaDevi D, Basavaiah K, Belachew N. Fluorescent-nitrogen-doped carbon quantum dots derived from citrus lemon juice: green synthesis, mercury (II) ion sensing, and live cell imaging. *ACS omega*. 2020 Feb 21;5(8):3889-98.
- [14]. Wu Y, van der Mei HC, Busscher HJ, Ren Y. Enhanced bacterial killing by vancomycin in staphylococcal biofilms disrupted by novel, DMMA-modified carbon dots depends on EPS production. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2020 Sep 1;193:111114.

Preparation of super-hydrophilic SiO₂-TiO₂ thin film for photocatalytic application

Samira Mohammad Darvish¹, Amir Ali Masoudi^{1*}, Abdollah Mortezaali^{1*}, Zahra Sadat Hosseini²

¹Department of Condensed Matter Physics, Faculty of Physics, Alzahra University, Tehran, 1993893973, Iran.

²Photonics and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran, 141551339, Iran.

**Corresponding authors' E-mail addresses: masoudi@alzahra.ac.ir; mortezaali@alzahra.ac.ir*

Presenter's E-mail: samdarvish9@gmail.com

Abstract

Silicon dioxide-titanium dioxide (SiO₂-TiO₂) thin films with super-hydrophilic properties and photocatalytic activity were prepared on the glass substrates by a simple dip-coating method. Morphological, structural and optical properties of the SiO₂-TiO₂ thin films were characterized by using Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM), X-Ray Diffraction (XRD) patterns, and UV-Vis spectroscopy. The XRD patterns indicate decrease of the crystallite size from 51.0 nm to 22.7 nm. Optical measurements were used to calculate band gap of TiO₂ which reduced from 3.13 eV to 2.63 eV with addition of SiO₂. Water Contact Angle (WCA) measurements showed that SiO₂-TiO₂ thin film has super-hydrophilic property. Upon investigating the photocatalytic activity, an improved performance compared to TiO₂ in terms of higher efficiency (~100%) and rate (~0.023 min⁻¹) in degradation of methylene blue (MB) under visible light was achieved.

Keywords: SiO₂-TiO₂, thin film, photocatalyst, super-hydrophilic

1. Introduction

The super-hydrophilic property is commonly accounted as an effective parameter for keeping the surface clean through reducing the contact angle of water to spread it thoroughly on the surface. If this property gets combined with visible photocatalytic activity, a surface with ability to be used for self-cleaning and anti-fog applications will be obtained. Dyes are accounted as important sources of water pollutions that affect human health. Methylene blue (MB) is one of the dyes which its removal by using photocatalysts has been of interest to the researchers [1-2].

Titanium dioxide (TiO_2) as a wide band gap metal oxide provides a super-hydrophilic surface with photocatalytic activity under UV illumination. Since UV spectrum is harmful to the human health and covers just 4-5% of solar irradiation, application of TiO_2 is limited. Therefore, addition of materials like carbon (C), silver (Ag), Silicon dioxide (SiO_2) and so on [3, 1] for increasing the photocatalytic and super hydrophilic properties of TiO_2 in the visible range have been reported. SiO_2 is often employed as a dopant to TiO_2 because it provides large specific surface area through creating suitable porous structure and reducing TiO_2 particle size. SiO_2 also improves the light transmittance of TiO_2 . Fateh et al. investigated the effect of adding SiO_2 into TiO_2 on the photocatalytic activity and super-hydrophilic properties under UV light [3,1].

In the present research, SiO_2 - TiO_2 thin films were deposited by dip-coating method. During synthesis process, formation of Si-O-Ti bonds changes the structural and optical properties of TiO_2 . These bonds cause the formation of active anatase phase of TiO_2 , becomes more probable and reduce the crystallite size to increase the effective surface area. Also, by creation defects shifts the TiO_2 band gap toward the visible spectrum. Moreover, the acidic property of the Ti-O-Si bonds enhances density of hydroxyl radicals for improvement of the photocatalytic and super-hydrophilic properties.

2. Experimental:

2.1 preparation of SiO_2 - TiO_2 thin films

SiO_2 - TiO_2 thin films were prepared by a simple method. 30 ml ethanol was mixed with 4 ml of Titanium Tetra Isopropoxide (TTIP). The nitric acid was added drop by drop to the solution. Then Tetraethyl Orthosilicate (TEOS) (2.7% in volume) was entered into the solution and stirred for 1 hour. The glass slides [2] were immersed in the solution with a speed of 1 mm/s, they were placed in an oven for an hour at 100 °C. At last, the samples were heated at 500 °C for another hour. The pure TiO_2 thin films were prepared by the same process without mixing TEOS.

2.2 Characterization

The morphology of the SiO_2 - TiO_2 thin films was investigated by Field Emission Scanning Electron Microscopy (FESEM, MIRA3 TESCAN), and the crystallinity of the samples was analyzed with X-Ray Diffraction (XRD, Rigaku Ultima IV with K_α radiation ($\lambda=1.541871 \text{ \AA}$)). The optical properties and photocatalytic degradation were determined using a UV-Vis spectrophotometer (Ocean Optics HR4000). Moreover, the Water Contact Angle (WCA) was analyzed by ImageJ software.

2.3 photocatalytic activity and super-hydrophilic properties

An experiment of dye solution degradation for investigating the photocatalytic process was done by Methylene Blue (MB) absorbance spectra at the wavelength of 600 nm. At first, the dye solution should be left in the dark for 20 minutes to reach equilibrium. Then, the SiO_2 - TiO_2 thin film was placed into 40 ml of 10 mg/L MB solution with PH=11 under visible light irradiation. Reduction of its concentration was checked by a spectrophotometry technique at different times. Super-hydrophilic properties were determined under visible light with a wavelength of 542.38 nm.

3. Results and discussion

FESEM images of pure TiO_2 and SiO_2 - TiO_2 thin film indicate an almost smooth surface in Fig.1(a). The anatase phase analysis and decrease in crystallite size of SiO_2 - TiO_2 thin film have been measured by XRD patterns in Fig.1(b). Crystallite size was calculated at about 22.7 nm which was reduced compared to pure TiO_2 . The calculated band gap of the SiO_2 - TiO_2 thin film based on Tauc's relationship displays a redshift corresponding to a reduced band gap from 3.13 eV to 2.63 eV (Fig.1(c)). In Fig.1(d) the absorption of SiO_2 - TiO_2 thin film changes to the longer wavelengths.

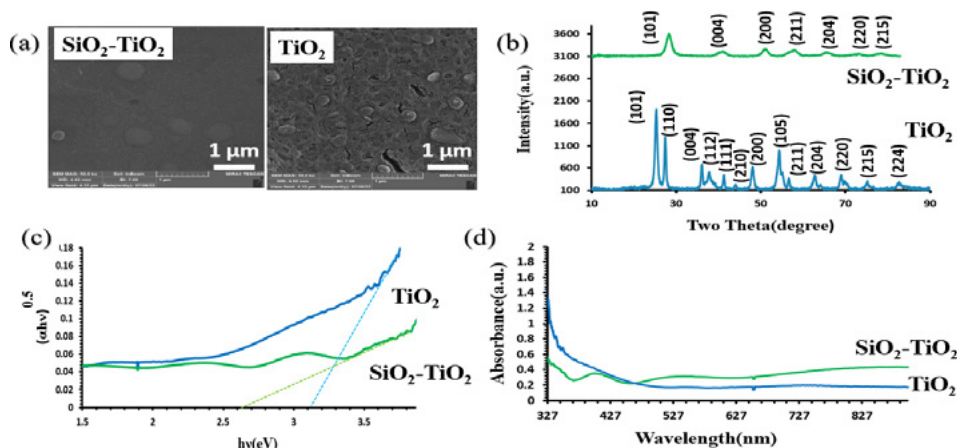


Fig.1 (a) FESEM images (b) XRD patterns (c) band gap energy (d) absorption spectra of pure TiO_2 and SiO_2 - TiO_2 thin film

According to Fig.2(a), the super-hydrophilic properties in the presence of visible light irradiation and in the dark indicated that the WCA quickly approaches to zero degree. The super-hydrophilic surface can increase attraction of the liquid solution for removing dye pollutants effectively (Fig.2(b)) and sweep dust with the water stream (Fig.2(d)). On the bare glass, there are contaminations on its transparent surface (Fig.2(c)). In Fig.2(e) the large droplets on the bare glass substrate create the blurry view due to light scattering. Water droplets like a thin film on the coated glass keep the sample's transparency (Fig.2(f)). In some research, this experiment has been conducted under dangerous UV light for long periods of time [1].

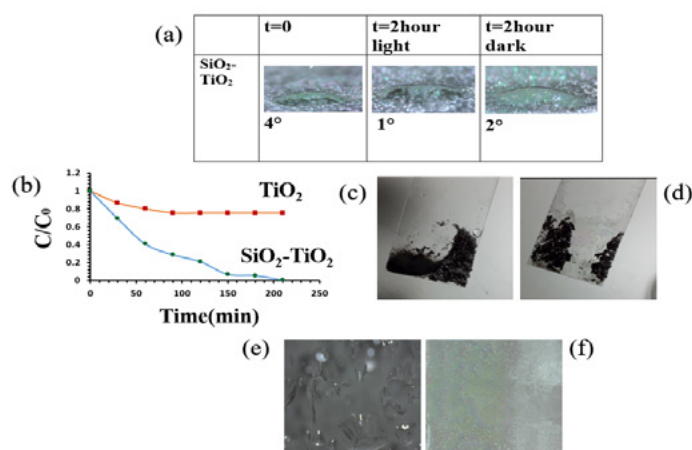


Fig.2 (a) water contact angle measurement, (b) the photocatalytic degradation of MB solution by pure TiO_2 and SiO_2 - TiO_2 samples under visible light, self-cleaning of (c) the bare glass and (d) SiO_2 - TiO_2 samples, rainproof property of (e) the bare glass and (f) SiO_2 - TiO_2 samples

4. Conclusions

SiO_2 - TiO_2 catalyst was prepared by a dip-coating method. The introduction of Si into TiO_2 in a form

of $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ thin film reduces the band gap from 3.13 eV to 2.63 eV and shifts it toward the visible spectrum. According to the XRD patterns, the crystallite size was reduced from 51.0 nm to 22.7 nm and active anatase phase of TiO_2 was formed. After investigating the structural and optical properties of the sample, the degradation of dye pollutant in water such as MB solution with pure TiO_2 and $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ samples was explored under visible light. As well as good super-hydrophilicity, self-cleaning, and rain-proof properties were achieved for this sample.

5. References and Citations

- [1]. R. Fateh, R. Dillert, and D. Bahnemann, Preparation and characterization of transparent hydrophilic photocatalytic $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ thin films on polycarbonate, *Langmuir*, 2013, 29, pp.3730–3739
- [2]. A. Syafiq, B. Vengadaesvaran, A. K. Pandey, and Nasrudin Abd. Rahim, Super-hydrophilic Smart Coating for self-cleaning application on glass substrate, *Journal of Nanomaterials*, 2018, pp.1-10
- [3]. M. Zhang, E. Lei, R. Zhang, Z. Liu, The effect of SiO_2 on $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ composite film for self-cleaning application, *Surfaces and Interfaces*, 2019, 16, pp.194-198

The effect of diameter and length of ZnO nanorods on hydrophobicity

Farnoosh Atrafshan¹, Abdollah Mortezaali^{1*}, Samira Mohammad Darvish¹, Zahra Sadat Hosseini²

¹Department of Condensed Matter Physics, Faculty of Physics, Alzahra University, Tehran, 1993893973, Iran.

²Photonics and Quantum Technologies Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Tehran, 141551339, Iran.

*Corresponding Author's E-mail: mortezaali@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: farnoosh.72.physics.pianist@gmail.com

Abstract

Zinc oxide (ZnO) nanorod thin films were prepared on the glass substrates by a spin coating method. Two different diameters and lengths for the nanorods were achieved by setting the speed of spinning at specific values. Scanning Electron Microscopy (SEM) images and X-Ray Diffraction (XRD) patterns indicate formation of hexagonal cross section rods with aspect ratios (length/width) of about 0.93 and 0.97 for the speeds of 500 rpm and 1500 rpm, respectively. Water contact angle (WCA) measurements showed an improvement in the hydrophobic properties for the rods with aspect ratio of 0.97.

Keywords: hydrophobic, ZnO rods, spin coating

1. Introduction

Superhydrophobic surfaces were created by taking the idea of the hydrophobic behavior of plants and organisms in nature. There are different applications for the hydrophobic surfaces such as use in the coating of mirrors,

anti-fog displays, self-cleaning windows and panels, resistant fabrics, water-proof, anti-freeze, anti-reflective, corrosion-resistant surface, traction reduction, water-resistant concretes and walls, etc. From the point view of wettability, surfaces are classified into four categories by measuring contact angle of the water droplet on the surface: (1) superhydrophilic, the contact angle is less than 10^0 , (2) hydrophilic, the contact angle is between 10^0 and 90^0 , (3) hydrophobic, the contact angle is between 90^0 and 150^0 , and (4) superhydrophobic, the contact angle is equal or bigger than 150^0 [1].

ZnO is innately hydrophobic due to hydroxyl groups, but the degree of its hydrophobicity changes for different structures. Different nanostructures of ZnO such as nanorods, nanopillars, nanowires have an inherent surface roughness that causes air to be trapped between water droplet and surface [2]. This trapped air supports the water drop to increase the hydrophobicity. Mufti et al. [3] found that the ZnO rods which their seeds were spin coated at the speed of 4000 rpm possess the highest contact angle of 99.74^0 . Indeed, the spin coating speed determines the size of the seeds as the basement for the growth of ZnO one dimensional structures.

In this research, a simple and easily accessible method was utilized to create ZnO one dimensional rods. To prepare rods with different size in terms of diameter and length, the spin coating speed was adjusted at two different values. Higher contact angle is achieved when the diameter and length of the rods increase which is corresponding to the higher spin coating speed. Therefore, improved hydrophobic property was obtained just through controlling the spin coating speed.

2. Materials and methods

2.1. ZnO seed layer

Zinc acetate dihydrate (1 M) mixed with acetic acid and ethanol (1 M) for the ZnO seed solution. Then, the solution was stirred for one hour at 60^0 C to get a homogenous solution. The glass substrate was concealed with the seed solution by the spin coating method at a speed of 500 rpm and 1500 rpm. Then, the coated substrates were placed in the oven at 100^0 C. Finally, the samples were heated at 450^0 C for removal of residual materials to obtain a pure coat of ZnO seeds.

2.2. Growth of ZnO rods

ZnO rods were grown on the seeded substrates in a mixed aqueous solution of zinc nitrate hexahydrate and hexamethylenetetramine (HMTA) with a molar ratio of 1:1. The substrates were maintained in the solution for two hours at 90^0 C and then, were annealed at 450^0 C.

2.3. Characterizations

The morphology of the ZnO rod thin films was studied by using Scanning Electron Microscopy (SEM: VEGA3: TeScan, MIRAI LMU). A homemade set-up was used to measure the water contact angle (WCA).

3. Results and discussion

In fig.1(a), SEM images of the grown ZnO nanorods thin films is observed. The average diameter and length were about 232 and 218 nm for the seed layer spin coated at 500 rpm and 368 nm and 360 nm for the speed of 1500 rpm.

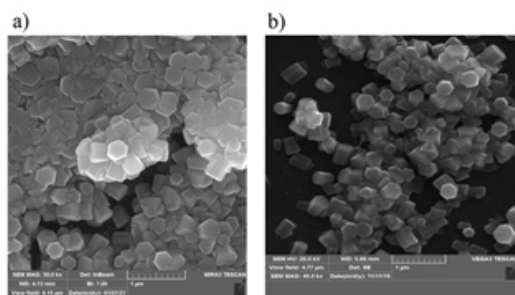


Fig.1 SEM images of ZnO nanorods grown on the seed layers spin coated at the speed of (a) 500 rpm (b) 1500 rpm

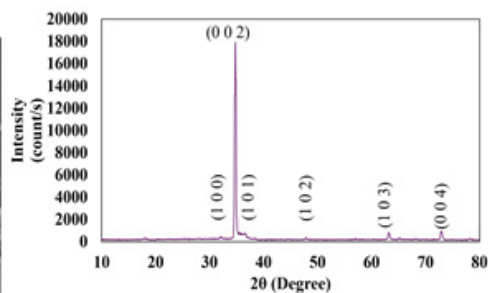


Fig.2 XRD of ZnO nanorods grown in 1500 rpm

The XRD patterns of ZnO nanorod in Fig 2 shows a powerful peak at $2\text{-}\theta$ 34.85° which can be attributed to the (002) crystallographic plane. This peak's intensity indicates the presence of well-ordered arrangement of ZnO atoms within the nanorods' lattice along the c-axis. However, a weak peak (102) observed at 2θ 47.88° suggests the existence of certain crystal imperfections or defects within the ZnO nanorods. These defects could arise from factors such as lattice strain, impurities, or surface roughness, which can influence the nanorods' overall crystalline quality. These findings are in accordance with the JDPDS card number [01-079-0205].

WCA for the ZnO nanorod thin film was measured 33° and 105° for the speed of 500 rpm and 1500 rpm, respectively, as shown in Fig. 3.

These findings suggest that the contact angle of the drop rises as the diameter and length of ZnO nanorods increase. This shows that larger rods have lower wettability and as a result higher hydrophobicity than smaller rods. Therefore, with changing just one growth parameter an enhancement in the hydrophobicity as high as ~ 3.2 was achieved.

According to Figure 4, the surface structure and topography should be appropriate to achieve the high values of the WCA. The effect of this topography on the surface hydrophobicity can be explained by Cassie-Baxter's relation. Based on Cassie-Baxter's relation, for a homogenous surface, the hydrophobic increase with the increase of the surface roughness. The roughness causes the air to be trapped between the water droplets and the surface, making the surface hydrophobic.

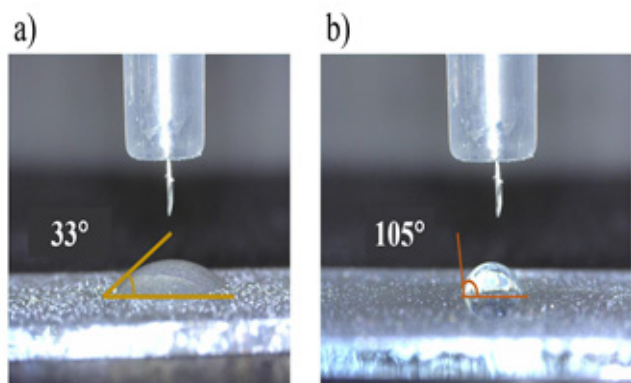


Fig 3 WCA on ZnO nanorods thin films (a) 500rpm (b) 1500 rpm

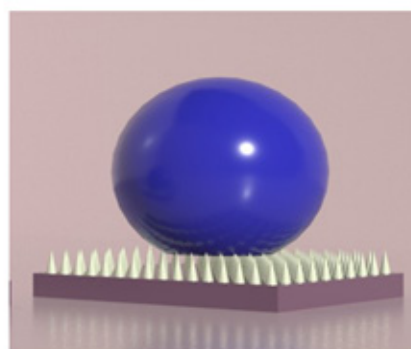


Fig 4 The effect of roughness on hydrophobic surface

4. Conclusions

The results show that the droplet's contact angle rises with increasing diameter and length of ZnO nanorods. Larger nanorods were observed for the speed of 1500 rpm. Therefore, bigger nanorods have greater contact angles due to more effective surface area. This behavior could indicate increased resistance to water which confirm a connection between the size of the rods and their contact angle.

5. References and Citations

- [1]. 1. Parvate, S., P. Dixit, and S. Chattopadhyay, Superhydrophobic surfaces: insights from theory and experiment. *The Journal of Physical Chemistry B*, 2020. 124(8): p. 1323-1360.
- [2]. Gura 1. Xie, J., et al., Recent Advances in ZnO Nanomaterial-Mediated Biological Applications and Action Mechanisms. *Nanomaterials*, 2023. 13(9): p. 1500.
- [3]. Mufti, N., et al., The effect of thickness of zno thin films on hydrophobic self-cleaning properties. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017. 202(1): p. 012006.

QM study on inhibition mechanism of human carbonic anhydrase (II) enzyme by Boric acid derivatives inhibitors: Kinetic and thermodynamic investigation

Mina Ghiasi*, Elahe Nuddeh Farahani

Department of Physical Chemistry and NanoChemistry Chemistry, Faculty of Chemistry, Alzahra University, P.O. Box: 1993893973, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: ghiasi@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: E.N.Farahani98@gmail.com

Abstract

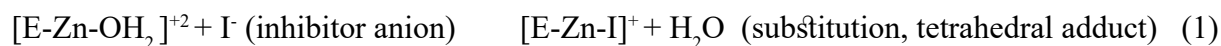
In this research, the electronic structure and inhibition mechanism of some boric acid derivatives as new inhibitors for the inhibition of human α -carbonic anhydrase (II) enzyme, α -hCA(II), have been investigated using quantum mechanical calculations. At the first step, selective inhibitors and enzyme model were optimized using B3LYP/6-311+G** method in two gas and lipoprotein solvent phase, and then the interaction between enzyme and inhibitors was investigated. The used enzyme model in this research including the zinc ion (Zn^{2+}) in the catalytic center of enzyme active site with four coordination number which is connected to three histidine amino acids and one hydroxyl ion in the active form of the enzyme. Scan calculation was used to find the best interaction distance between enzyme and inhibitor. Based on the results of scanning calculations, a square-shaped transition state is formed and then by passing through an intermediate the reaction product is formed. Finally, the results of calculations show that [1,1-biphenyl]-4-yl boronic acid molecule with the smallest energy barrier (54.68 kcal/mol) and (E)-(4-methylstyryl) boronic acid with the highest energy barrier (62.14 kcal/mol), are predicted as the strongest and weakest inhibitors, which is in good agreement with the experimental results.

Keywords: Carbonic anhydrase, Inhibitor, Boronic acid, Quantum mechanical calculations, Thermodynamic parameters

1. Introduction

Six genetic families of the enzyme carbonic anhydrase (CA, EC 4.2.1.1) were described to date. Inhibition of CAs has pharmacologic applications in the field of antiglaucoma, anticonvulsant, anticancer, and anti-infective agents. New classes of CA inhibitors (CAIs) were described in the last decade with enzyme inhibition mechanisms differing considerably from the classical inhibitors of the sulfonamide or anion type. Five different CA inhibition mechanisms are known which the zinc binders coordinate to the catalytically crucial $Zn(II)$ ion from the enzyme active site, with the metal in tetrahedral or trigonal bipyramidal geometries is the most important mechanism [1]. Boric acid ($B(OH)_3$, (BA) is a weak Lewis acid and highly electrophilic derivative, making it an interesting compound for investigations as enzyme inhibitor. The boron atom has an empty p-orbital that allows

it to form complexes with amino and hydroxyl moieties present in various biomolecules, such as enzymes, nucleotides, vitamins, and carbohydrates through electron donor-acceptor (covalent) bonds. This property is retained in many boron(III) compounds. Some enzymes inhibited by $B(OH)_3$ and some of its organic derivatives, such as boronic acids, include peptidases, proteases, proteosomases, arginase, nitric oxide synthase, and transpeptidases [2]. Though no existing studies were reported on $B(OH)_3$ and its derivatives as a CAII inhibitor, so the inhibition mechanism for these boron-containing compounds consists in the coordination to the catalytic metal ion from the enzyme active site were investigated theoretically. Such an inhibition mechanism was proposed in eq 1, that inhibitor anion coordinated to the central metal (Zn^{2+}) at the enzyme active site, $[E-Zn-OH_2]^{+2}$.



However, despite the availability of several drugs, only 75% of the epileptic population significantly benefits from current pharmacotherapy. Thus, the search for less toxic, more efficacious agents for the treatment of seizure disorders has been a continuing end over. In the present study we use the quantum mechanical calculations to investigate on the binding of four inhibitors with anticancer activity to active site of CA enzyme. Thus, study the interaction between the active site of CA enzyme and the four inhibitors by means of density functional theory calculations were studied from thermodynamic and kinetic point of view.

2. Materials and methods

For QM calculations the enzyme structure is assembled using of the crystallographic structure available in literature, with PDB code 5EHV. The DFT calculations, using B3LYP method were carried out to geometry optimizations of active and inactive form of α -hCAII active site cluster model, different boronic acid inhibitors and the complex between inhibitors and α -hCAII cluster model with no symmetry constrains. The calculations were performed with standard 6-31+G** basis set. The use of implicit solvation models is nowadays one of the most adopted strategies to include the effect of the solvent into quantum mechanical (QM) calculations. In this approach, the interaction between the solute and the solvent (continuum) is represented by a charge density defined on the surface of the cavity where the solute is accommodated. The most adopted implicit solvation model is the polarizable continuum model (PCM) [3] that we used in this study for protein media ($\epsilon=4$). Also, frequency calculations were used to obtain thermodynamic functions including Gibbs free energies at 298.15 K and 1.0 atmospheric pressure. All calculations were carried out using Gaussian 09 program package.

3. Results and discussion

The enzyme cluster model was first optimized in the gas phase and then in the protein media ($\epsilon=4$). Figure 1 illustrates the optimized structure of the active cluster model of the α -CAII enzyme in protein media. the average bond angles round the zinc cation in active form is about 109.46° , which confirms the distorted tetrahedral structure around the zinc metal.

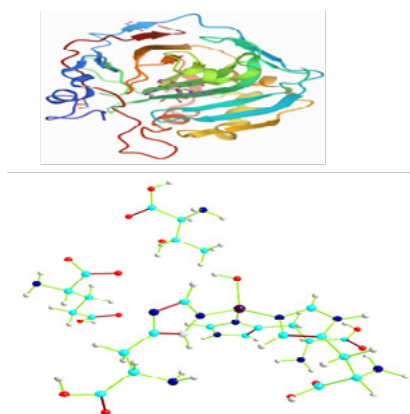


Figure 1. Optimized structure of active center of used CA enzyme in the solvent phase.

in order to study the interaction of studied inhibitors with the active site of α -CAII cluster model, initially, four inhibitors at the same computational abovementioned level were optimized in gas phase and then in protein medium. Figure 2 demonstrate the optimized geometry of studied inhibitors in solvent phase. According to reaction 1, the anionic form of inhibitor binds to the Zn^{2+} ion to form the complex between active center of CA enzyme and inhibitor, so in the next step the anionic form of all inhibitors are constructed by detaching the proton from OH group and then optimized at the same level of computations,

Finally, the anionic form of inhibitors interacts with the model enzyme. As the results indicates, substitution of anionic form of inhibitors in place of water molecule at the active center of CA enzyme is energetically exothermic, and compound [1, 1]-biphenyl-4-yl boronic acid exhibit high potency to be coordinated the active center of CA compared to other compounds.

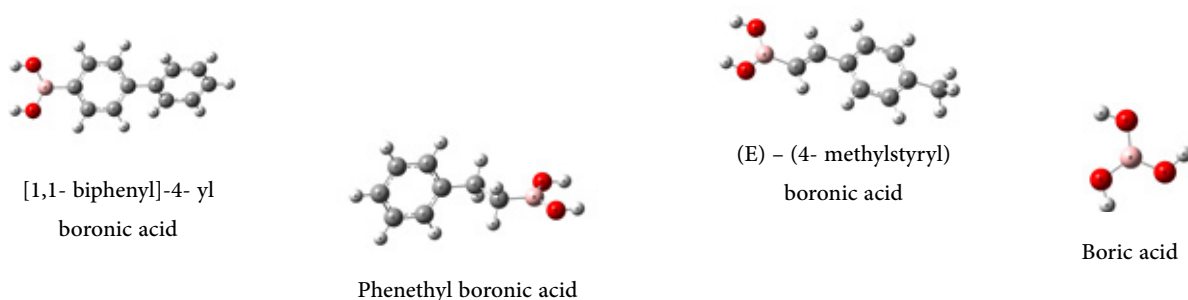


Figure 2. Optimized geometry of studied inhibitors in solvent phase.

4. Conclusions

In this research, the inhibitory mechanism of four boric acid derivatives, with major physiological isoform of α -CA, CAII cluster model, were investigated in details using QM calculations. All thermodynamic functions for total reaction along the reaction path in protein media have been evaluated. According to the predicted results inhibitor [1, 1]-biphenyl-4-yl boronic acid act as the strongest inhibitor with smallest energy barrier, 54.68 kcal/mol. Beside good agreement between theoretical and experimental results confirm the accuracy of selected method and level of calculations for these kinds of molecules. The calculated structural details for the generated transition state and intermediate along the inhibition path, can be important and valuable. Moreover, the present results are remarkable because could be lead to design of new carbonic anhydrase inhibitors with a different inhibition mechanism and less side effect compared in sulfonamide/sulfamate inhibitors.

5. Acknowledgments

The authors acknowledged the research council of Alzahra University for their financial support. Also the authors gratefully acknowledge the High-Performance Computing center of Alzahra University.

6. References and Citations

- 1.Saad Yusuf, Z., Kevser Uysal, T., Simek, E., Nocentini, A., Mohamed Osman, S., Supuran. C. T., Ozensoy Gul-er, O. (2022). J. Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. 37(1). 1340-45.
- 2.Barone, V., Cossi, M., Rega, N., Scalmani, G., (2001). J. Chem. Phys., 114, 5691.
- 3.Winum, J. Y., Innocenti, A., Scozzafava, A., Montero, J. L., Supuran, C. T. (2009). J. Bioorganic and Medicinal Chemistry. 17. 3649-52.

Theoretical thermodynamic study on inhibition mechanism of α -human carbonic anhydrase enzyme by new class of benzenesulfonamides inhibitors

Mina Ghiasi*, Neghin Shafaghi Khalaki

Department of Physical Chemistry and NanoChemistry Chemistry, Faculty of Chemistry, Alzahra University, P.O. Box: 1993893973, Tehran, Iran

*Corresponding Author's E-mail: ghiasi@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: shafaghinegin@gmail.com

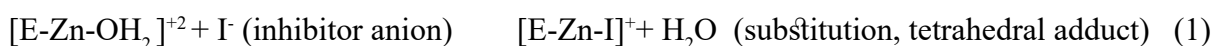
Abstract

In the present research, the inhibition power of benzenesulfonamides and their urea-derivatives compared to the acetazolamide as the reference drug in inhibition of the carbonic anhydrase enzyme model, isoform (IX), has been investigated using quantum mechanical calculations. All quantum calculations have been performed using density functional theory (DFT) using B3LYP model and 6-311+G** basis set at 298.15 K temperature and 1 atm pressure. In the first step, all four studied inhibitors were optimized in both gas and solvent phase using PCM method and then in order to investigate the effect of the inhibition power to inhibit the carbonic anhydrase enzyme, the anionic form of the inhibitors were constructed to interact with the active site of the enzyme model to create the enzyme-inhibitor complex. In the next step, all thermodynamic functions such as deprotonation enthalpy of inhibitors (ΔH_{dp}), Gibbs free energy (ΔG_{rxn}), standard entropy of reaction (ΔS_{rxn}) and reaction enthalpy (ΔH_{rxn}) were calculated. According to the calculated results, the values of ΔG_{rxn} and ΔH_{rxn} are negative for all four studied complexes and therefore the total reaction is exothermic and spontaneously.

Keywords: Inhibitor, Sulfonamides, Carbonic anhydrase enzyme, Quantum mechanics calculations, Density functional theory

1. Introduction

Carbonic anhydrase (CA, EC 4.2.1.1) is a family of zinc metallo-enzymes that catalyze the reversible interconversion of carbon dioxide and water to a bicarbonate and a proton. As such, CA activity is important for several physiological processes such as pH regulation, CO₂ homeostasis, respiration, bone resorption, and tumorigenesis [1]. The CA family is subdivided into six classes based upon their structural fold, which also often correlate to their predominant organisms of expression. [2]. The α -CA active site structure is conserved and is conically shaped with a zinc atom located at the base, which is coordinated by three histidine residues (His94, His96, His119) and a water/hydroxide ion. The site is then regenerated to a zinc-bound hydroxide ion by a proton transfer mechanism. Various isoforms of CA have been identified as therapeutic targets for several diseases such as glaucoma, different cancer and epilepsy [3]. Therefore, the design of isoform-specific inhibitors is so important for the development of new drugs and improved treatments. CA is classically inhibited by compounds with a sulfonamide-based (SO₂NH₂) zinc-binding-group or their bioisosteres (sulfamates and sulfamides). Sulfonamides bind in a tetrahedral geometry, interacting directly with the catalytic zinc in their deprotonated form, and inhibit CA activity by displacing the zinc-bound water/hydroxide ion, eq 1. Thus, the CA-inhibitor interaction constitutes the initial stage of the mechanism of inhibitors action.



However, despite the availability of several drugs, only 75% of the epileptic population significantly benefits from current pharmacotherapy. Thus, the search for less toxic, more efficacious agents for the treatment of seizure disorders has been a continuing end over. In the present study we use the quantum mechanical calculations to investigate on the binding of four inhibitors with anticancer activity to active site of CA enzyme. Thus, study the interaction between the active site of CA enzyme and the four inhibitors by means of density functional theory calculations were studied thermodynamically.

2. Materials and methods

DFT calculations were performed by using B3LYP method with standard 6-31+G* basis set with no symmetry constraint for all studied compounds in gas and solvent effect using PCM method [4]. The frequency calculations were performed to confirm that fully optimized geometry corresponds to local minimum. Also, frequency calculations were used to obtain thermodynamic functions including Gibbs free energies at 298.15 K and 1.0 atmospheric pressure. All calculations were carried out using Gaussian 09 program package.

3. Results and discussion

In the first step the structure of carbonic anhydrase active center was fully optimized with no initial symmetry restrictions and assuming C₁ point group. The optimized geometry of carbonic anhydrase active center in the gas phase re-optimized by considering the solvent effect ($\epsilon=5$) using PCM method [5]. Figure 1 shows the optimized structure and some structural details of carbonic anhydrase active center in the solvent. In second step all four inhibitors, including 8M (3-(3-(2-bromophenyl)-2-oxoimidazolidin-1-yl)benzenesulfonamide), 7E (4-(3-(2-bromophenyl)-2-oxoimidazolidin-1-yl)benzenesulfonamide), 8K (3-(3-butyl-2-oxoimidazolidin-1-yl)benzenesulfonamide), AAZ (acetazolamide), have been fully optimized in the gas phase and then in the lipo-protein solvent at the B3LYP/6-31G* level. The calculated results indicate that all four compounds are stabilized by 10-12 kcal/mol in the solvent. According to reaction 1, the anionic form of inhibitor binds to the Zn²⁺ ion to form the complex between active center of CA enzyme and inhibitor, so in the next step the anionic form of all inhibitors are constructed by detaching the proton from NH₂ group and then optimized at the same level of computations, Figure 2 show the optimized geometry of all anionic form of inhibitors as well as electrostatic charge distributions around of atoms in solvent phase.

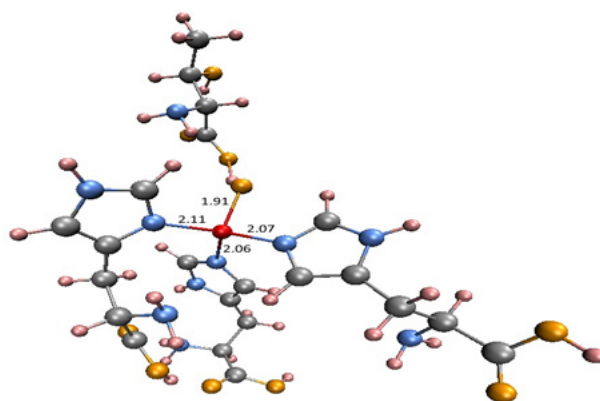


Figure 1. Optimized structure of active center of CA enzyme in the solvent as well as some bond distances according to Å.

Finally, the anionic form of inhibitors interacts with the model enzyme. As the results indicate, substitution of anionic form of inhibitors in place of water molecule at the active center of CA enzyme is energetically exothermic, and compound 8m exhibit high potency to be coordinated the active center of CA compared to other compounds. It is noticeable that the entropy of formation for all the complexes is negative.

4. Conclusions

DFT calculations have been carried out to study the interaction between four inhibitors and active center of carbonic anhydrase. All the inhibitors are tetrahedrally coordinated to the zinc ion of the enzyme via their deprotonated nitrogen atom in a hydrophobic pocket of the CA active center. This binding mechanism implies electrostatic N-Zn coordination. On this basis, the electronic distribution on the polar moiety of sulfonamides should correlate with the anti-epileptic and anticancer activity if this mechanism has any effect on the control of different disease. The results indicate that the sulfonamide moiety, $R-SO_2-NR_1R_2$, is to be potent inhibition of the enzyme carbonic anhydrase.

These data may be helpful in the design of carbonic anhydrase with potential as anti-obesity drugs or other pharmaceutical applications.

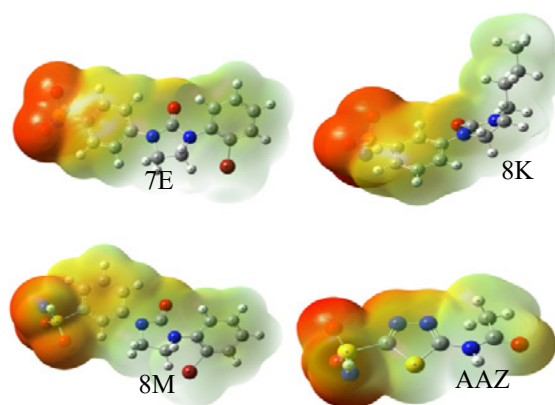


Figure 2. Optimized geometry of anionic form of studied inhibitors as well as electrostatic potential around of atoms in solvent phase.

5. Acknowledgments

The authors acknowledged the research council of Alzahra University for their financial support. Also the authors gratefully acknowledge the High-Performance Computing center of Alzahra University.

6. References and Citations

- 1) Frost, S. C., & McKenna, R. (Eds.). (2013). Carbonic anhydrase: mechanism, regulation, links to disease, and industrial applications (Vol. 75). Springer Science & Business Media.
- 2) Supuran, C. T. (2016). Structure and function of carbonic anhydrases. *Biochemical Journal*, 473(14), 2023-2032.
- 3) De Simone, G., & Supuran, C. T. (2010). Carbonic anhydrase IX: Biochemical and crystallographic characterization of a novel antitumor target. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1804(2), 404-409.
- 4) Mennucci, B. (2012). Polarizable continuum model. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 2(3), 386-404.

Nano-catalytic biodiesel production from *Carthamus Tinctorius* in Supercritical methanol medium

Negin Abedpour¹, Mohammad Barati ^{2*}

1 Department of Physical chemistry, Faculty of Chemistry, University of Kashan, Kashan, Iran

2 Department of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Kashan, Kashan, Iran

*Corresponding Author's E-mail: barati.m@kashanu.ac.ir

Presenter's E-mail: Negin.abedpour9733@gmail.com

Abstract

Biodiesel is considered one of the most promising clean and renewable energy sources as a viable alternative to diesel fuels. This study aimed to produce biodiesel from the *Carthamus tinctorius* (safflower) plant in a supercritical methanol environment using a batch reactor with a volume of 60 ml. The process was carried out under the designed conditions in SAS JMP software, which was also used to optimize the process. The results were analyzed using the Response Surface Methodology (RSM). The yield of biodiesel produced was reported to be 70.75% when the process was carried out without a catalyst. The findings indicate that producing biodiesel from vegetable oils under supercritical conditions is a promising method with high yield and efficiency.

Keywords: *Carthamus tinctorius*, Biodiesel, Supercritical methanol, Batch reactor

1. Introduction

Currently, over 80% of the world's energy needs are met by the main types of fossil fuels, including natural gas, oil, and coal. However, with the depletion of reserves and resources, rising prices, and the harmful effects of fossil fuels on the environment, we will face problems in the future such as environmental destruction and health issues [1, 2]. Finding alternative sources of fossil fuels that are sourced from renewable sources is vital. Renewable energies are environmentally friendly and can serve as sustainable energy sources that can significantly reduce pollution. One of the alternative fuels that has received a lot of attention is bio-diesel [3]. Bio-diesel, which is a mixture of fatty acid alkyl esters (FAAE), has become one of the alternative fuels to fossil diesel. This biofuel is environmentally friendly due to its low sulfur content and also offers more complete combustion compared to fossil diesel. Bio-diesel refers to a wide range of fuels derived from edible and non-edible vegetable oils, cooking oils, fats, and animal oils [4, 5]. In a study on the production of biodiesel from canola oil in a supercritical methanol environment, spiral reactor was used. The reaction was carried out at temperatures ranging from 270-400 °C, pressures of 20 MPa, a molar ratio of oil to methanol of 1:40, and reaction times of 3-30 min. Using this technique, a methyl ester yield of 100% was achieved in a short time of 10 min. Under the same conditions, the reaction was also performed in a batch reactor, and it was found that the biodiesel yield in the spiral reactor was higher compared to the batch reactor [6]. A study was conducted to explore the production of bio-diesel from Safflower plants using a hydrodynamic cavitation reactor. The study found that time was an effective independent parameter, resulting in the highest yield of biodiesel in the shortest time [7] {Modi, 2010 #23; Modi, 2010 #23}. Another study investigated the transesterification of soybean oil in a supercritical methanol environment without a catalyst in a high-pressure batch reactor at a temperature of 239 °C and pressure of 8.1 MPa. The study also examined the effect of supercritical CO₂ as a co-solvent [8]. In this study, The production of biodiesel from Safflower plants was carried out under supercritical methanol conditions in a high-pressure reactor. The process conditions including feed rate, temperature and reaction time were designed and optimized using SAS JMP software and analyzed using RSM method.

2. Materials and methods

.... A predetermined amount of reactants, including methanol and safflower plant powder, was added to a batch reactor with a volume of 60 ml with a stainless steel body, equipped with a high pressure gauge and a temperature control system (Figure 1). The mixture was heated to supercritical conditions. The process was optimized through experimental design using SAS JMP software with three factors: temperature (200-225-250 °C), reaction time (20-30-40 min) and feed amount (0.1-0.3-0.5 g). Immediately after each experiment, the reactor was placed in a cold water bath to rapidly reduce the temperature and stop the reaction. After cooling to ambient temperature, the reactor lid was opened and the contents were centrifuged to remove solids. The obtained residue was analyzed by GC-MS. In addition, pressure was mentioned as an uncontrollable parameter for each reaction.



Figure 1: Batch reactor

3. Results and discussion

In this study, the production of biodiesel from marigold plant in a supercritical methanol environment without the presence of a catalyst was carried out. The effect of feedstock amount, temperature, and reaction time on biodiesel production was evaluated. The data was analyzed and statistically modeled to find the optimal conditions for this process. The cubic model was selected as the best model to find the reaction yield percentage. The R^2 value for this model is 0.9916 and the p-value is 0.053. The mathematical equation for this model is shown by equation number 1.

(Eq. 1)

$$\text{Biodiesel yield} = 37.44 + 12.10 \times A - 2.35 \times B - 6.54 \times C - 12.22 \times AB - 0.30 \times AC - 9.39 \times BC + 1.08 \times A^2 + 19.04 \times B^2 - 23.07 \times C^2 - 8.31 \times ABC + 8.75 \times A^2B + 13.47 \times A^2C - 6.95 \times AB^2 + \cdot \times AC^2 + \cdot \times B^2C + 0 \times BC^2 + \cdot \times A^3 + \cdot \times B^3 + \cdot \times C^3$$

Where A, B and C are Temperature, Reaction time and Safflower respectively.

Three-dimensional diagrams were drawn to visually represent the effect of two factors on biodiesel production simultaneously (Figure 2).

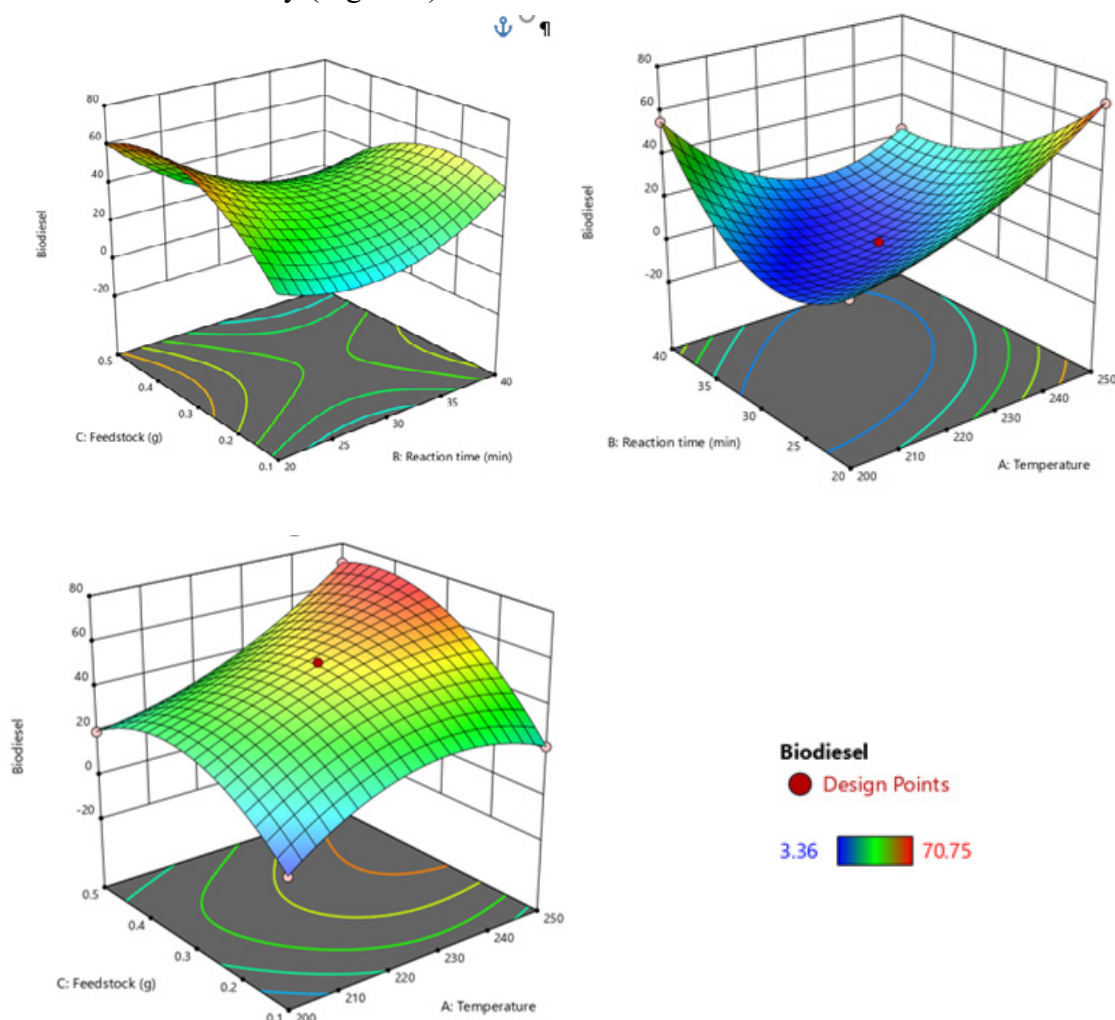


Figure 2: Effect of feed amount, temperature and reaction time on biodiesel fuel efficiency.

In Figure 2, the parameters affecting the production of biodiesel are shown in pairs. The production of biodiesel decreases as the reaction time increases. In the first few minutes, the reaction occurs slowly, but after 5 minutes, it accelerates [9]. Continuing the reaction beyond the specified optimal conditions leads to the destruction of the product and a decrease in methyl esters (biodiesel) [10]. Additionally, increasing the temperature increases the yield of biodiesel, but at higher temperatures than the optimum point, the production of biodiesel decreases [11, 12]. Moreover, increasing the feedstock amount results in an increasing trend in biodiesel yield up to the optimum point, and then the trend becomes decreasing. The biodiesel yield in this study is reported to be 70.75%. In another study, the conversion percentage of triglycerides from safflower seeds to methyl esters (biodiesel) was reported to be 94.12% [13].

4. Conclusions

In this work, the production of biodiesel from the *Carthamus tinctorius* plant (safflower) in a supercritical methanol environment was carried out in a 60 mL high-pressure batch reactor under conditions designed in the SAS JMP software. To find the optimal conditions, three effective factors, feed amount, temperature, and reaction time, were investigated. The process yield obtained under optimal conditions is higher than 70%. The use of a high-pressure reactor and the selection of a suitable supercritical fluid for producing biodiesel from vegetable oils is a suitable method. The safflower plant, with 26-45% unsaturated fatty acids, has great potential for producing biodiesel and can be a suitable substitute for diesel fuel.

5. Acknowledgments

The authors express their utmost gratitude for the support and facilities provided by Kashan University.

6. References and Citations

1. Aghbashlo, M., et al., *Machine learning technology in biodiesel research: A review*. Progress in Energy and Combustion Science, 2021. **85**: p. 100904.
2. Lam, M.K. and K.T. Lee, *Microalgae biofuels: a critical review of issues, problems and the way forward*. Biotechnology advances, 2012. **30**(3): p. 673-690.
3. Suganya, T., et al., *Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: A biorefinery approach*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. **55**: p. 909-941.
4. Zhou, Q., et al., *Nano La₂O₃ as a heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis by transesterification of *Jatropha curcas* L. oil*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015. **31**: p. 385-392.
5. Liu, H., et al., *Mixed and ground KBr-impregnated calcined snail shell and kaolin as solid base catalysts for biodiesel production*. Renewable Energy, 2016. **93**: p. 648-657.
6. Farobie, O. and Y. Matsumura, *Biodiesel production in supercritical methanol using a novel spiral reactor*. Procedia environmental sciences, 2015. **28**: p. 204-213.

7. Samani, B.H., et al., *The rotor-stator type hydrodynamic cavitation reactor approach for enhanced biodiesel fuel production*. Fuel, 2021. **283**: p. 118821.
8. Modi, D.N., *Biodiesel production using supercritical methanol*. 2010.
9. Ma, F. and M.A. Hanna, *Biodiesel production: a review*. Bioresource technology, 1999. **70**(1): p. 1-15.
10. Eevera, T., K. Rajendran, and S. Saradha, *Biodiesel production process optimization and characterization to assess the suitability of the product for varied environmental conditions*. Renewable Energy, 2009. **34**(3): p. 762-765.
11. Banihani, F.F., *Transesterification and production of biodiesel from waste cooking oil: effect of operation variables on fuel properties*. Am. J. Chem. Eng, 2016. **4**(6).
12. Istiningrum, R.B., T. Aprianto, and F.L.U. Pamungkas. *Effect of reaction temperature on biodiesel production from waste cooking oil using lipase as biocatalyst*. AIP Publishing.
13. Deviren, H. and H. Aydın, *Production and physicochemical properties of safflower seed oil extracted using different methods and its conversion to biodiesel*. Fuel, 2023. **343**: p. 128001.

An *in silico* investigation of the potential interactions between Ovalbumin and Streptomycin.

Marzieh Ghassemifam¹, Seyyed Abolghasem Ghadami^{2*}

¹Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

²Department of Biotechnology, Faculty of Biological Sciences, Alzahra University, Tehran, Iran

**Corresponding Author's E-mail:* a.ghadami@alzahra.ac.ir

Presenter's E-mail: ghasemifam.marzieh@gmail.com

Abstract

A rapid increase in the number of bacteria that have developed resistance to antibiotics forced researchers to investigate novel approaches within the field of drug delivery systems. A good example is to use of diverse nanostructures such as biological ones, which has provided a well-defined drug delivery system pathway for researchers. This study selected the ovalbumin protein as a potential drug delivery option and examined its connection with streptomycin, an antibiotic that has developed resistance. The results of this *in silico* finding suggest its potential as an appropriate option for drug design and delivery purposes.

Keywords: Molecular Docking, Ovalbumin, Streptomycin.

1. Introduction

The prevalence of antibiotic-resistant bacteria is increasing rapidly which is escalating concern for public health. It not only impacts the treatment of bacterial diseases, but also presents a potential risk to medical treatments such as surgery and oncology (Spagnolo, Rinaldi, Sajorda, & Dykhuizen, 2016). In addition, some bacteria can develop complex structures with exopolysaccharide matrix that can protect inner cells against antibiotics in ulcers (medicine) or industrial scales. Streptomycin is one of the most usable antibiotics for many bacterial diseases such as tuberculosis and some gram-negative bacterial diseases (Waters & Tadi, 2020). To overcome this issue, nowadays nanotherapeutics serve as frequently utilized carriers for antibiotics, especially biological nanocarriers such as liposomes, exosomes, lipoproteins, ferritin, magnetite, viruses, and virus-like proteins (Stanley, 2014). Moreover, Protein nanostructures are used for drug delivery systems because of their benefits such as biocompatibility, biodegradability, ease of synthesis process, and simple availability (Jain, Singh, Arya, Kundu, & Kapoor, 2018). Ovalbumin nanostructures are at the center of attention because of their low cost, extended shelf life, stabilizer of emulsions, and gel-network creation. it is noteworthy that this substance exhibits sensitivity to both pH and temperature which makes it useful in some situations (Sripriyalakshmi, Jose, Ravindran, & Anjali, 2014).

In this paper, we are going to demonstrate the potential binding of streptomycin to the ovalbumin protein.

2. Materials and methods (Times New Roman 12pt in Bold)

3.

2.1. System preparation

Ovalbumin 3D structure 7QRN PDB number was extracted from Protein Data Bank (PDB) (Moreau et al., 2022) and prepared for docking by SWISS PDB Viewer to remove water molecules and ligands and AutoDock Tools Ver. 1.5.7 to add hydrogen atoms and to compute Gasteinger charges (Guex & Peitsch, 1997).

The streptomycin structure was extracted from PubChem in SVG format and prepared for docking with VEGA ZZ to add hydrogen atoms and to optimize molecular charge by calculating TRIPOS and Gateinger (Pedretti, Mazzolari, Gervasoni, Fumagalli, & Vistoli, 2021). The last step of streptomycin preparation was done by AutoDock Tools Ver. 1.5.7 to make all torsions to zero and to determine streptomycin as a ligand molecule.

2.2. Docking

Docking was performed using AutoDock Vina. First, the Grid box size was set for whole-molecule size. Next, exhaustiveness was set to 8 and after docking was run, 9 models were resulted (Eberhardt, Santos-Martins, Tilkack, & Forli, 2021; Trott & Olson, 2010).

4. Results and discussion

3.1. Molecular Docking Analysis

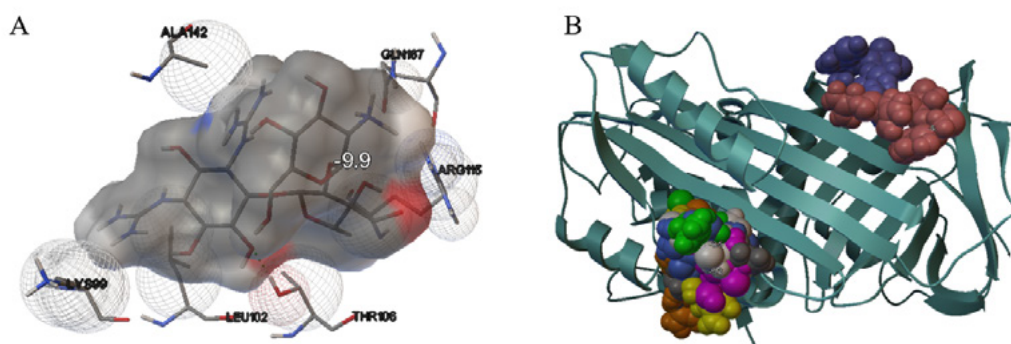
After the docking process was completed, nine results for streptomycin position on the surface of Ovalbumin were attained. The first result showed the best model for Ovalbumin-Streptomycin interactions with an affinity score of -9.9 kcal/mol. Other results are shown in Table 1.

Table 1. Affinity scores a distance from the best model results of Ovalbumin-Streptomycin docking results.

Model	Affinity (kcal/mol)	Distance from the best model (RMSD l.b.)	Distance from the best model (RMSD u.b.)
1	-9.9	0.000	0.000
2	-9.6	3.422	5.863
8	-9.5	2.4.6	5.085
4	-9.2	3.127	4.629
5	-9.1	3.654	7.914
6	-8.8	2.578	8.414
7	-8.7	25.187	28.854
8	-8.6	28.277	31.255
9	-8.6	3.666	6.668

3.2. Amino acids participated in the binding region

For the best model of the docking process, amino acids such as Lys99, Leu102, Thr 106, Arg 115, Ala142, and Gln167 interacted with streptomycin molecules. It shows both polar and non-polar amino acids can interact with Streptomycin. The result is shown in Figure 1.

**Figure 1.** Results of docking (A) Interactions between Streptomycin and first recommended docking result; (B) All results of docking positions on Ovalbumin molecule.

5. Conclusions

In summary, the molecular docking research provided major findings into the binding interactions between Ovalbumin and Streptomycin. Additional research is necessary to investigate the implications of these discoveries and to inform the development of innovative pharmaceutical candidates. Because of the remarkable features of Ovalbumin, it could be a good candidate for designing a drug delivery system.

6. References and Citations

- Eberhardt, J., Santos-Martins, D., Tillack, A. F., & Forli, S. (2021). AutoDock Vina 1.2. 0: New docking methods, expanded force field, and python bindings. *Journal of chemical information and modeling*, 61(8), 3891-3898.
- Guex, N., & Peitsch, M. C. (1997). SWISS-MODEL and the Swiss-Pdb Viewer: an environment for comparative protein modeling. *electrophoresis*, 18(15), 2714-2723.
- Jain, A., Singh, S. K., Arya, S. K., Kundu, S. C., & Kapoor, S. (2018). Protein nanoparticles: promising platforms for drug delivery applications. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 4(12), 3939-3961.
- Moreau, T., Gautron, J., Hincke, M. T., Monget, P., Réhault-Godbert, S., & Guyot, N. (2022). Antimicrobial proteins and peptides in avian eggshell: Structural diversity and potential roles in biomineralization. *Frontiers in Immunology*, 13, 946428.
- Pedretti, A., Mazzolari, A., Gervasoni, S., Fumagalli, L., & Vistoli, G. (2021). The VEGA suite of programs: An versatile platform for cheminformatics and drug design projects. *Bioinformatics*, 37(8), 1174-1175.
- Spagnolo, F., Rinaldi, C., Sajorda, D. R., & Dykhuizen, D. E. (2016). Evolution of resistance to continuously increasing streptomycin concentrations in populations of Escherichia coli. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 60(3), 1336-1342.
- Sripriyalakshmi, S., Jose, P., Ravindran, A., & Anjali, C. (2014). Recent trends in drug delivery system using protein nanoparticles. *Cell biochemistry and biophysics*, 70, 17-26.
- Stanley, S. (2014). Biological nanoparticles and their influence on organisms. *Current opinion in biotechnology*, 28, 69-74.
- Trott, O., & Olson, A. J. (2010). AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. *Journal of computational chemistry*, 31(2), 455-461.
- Waters, M., & Tadi, P. (2020). Streptomycin.

Designing a specific nanoprobe for rapid biosensing of Alzheimer's disease

Fatemeh Ghazvinian¹, Hamidreza Mollasalehi^{2*}, Mehdi Jahanfar¹

¹ Department of Cell and Molecular Biology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Department of Microbiology and Microbial Biotechnology, Faculty of Life Sciences and Biotechnology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

**Corresponding Author's E-mail: h_mollasalehi@sbu.ac.ir*

Presenter's E-mail: ghazvinianfatemeh@gmail.com

Abstract

Nano-biosensors have attracted many attentions since they are sensitive and precise for detection small number of biomarkers in any environment. Alzheimer's disease is known as a neurodegenerative disease in which the symptoms appear in the late stages with cognitive impairment problems. Early diagnosis of Alzheimer's disease would be the first promising step toward the treatment of the disease. This study employs the colorimetric feature of gold nanoparticles for detection of a specific biomarker for diagnosis of Alzheimer's disease in early stages. The characteristics of the developed nano-biosensor are determining using DLS, zeta potential and FT-IR test. The DLS results show size of 40 nm for the synthesized nanoparticles and 150 nm for nanoprobe implying accurate conjugation of the probe with nanoparticles. The zeta potential results showed an increased negative charge for the functionalized nanoparticles. Investigation of nanoprobe and nanoparticles revealed that the probe conjugated to nanoparticles properly.

Keywords: Alzheimer's disease; nucleic acid biomarker; Au nanoparticles; early diagnosis; nano-biosensor

1. Introduction

Alzheimer's disease symptoms initiate with forming amyloid beta plaques in synapses and alleviating the potential of synapses for transporting neurotransmitters [1]. Another main protein in Alzheimer's disease pathway is hyper phosphorylated Tau protein with structural function [2]. Early stage biomarker would be able to affect the expression of the mentioned proteins. Thus, oligonucleotides are capable to be applied as early stage biomarker since they control the expression a wide range of proteins by attaching to 3'UTR or 5'UTR of genes [3]. Nanoparticles have been widely used as biosensors due to their accurate ability for sensing and detection of small amounts of biomarkers [4,5]. The aim of this study is to design a biosensor based on gold nanoparticles for detection of oligonucleotide biomarker in serum samples.

2. Materials and methods

$\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, citrate salt and NaCl were purchased from Sigma Aldrich. The probe was synthesized by a Metabion, Germany. The gold nanoparticles were synthesized by a laboratory of Pharmacy department at Ferdowsi medical university, Mashhad. The applied method in this study is reduction of HAuCl_4 in the presence of citrate solution. Citrate solution was added to boiling gold nanoparticles and the appearance of red color confirmed forming gold nanoparticles coated by citrate [6,7]. The size and polydispersity index (PDI) of nanoparticles were determined by DLS. Nanoparticles were functionalized using a probe oligonucleotide. First disulfide bonds in synthetic probes were removed by a reductant agent. Then, gold nanoparticles and probe were incubated for several hours to accomplish complete coating of gold nanoparticles by synthetic probes. The ligation of gold nanoparticles and probe was verified by FT-IR and nanodrop spectroscopy. The alteration in the size after conjugation probe and nanoparticles was also determined by DLS. Zeta potential was used for evaluation of charge surrounding nanoparticles [7]. Stability of the conjugated nanoparticles were assessed by increasing salt concentration in the solution and observing the results. NaCl 5M was used for testing the resistance of nanoparticles in the presence and absence of the probes [8].

3. Results and discussion

The mean size of the nanoparticles after synthesis was around 40 nm by DLS and PDI was around 0.6 which verifies the minimum requirement for biosensing application and conjugation with the probe. The changes of the peak around 1000 cm^{-1} and 900 cm^{-1} shows presence of phosphate groups and ribose moiety [9,10] existing in the oligonucleotides of the probe, respectively. However, FT-IR results for non-functionalized nanoparticles lacked such fingerprint bends. Likewise, characterization of nanoparticles via DLS showed an increase of the size based on attaching the probe to the nanoparticles. The mean size after conjugation was reported 150 nm. After functionalization, nanoparticles were supposed to be more disperse due to increased charge density around Au nanoparticles. As a result, mean of PDI was increased to 1.0. The absorption optical density was 0.039 at 520 nm for the Au nanoparticles, although the absorption increased to 0.109 in 520 nm for the conjugated nanoparticles. Zeta potential result shows an increase in negative charge for conjugated nano particle rather than Au nanoparticles. Furthermore, increasing the salt concentration of nanoparticles revealed aggregation of Au nanoparticle samples containing bare nanoparticles, while in the conjugated nanoparticles no aggregation was occurred which implied high resistance of the conjugated nanoparticles due to surrounding oligonucleotides confirming successful functionalization procedure.

4. Conclusions (Times New Roman 12pt in Bold)

This study aims to achieve a rapid biosensing of Alzheimer's disease in the early stages. Gold nanoparticles were selected due to their colorimetric features and required accuracy for the detection. Specific oligonucleotide probe was synthesized and successfully conjugated to the nanoparticles. The designed probe and nanoprobe could be applied to the development of a genosensor for point-of-care detection of nucleobio-markers in patients with Alzheimer's disease.

5. Acknowledgments

This research has received no external funding.

6. References and Citations

1. Zetterberg, H., & Bendlin, B. B. (2021). Biomarkers for Alzheimer's disease—preparing for a new era of disease-modifying therapies. *Molecular psychiatry*, 26(1), 296-308.
2. Ayodele, T., Rogaeva, E., Kurup, J. T., Beecham, G., & Reitz, C. (2021). Early-onset Alzheimer's disease: what is missing in research?. *Current neurology and neuroscience reports*, 21, 1-10.
3. Blount, G. S., Coursey, L., & Kocerha, J. (2022). MicroRNA networks in cognition and dementia. *Cells*, 11(12), 1882.
4. Brazaca, L. C., Sampaio, I., Zucolotto, V., & Janegitz, B. C. (2020). Applications of biosensors in Alzheimer's disease diagnosis. *Talanta*, 210, 120644.
5. Shajari, E., & Mollasalehi, H. (2020). Ribonucleic-acid-biomarker candidates for early-phase group detection of common cancers. *Genomics*, 112(1), 163-168.
6. Turkevich, J., Stevenson, P. C., & Hillier, J. (1951). A study of the nucleation and growth processes in the synthesis of colloidal gold. *Discussions of the Faraday Society*, 11, 55-75.
7. Mollasalehi, H., & Hamidi, A. (2021). Early-phase nano-genosensing of cell-free nucleobiomarkers in the plasma of cancerous patients. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 32, 102344.
8. Mollasalehi, H., & Yazdanparast, R. (2012). Non-crosslinking gold nanoprobe for detection of nucleic acid sequence-based amplification products. *Analytical biochemistry*, 425(2), 91-95.
9. Lochaiwatana, Y., Poolthong, S., Hirata, I., Okazaki, M., Swasdison, S., & Vongsavan, N. (2015). The synthesis and characterization of a novel potassium chloride-fluoridated hydroxyapatite varnish for treating dentin hypersensitivity. *Dental Materials Journal*, 34(1), 31-40.
10. Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97-118.

Fusion of Dermoscopic Datasets: A Method to Promote Performance of Deep Learning in Melanoma Detection

Samira Taghilooniya¹, Mohammad Reza Keyvanpour^{2*}, Seyed Vahab Shojaedini³

¹ Data mining laboratory, Alzahra University, Tehran, Iran

² Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran

³ Department of Biomedical Engineering, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran

**Corresponding Author's E-mail: keyvanpour@alzahra.ac.ir*

Presenter's E-mail: S.Taghiloonia@student.alzahra.ac.ir

Abstract

Skin cancer is one of the diseases that has spread a lot in recent years. The abnormal growth of skin cells causes this cancer. If this disease is diagnosed in the early stages, it can be easily treated and prevent the possible death of the patient. Therefore, artificial intelligence experts have made great efforts to identify and diagnose this disease with the help of computer-aided detection (CAD) systems. Based on this, machine learning-based approaches have become an efficient way to classify skin lesions. This paper presents a CAD system for classifying melanoma and nevus. We used the combination of two ISIC 2019 and ISIC 2020 datasets to overcome the data imbalance. A pre-trained model with extra layers is used to feature extraction and classify skin lesions. The proposed method achieves 94% sensitivity, 97% specificity, and 95% accuracy on test data.

Keywords: Skin cancer, Melanoma, Deep learning, Classification, Dataset fusion

1. Introduction

Cancer refers to abnormal growth of cells [1]. Skin cancer is the most common form of cancer seen in humans and has two types: melanoma and non-melanoma [3]. Melanoma is the deadliest type of skin cancer [5]. Early detection of cancer is necessary [4], to avoid it to spread to other parts of body. So, a CAD system is require to detect and classify it [2].

As the interpretation and classification of skin lesions is time-consuming for dermatologists, many artificial intelligence researchers have been attracted to skin cancer classification using computer-aided diagnosis systems [3]. Almaraz-Damian et al. [7] segmented skin lesions and concatenated handcrafted features and deep features to classify melanoma and nevus. In [10], 1400 melanoma and 1400 nevus skin lesions are collected from public and private sources. Then, features are extracted by fusing multiple visual features in a perceptual-oriented color space and deep-neural network approach. Finally, the skin lesion is classified by a five-layer architecture. Zon et al. [11] use U-NET architecture for segmentation and CNN to classify 583 whole slide images of melanoma and nevus.

The paper is structured in the following manner. Section II provides detailed information about the dataset, pre-processing steps, and model architecture. Section III analyzes the performance of the proposed method, while Section IV compares the experimental results to those of existing methods. The final section of the paper presents the conclusion.

2. Materials and methods

This research uses the ISIC 2019 and ISIC 2020 public access datasets. ISIC 2020 datasets have different types of skin lesions. We modified the dataset to develop a binary classification by excluding all the classes except Melanoma and Nevus. After modifying the ISIC 2020, we have 584 melanoma and 5193 nevus-type skin lesion.

To overcome unbalanced data, we designed three different strategies. In the first strategy, we undersample nevus type to 584 and train our model. In the second strategy, as fewer melanoma images exist in the ISIC 2020 dataset, we applied data augmentation to increase the melanoma samples and then trained the model. Finally, in the third strategy, we combine the melanoma sample of ISIC 2019 with the modified dataset of ISIC 2020 without doing any augmentation. The idea behind this experiment is to assess the impact of increasing the number of data by combining different datasets of skin lesions instead of using augmentation. In a preprocessing step, we resize all images to 224×224 and convert them to arrays. The modified dataset was split into 80% of data for training, 20% for validation, and 20% of the remaining image for testing. We use fivefold cross-validation method to evaluate model performance.

One of the most critical parts of a convolutional neural network to perform well is its architecture [6]. In our classification problem, we use Densenet121. We trained our model by freezing all pre-trained layers of densenet121. We also add some extra layers on top of the model to fine-tune it for skin lesion classification. These layers include a dropout layer to avoid overfitting, a flatten layer, batch normalization, and several fully connected layers. At the final layer, we use the sigmoid activation function to predict whether an image belongs to melanoma or nevus. We use Adam optimizer for optimization, set batch size to 8 and learning rate to $1e-4$. The block diagram of our work is illustrated in Figure 1.

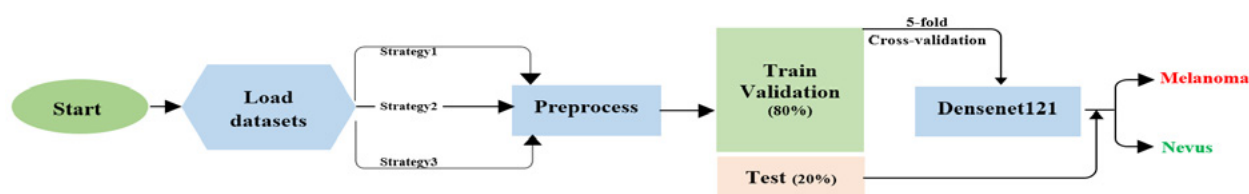


Figure 1- The block diagram of our proposed method to detect melanoma and nevus

3. Results and discussion

In this section, we present and discuss the result of our work obtained by three strategies described in section II. We used accuracy, sensitivity, and specificity metrics to evaluate the model. The accuracy measures the percentage of correctly classified benign and malignant lesions from all samples.

$$\text{Accuracy} = (\text{TP} + \text{TN}) / (\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}). \quad (1)$$

Sensitivity represents the percentage of correctly classified malignant lesions out of all malignant lesions.

$$\text{Sensitivity} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}). \quad (2)$$

Specificity represents the percentage of correctly classified benign lesions out of all benign lesions.

$$\text{Specificity} = \text{TN} / (\text{TN} + \text{FP}). \quad (3)$$

Table 1 demonstrates the results obtained by three different strategies. As we can see, we have an improvement in all evaluation metrics when dataset fusion is used. To ensure the reliability of our model's performance, we trained it ten times and evaluated the results. We found no significant variations in the evaluation metrics that indicate that our model is reliable and can provide accurate predictions.

Table 1- The value of evaluation metric obtained from different strategy

		Test data		
		accuracy	sensitivity	specificity
ISIC 2020	Strategy 1	0.89	0.90	0.88
	Strategy 2	0.90	0.92	0.89
ISIC2019+IS-IC2020	Strategy 3	0.95	0.94	0.97

Li et al. [8] used transfer learning to classify melanoma and nevus, achieving 98% accuracy and 93% sensitivity. In [9], the authors develop a melanoma and nevus classification using 2800 dermoscopic images, reaching 93% sensitivity and 95% specificity. High sensitivity is critical in skin lesion classification because the model can detect cancerous lesions effectively. So, we can see that our proposed model outperformed other compared cases.

Figure 2 shows the evaluation of accuracy and loss during the training of the proposed model. As we can see, the model tends to cover high accuracy values and learn effectively from the training data..

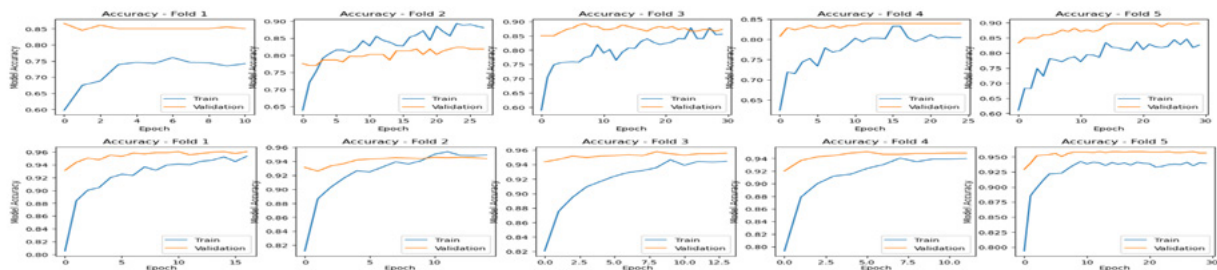


Figure 2- Evolution of train and validation Accuracy during training model (strategy 3)

4. Conclusions

In this work, we use three different strategies to feed the dataset to our densenet121 model and compare them together. As we can see, training the model using the dataset fusion technique (strategy3), outperformed other strategies by achieving %0.95, %0.94, and %0.97 in accuracy, sensitivity, and specificity. In future work, we can use the proposed strategy on other datasets and use different transfer learning models to evaluate which one can perform better results on skin lesion detection.

5. References and Citations

- [1] Ensafi, M., Keyvanpour, M. R., & Shojaedini, S. V. (2022). A New method for promote the performance of deep learning paradigm in diagnosing breast cancer: improving role of fusing multiple views of thermography images. *Health and Technology*, 12(6), 1097-1107.
- [2] Keyvanpour, M. R., Barani Shirzad, M., & Mahdikhani, L. (2022). WARM: a new breast masses classification method by weighting association rule mining. *Signal, Image and Video Processing*, 1-8.
- [3] Shojaedini, S. V. (2016). A New fuzzy level set method for lesion border detection in dermoscopy images. *Health and Technology*, 6, 101-109.
- [4] Mahdikhani, L., & Keyvanpour, M. R. (2019, February). Challenges of data mining classification techniques in mam-mograms. In *2019 5th Conference on Knowledge Based Engineering and Innovation (KBEI)* (pp. 637-643). IEEE.
- [5] Guy Jr, G. P., Thomas, C. C., Thompson, T., Watson, M., Massetti, G. M., & Richardson, L. C. (2015). Vital signs: melanoma incidence and mortality trends and projections—United States, 1982–2030. *Morbidity and mortality weekly report*, 64(21), 591.
- [6] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*. Massachusetts: MIT Press, 2016, <http://www.deeplearning-book.org>.
- [7] Almaraz-Damian, J. A., Ponomaryov, V., Sadovnychiy, S., & Castillejos-Fernandez, H. (2020). Melanoma and nevus skin lesion classification using handcraft and deep learning feature fusion via mutual information measures. *Entropy*, 22(4), 484.
- [8] Li, G., & Jimenez, G. (2022). Optimal diagnosis of the skin cancer using a hybrid deep neural network and grasshopper optimization algorithm. *Open Medicine*, 17(1), 508-517.
- [9] Aljohani, K., & Turki, T. (2022). Automatic Classification of Melanoma Skin Cancer with Deep Convolutional Neural Networks. *Ai*, 3(2), 512-525.
- [10] Abbas, Q., & Celebi, M. E. (2019). DermoDeep-A classification of melanoma-nevus skin lesions using multi-feature fusion of visual features and deep neural network. *Multimedia Tools and Applications*, 78(16), 23559-23580.
- [11] Van Zon, M., Stathonikos, N., Blokk, W. A., Komina, S., Maas, S. L., Pluim, J. P., ... & Veta, M. (2020, April). Segmentation and classification of melanoma and nevus in whole slide images. In *2020 IEEE 17th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)* (pp. 263-266). IEEE.

بیانیہ انجمن

بیانیه پایانی

اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی دانشگاه الزهرا - شهریور ۱۴۰۲

ضمن قدردانی فراوان از دانشگاه الزهرا، انجمن تحقیقات آزمایشگاهی ایران، دفتر حمایت و پشتیبانی پژوهشی وزارت عتف و همه کسانی که در طراحی، برنامه ریزی و اجرای این سمینار مشارکت داشته‌اند و سپاس از همه شرکت‌کنندگان گرامی، بیانیه سمینار و نشست جهت درج در تاریخ و ادبیات علمی ایران تقدیم می‌گردد:

۱- همکف‌ری و همگرایی اساتید، دست‌اندرکاران و شرکت‌های تخصصی در قالب سمینارهای تخصصی و نشست‌های دوره‌ای ضمن به اشتراک گذاشتن تجربیات و آشنایی هر چه بیشتر افراد باعث ایجاد مسیرهای موفق توسعه‌ای خواهد بود امید است با تداوم و رونق این سمینارها و نشست این امر محقق گردد.

۲- پیشرفت‌های نوین علم و دانش، نشان‌دهنده نقش بسیار موثر تجهیزات و ابزار تحقیق و بویژه تجهیزات آزمایشگاهی می‌باشد و این امر مستلزم ابلاغ و یا هموار نمودن جذب بودجه‌های پایه‌ای در کشور توسط آزمایشگاه‌های پیشرو و آزمایشگاه‌های مرکزی است و عدم توجه به آن موجبات عقب افتادگی علمی در عرصه رقابت‌های علمی منطقه‌ای و جهانی خواهد گردید.

۳- اصلاح قوانین و به‌روزرسانی آنها و توجه به بومی‌سازی آنها در حوزه آزمایشگاهی از نیازهای ضروری زمان حال می‌باشند و امید است وزارت علوم، تحقیقات و فناوری در تحقق این امر تلاش وافر نماید.

۴- پایش تجهیزات موجود در کشور و نیازسنجی دقیق بر اساس تحقیقات آزمایشگاهی و برنامه ریزی در تأمین آنها می‌تواند در توسعه علمی کشور موثر باشد جهت این موضوع تشکیل کارگروه‌های منطقه‌ای جهت نیازسنجی‌های دقیق و اخذ مشاوره‌های کامل پیشنهاد می‌گردد.

۵- فعال‌سازی و مشارکت بخش‌های غیردولتی نظیر انجمن‌های علمی در زمینه بررسی و الگوسازی حوزه تحقیقات آزمایشگاهی امری ضروری بوده و بازوی قدرتمندی در زمینه آینده پژوهی، برنامه ریزی و توانمندسازی جامعه علمی کشور خواهد بود. چه بسا به اشتراک‌گذاری تجربیات آزمایشگاه‌های مختلف و ایجاد موسسات مشاوره قوی در زمان تهیه تجهیزات بتواند مانع هدررفت منابع مالی و جهت‌گیری‌های صحیح هزینه‌ای گردد.

۶- ارائه خدمات آزمایشگاهی نظارتی برای صنایع مختلف جهت اعتباربخشی به تولیدات جزء

موضوعات اساسی مورد نیاز می‌باشد. از سویی فرایندهای پیچیده معتمدسازی برای آزمایشگاه‌های دانشگاهی موجبات قطع حلقه ارائه خدمات پژوهشی آزمایشگاهی می‌گردد. مسئولین محترم وزارت عتف با هموارسازی و ایجاد آزمایشگاه‌های مرجع و همکار می‌توانند توسعه روزافزون تولیدات با کیفیت در کشور باشند.

۷- استاندارد و ایمن سازی محیط‌های آزمایشگاهی بدون الگوسازی مناسب و نظارت دقیق امری غیر واقعی خواهد بود و صرفاً در قالب طرح مسأله متوقف خواهد شد، امید است با ایجاد الگوهای مناسب با توجه به نیازهای جامعه دانشگاهی این امر محقق گردد.

۸- ایجاد آزمایشگاه‌های ملی با هدف تولید علم فاخر، بنیادی و دسترسی به فناوری‌های اساسی که محل استقرار تجهیزات بسیار پیشرفته و فعالیت دانشمندان و پژوهشگران برتر باشد یکی از نیازهای جدی و فوری کشور می‌باشد.

۹- رویکرد تامین تجهیزات مدرن و دقیق و بهره‌برداری از تجهیزات و نیز ساخت آنها، توسعه نرم‌افزارها و مانند آن باید تمام وزارتخانه‌ها و سازمان‌هایی که مرتبط با این علوم هستند را درگیر کند و به صورت جامع و فرابخشی برای آن سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی شود.

۱۰ - ضروری است بودجه و اعتبارات اختصاص یافته به تامین تجهیزات و مواد آزمایشگاهی دانشگاه‌ها ارقام واقعی داشته باشد و تجهیزات آزمایشگاهی خریداری شده برای بهره‌برداران به ویژه صنعت جذاب باشد.

۱۱ - توسعه پژوهش‌های کاربردی تجربی بدون توجه به روابط پژوهشی در سطح بین‌المللی بسیار دشوار و

گاه ناممکن است، لذا توسعه شبکه‌های آزمایشگاهی در سطح مراکز تحقیقاتی بین‌المللی ضرورت دارد و

باید تسهیل و حمایت شود.