



Original Article

Green Synthesis of Bismuth Nanoparticles via *Peregrina integerrima* Extract and their Activities Against Cancer and Fungi

Babak Sadeghi 

Department of Chemistry, To.C. Islamic Azad University, Tonekabon, Iran

Received: 2025-08-03

Revised: 2025-10-01

Accepted: 2025-10-27

Abstract: The sustainable and eco-friendly characteristics of nanoparticle phytosynthesis have attracted significant interest. Specifically, the eco-friendly production of bismuth nanoparticles utilizing plant extracts demonstrates promise in medical and agricultural applications. This research examines the cancer-fighting cytotoxic effects of bismuth nanoparticles created through green synthesis with *Peregrina integerrima L.* extract, as well as their antifungal capabilities. It is believed that merging the biological properties of the bismuth nanoparticles with the plant extract will improve anticancer effectiveness. This study describes the creation of bismuth nanoparticles using *Peregrina Integerrima* extract and assesses their biological properties, highlighting their anticancer and antifungal effects. The nanoparticles were analyzed through methods including FT-IR, XRD, SEM, and EDX/EDS.

Keywords: Phytosynthesis, Bismuth Nanoparticles, Anticancer, Antifungal, SEM

*Corresponding Author. Email: bsadeghi1177@gmail.com

How to Cite This Article:

Sadeghi, B. Green Synthesis of Bismuth Nanoparticles via *Peregrina integerrima* Extract and their Activities Against Cancer and Fungi. Nanomeghyas. 2025; 12(3): 252-266. DOI: [10.22034/ns.2025.2067776.1402](https://doi.org/10.22034/ns.2025.2067776.1402)





سنتز گیاهی نانوذرات بیسموت با استفاده از عصاره گیاه *Peregrina integerrima* و بررسی خواص ضد سرطانی و ضد قارچی آنها

بایک صادقی 

گروه شیمی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۲

چکیده: سنتز فیتو شیمیایی نانوذرات دارای پایداری و ماهیت سازگار با محیط زیست می باشد. به طور خاص، سنتز سبز نانوذرات بیسموت با استفاده از عصاره های گیاهی، کاربردهای زیادی در زیست پزشکی و کشاورزی نشان می دهد. این مطالعه به بررسی سمیت سلولی ضد سرطانی نانوذرات بیسموت سنتز شده به روش سبز با استفاده از عصاره گیاه اینترگریما یا جاتروفا *Peregrina integerrima L* و خواص ضد قارچی آنها می پردازد. فرض بر این است که ترکیب ویژگی های زیستی نانوذرات بیسموت و عصاره گیاهی، اثربخشی ضد سرطانی را افزایش می دهد. این مقاله به تفصیل سنتز نانوذرات بیسموت از عصاره گیاه اینترگریما و بررسی خواص زیستی آنها را با تأکید بر فعالیت های ضد سرطانی و ضد قارچی آنها شرح می دهد. نانوذرات با استفاده از روش هایی مانند SEM، XRD، FT-IR و EDX/EDS شناسایی می شوند.

واژگان کلیدی: فیتوشیمی، نانو ذرات بیسموت، ضد سرطان، ضد قارچ: SEM

* نویسنده مسئول. ایمیل: bsadeghi1177@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:

صادقی، بایک. سنتز گیاهی نانوذرات بیسموت با استفاده از عصاره گیاه *Peregrina integerrima* و بررسی خواص ضد سرطانی و ضد قارچی آنها. *نانو مقیاس*، ۲۰۲۵، ۱۲(۳)، ۲۶۶-۲۵۲.

DOI: [10.22034/ns.2025.2067776.1402](https://doi.org/10.22034/ns.2025.2067776.1402)



۱- مقدمه

نسبت به فرآیندهای مرسوم نیاز دارد. مزیت دیگر این است که این روش کاهش مقرون به صرفه‌تر است [11].

در این مقاله، روش‌های سبز برای سنتز نانوذرات فلزی با استفاده از بیسموت تری کلرید BiCl_3 مورد بحث قرار خواهد گرفت. بیسموت (Bi) با عدد اتمی 83 متعلق به دوره ششم جدول تناوبی است. نانوذرات اکسید بیسموت کاندیدای خوبی برای اکسید فلزی برای کاربردهای مختلف در تهیه نانوساختارها، فوتوکاتالیست‌ها، پیل‌های سوختی اکسید جامد، حسگرهای گازی، کاتالیزورها برای اکسیداسیون هیدروکربن‌ها، تصفیه آب، فتوولتائیک، زیست پزشکی و اثر ضد باکتریایی هستند [12]. بیسموت تری کلرید (BiCl_3) منبع مناسبی از بیسموت است و برای تشکیل سایر ترکیبات بیسموت استفاده می‌شود. همچنین به دلیل داشتن منبع استاندارد Bi^{3+} به عنوان کره بیسموت شناخته می‌شود. در فاز گازی و بلوری، ساختار هر می به خود می‌گیرد [13]. جرم مولکولی بیسموت 315/34 گرم بر مول است [14]. کاربردهای اصلی بیسموت در داروسازی، سیستم‌های اعلام حریق اتمی و سیستم‌های آب‌پاش و سایر آلیاژها و رنگدانه‌ها برای لوازم آرایشی، شیشه و سرامیک، مصارف الکتریکی، آشکارسازها و خاموش‌کننده‌های آتش، فیوزهای الکتریکی می‌باشد [15]. در حالی که نانوذرات بیسموت عملکرد بهتر و مطلوب‌تری را برای درمان ترکیبی سرطان، پرتودرمانی، دارورسانی و مهندسی بافت ارائه می‌دهند [16].

گیاهی که مورد استفاده قرار گرفته است، اینترگریما یا جاتروفا با نام لاتین *Peregrina* (*PI* (*integerrima*) است که نام علمی آن *Jatropha intergerrima* است و گونه‌ای از گیاه گلدار متعلق به خانواده *Euphorbiaceae* است. اینترگریما بومی هند و سایر مناطق گرمسیری آسیا، آفریقا و استرالیا است. نانوذرات بیسموت (BiNPs) سنتز شده از عصاره اینترگریما، خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی از خود نشان می‌دهند که آنها را برای کاربردهای مختلف مناسب می‌کند [17]. در زمینه فعالیت ضد قارچی، این نانوذرات نتایج امیدوارکننده‌ای

نانوذرات (NPs) صنایع پیشرفته‌ای را در علوم مهندسی گرفته تا پزشکی و محیط زیست ایجاد کرده‌اند. نانوفناوری به یک زمینه تحقیقاتی امیدوارکننده و نوظهور در ایجاد و اصلاح نانو مواد برای کاربردهای مختلف تبدیل شده است [1]. نانوذرات، موادی هستند که در محدوده 1 تا 100 نانومتر یافت می‌شوند [2]. سال‌هاست که ترکیبات گیاهی و مشتقات آنها در ساخت منسوجات، پارچه‌ها، پلیمرها برای کاربردهای غذایی و غیر غذایی، مواد زیستی برای بهداشت دهان و دندان و جلوگیری از پوسیدگی دندان و تشکیل بیوفیلم و پلیمرهای فویل برای بسته‌بندی و لفاف‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند [3]. سنتز نانوذرات با واسطه گیاهی شامل کاهش یون‌های فلزی توسط مواد شیمیایی گیاهی موجود در عصاره‌های گیاهی برای تشکیل نانوذرات پایدار است [4-8].

چندین ترکیب فعال (مانند پروتئین‌ها، فلاونوئیدها و گروه‌های کربوکسیلیک آرابینوز و گالاتوز، قندهای احیاکننده، تانن‌ها، آمین‌های آلیفاتیک، آلکن‌های آلیفاتیک آلکالوئیدها، پلی‌ساکاریدها، آمین‌های آروماتیک، الکل‌ها، اجزای هتروسیکلیک محلول در آب و ساپونین‌ها) جدا شده از عصاره‌های گیاهی در سنتز موفقیت‌آمیز نانوذرات نقره به کار گرفته شده‌اند [9]. به طور جداگانه، بسیاری از عصاره‌های گیاهی و نانوذرات فلزی دارای فعالیت‌های زیستی قابل توجهی هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در داخل بدن هستند. به همین ترتیب، پیش‌بینی می‌شود که سنتز سبز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های گیاهی ممکن است باعث ایجاد اثر هم‌افزایی شود که منجر به فعالیت‌های زیستی قوی‌تر می‌شود. از این رو، استفاده از عصاره‌های گیاهی برای سنتز نانوذرات فلزی ممکن است منجر به تشکیل نانو مواد جدید با فعالیت‌های زیستی قوی‌تر و جدید شود [10]. این رویکرد سبزتر می‌تواند یک فرآیند تک مرحله‌ای (یک مرحله‌ای) باشد که به سطح انرژی کمتری



شکل ۱: تصویر گیاه اینترگریما (یا جاتروفا) *Jatropa intergerrima* یا *Peregrina intergerrima*

استفاده قرار گرفته است. ترکیبات زیست فعال آن دارای پتانسیل درمانی در برابر بیماری‌های مختلف هستند [23].

۲- مواد و روش کار

۲-۱- جمع‌آوری و آماده‌سازی مواد گیاهی

برگ‌های تازه گیاه اینترگریما که یک گیاه گرمسیری می‌باشد از اطراف شیراز تهیه شدند. برگ‌ها شسته، در سایه خشک، به صورت پودر ریز آسیاب شده و در ظرف دربسته نگهداری شدند.

۲-۲- تهیه عصاره برگ

برای تهیه عصاره، 20 گرم پودر برگ خشک شده با 200 میلی‌لیتر آب مقطر استریل مخلوط و به مدت 2 ساعت روی همزن مغناطیسی حرارت داده شد تا محلول زرد شود. عصاره صاف شده و برای استفاده بیشتر در یخچال نگهداری شد.

۲-۳- سنتز نانوذرات بیسموت

محلول 0/1 مولار BiCl_3 تهیه و با هم زدن مداوم حرارت داده شد. عصاره گیاه به این محلول اضافه

را نشان داده‌اند. برهمکنش BiNPs با غشای سلولی قارچ، ساختار و عملکرد آنها را مختل می‌کند و رشد قارچ را مهار می‌کند [18].

این مکانیسم ضد قارچی، پتانسیل BiNP های سنتز شده به روش سبز را به عنوان عوامل قارچ‌کش مؤثر نشان می‌دهد. PI، یک گیاه دارویی که به طور سنتی به دلیل خواص درمانی‌اش مورد استفاده قرار می‌گیرد، به عنوان منبع بالقوه ترکیبات زیست فعال ظاهر شده است که می‌تواند سنتز سبز BiNP ها را تسهیل کند [19].

این گیاه به داشتن یک پروفایل فیتوشیمیایی غنی، از جمله فلاونوئیدها، تانن‌ها، آلکالوئیدها و تریپنوتئیدها معروف است [20]. این ترکیبات قادر به عمل به عنوان عوامل کاهنده و تثبیت‌کننده هستند و تشکیل نانوذرات را ممکن می‌سازند و از تجمع آنها جلوگیری می‌کنند [21]. BiNP ها به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد و کاربردهای بالقوه زیست پزشکی خود مورد توجه قرار گرفته‌اند. آنها نسبت سطح به حجم بالا، پایداری استثنایی و خواص ضد میکروبی و ضد سرطانی را نشان می‌دهند [22]. اینترگریما، یک گیاه طبی، به طور سنتی به جهت دارا بودن فعالیت‌های ضد قارچی و ضد سرطانی، مورد

روی کشت برداشته شد و ماتریکس لایه سلولی در 100 میکرولیتر دی متیل سولفوکسید (DMSO) حل شد و در طول موج‌های 540 و 660 نانومتر جذب آن خوانده شد. سلول‌های A549 (سلول سرطان ریه) در محیط کشت اصلاح‌شده حاوی 10٪ سرم جنین گاو غیرفعال شده با حرارت و 1٪ آنتی‌بیوتیک در دمای 37 درجه سانتیگراد با 5٪ CO₂ کشت داده شدند. اثرات سیتوتوکسیک نانوذرات با استفاده از روش MTT بر روی رده‌های سلولی سرطان ریه A549 ارزیابی شد. سلول‌ها با غلظت‌های مختلف نانوذرات تیمار شدند و میزان زنده ماندن آنها پس از 24 ساعت اندازه‌گیری شد.

۲-۶- فعالیت ضد قارچی با استفاده از سنجش میکروتیتر رزازورین

کشت‌های قارچی اسپرژیلوس نیجر، تی. اسپرلوم، کاندیدا آلیکنس و کاندیدا پاراپسیلویس از موسسه تحقیقات و توسعه انستیتو پاستور تهیه شدند. در مقابل، محلول آب-اتانول (۱:۱) و حلال DMSO به ترتیب به عنوان کنترل منفی برای عصاره برگ‌های اینترگریما و نانوذرات بیسموت استفاده شدند. از محیط کشت نوترینت نیز به عنوان کنترل منفی استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز فیتوشیمیایی عصاره برگ‌های اینترگریما

آنالیز فیتوشیمیایی عصاره اینترگریما، مجموعه‌ای غنی از ترکیبات زیست‌فعال، از جمله آلکالوئیدها، تانن‌ها و فلاونوئیدها را نشان داد که برای کاهش و تثبیت نانو ذرات بیسموت بسیار مهم هستند [26]. ارزیابی کیفی ترکیبات شیمیایی مختلف در عصاره برگ‌های اینترگریما با استفاده از روش‌های آزمایش ذکر شده در جدول 1 انجام شد. عصاره آبی برگ‌های اینترگریما، حاوی آب و اتانول (50:50)،

شد و سپس چند قطره محلول 0/1 نرمال سود برای قلیایی کردن آن اضافه شد. مخلوط تا زمانی که رسوب زرد پررنگ تشکیل شود، جوشانده شد و سپس سانتیفریوژ شده و به مدت ۲ ساعت با دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد تا نانوذرات بیسموت زرد روشن به دست آید. برای اهداف مورد نظر، با دقت جمع‌آوری و بسته‌بندی شد.

۲-۴- آنالیز فیتوشیمیایی عصاره برگ‌های گیاه اینترگریما یا جاتروفا

تجزیه کیفی زیست مولکول‌های موجود در عصاره برگ‌های اینترگریما برای بررسی وجود آلکالوئیدها، تانن‌ها، فلاونوئیدها، استروئیدها، ساپونین‌ها، پلی‌فنول‌ها، گلیکوزیدها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه انجام شد. محتوای فنلی کل در عصاره برگ‌های اینترگریما به عنوان معادل اسید گالیک با استفاده از روش پلی‌فنول تخمین زده شد [24]. محتوای پروتئین در عصاره برگ‌های اینترگریما با استفاده از روش لوری تخمین زده شد [25].

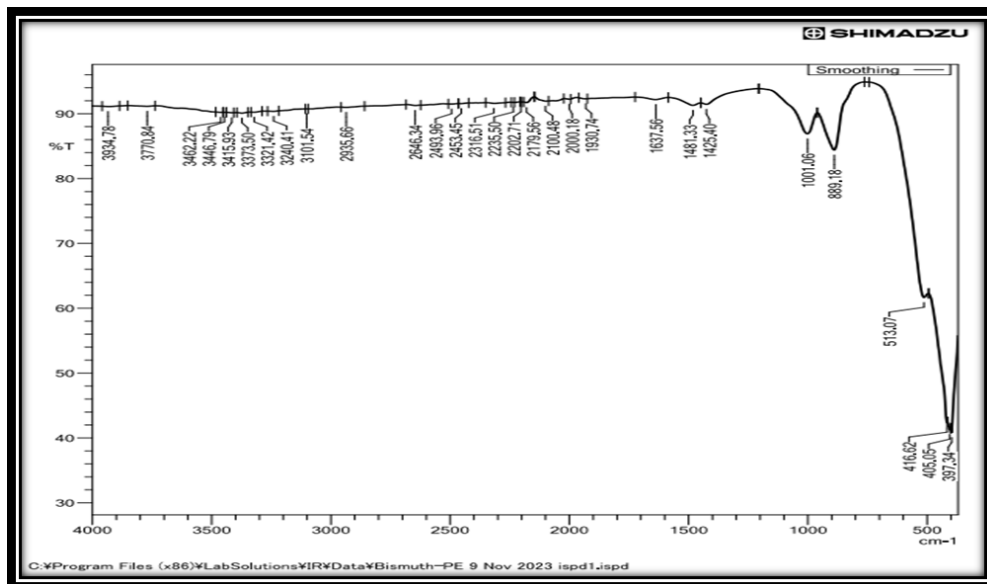
۲-۵- اثرات سیتوتوکسیک ترکیبات در رده سلولی A549

سنجش MTT

سنجش MTT سمیت سلولی نمونه‌های تهیه شده را بر روی رده سلولی A549 تعیین کرد. سلول‌ها (۱۰۰۰۰ سلول در هر چاهک) به مدت ۲۴ ساعت در محیط کشت DMEM حاوی ۱۰٪ FBS و ۱٪ محلول آنتی‌بیوتیک در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد با ۵٪ CO₂ در پلیت‌های ۹۶ چاهکی کشت داده شدند. روز بعد سلول‌ها با غلظت‌های ۱ تا ۱۰۰۰ میکروگرم در میلی‌لیتر از فرمولاسیون‌ها تیمار شدند (غلظت‌های مختلف در یک محیط کشت ناقص تهیه شدند). پس از انکوباسیون به مدت ۲۴ ساعت، محلول MTT (غلظت نهایی ۲۵۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) به کشت سلولی اضافه شد و به مدت ۲ ساعت انکوبه شد. در پایان آزمایش، مایع

جدول ۱: آنالیز فیتوشیمیایی عصاره برگ‌های اینترگریما. (وجود ترکیبات شیمیایی ذکر شده با (+) نشان داده شده است).

عصاره برگ‌های اینترگریما	روش آزمایش	نوع ترکیبات شیمیایی
+	Dragendroff's test	آلکالوئیدها
+	Ferric chloride	تانن‌ها
+	Shinoda test	فلاونوئیدها
+	Salkowski reaction	استروئیدها
+	Foam test	ساپونین‌ها
+	Puncal-D	پلی فنل‌ها
+	Conc. H ₂ SO ₄ and heat	گلی کوزیدها
+	Anthrone test	کربوهیدراتها
+	Ninhydrin test	پروتئینها
+	Millon's test	آمینواسیدها



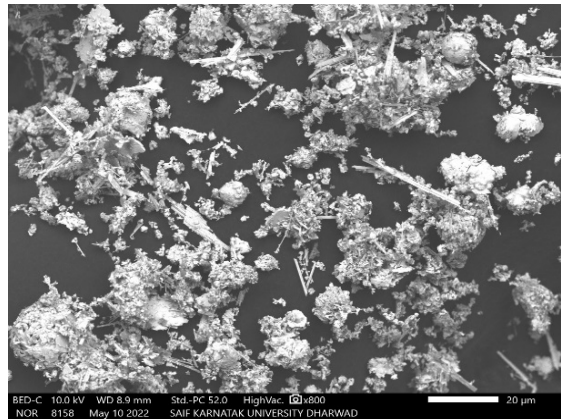
شکل ۲. طیف FT-IR نانوذرات بیسموت.

تشکیل کیفی نانوذرات بیسموت تعیین شود. جذب پیوند فلز-اکسیژن در ناحیه اثر انگشت (cm^{-1} 500-1500) مشاهده می‌شود که معمولاً شامل مجموعه‌ای بسیار پیچیده از جذبها است. ارتعاش کششی O-H در cm^{-1} 3500 تا 3200 مشاهده می‌شود که پیک‌های آن شدت ضعیفی دارد. کشش قوی در ناحیه اثر انگشت مشاهده می‌شود. پیک در cm^{-1} 513.07 نشان می‌دهد که کشش Bi-O از ارتعاشات فلز-اکسیژن ناشی شده است. پهنای باند در cm^{-1} 2800 تا 3200 از ارتعاشات کششی

حاوی ماکرومولکول‌های کشف نشده متعددی است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که عصاره برگ‌های این گیاه می‌تواند به عنوان یک مکمل غذایی و یک عامل پایدار کننده (ثبیت کننده) برای نانوذرات بیسموت تشکیل شده، عمل کند [27].

۲-۳- آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)

طیف جذبی FTIR در محدوده 500-4000 cm^{-1} (شکل 2) ثبت شد تا گروه‌های عاملی و



شکل ۳. تصویر SEM نانوذرات بیسموت با دو بزرگنمایی متفاوت.

تقریباً $30000\times$ ، وضوح مکانی 50 تا 100 نانومتر) تصویربرداری کرد. تصاویر SEM از نانوذرات بیسموت با بزرگنمایی $800\times$ ساختارهای دایره‌ای شکل سر دکمه‌ای را نشان می‌دهند، در حالی که در بزرگنمایی $1000\times$ ، ذرات با ساختار پوسته‌ای میله‌ای شکل را نشان می‌دهند.

۳-۴- طیف‌سنجی اشعه ایکس با پراکندگی انرژی (EDX/EDS)

طیف‌های شکل 4 پیک‌های بیسموت را در نمونه تهیه‌شده نشان می‌دهند. ترکیب عنصری نانوذرات بیسموت سنتز شده به روش سبز، بیسموت را به عنوان عنصر اصلی با $83/11\%$ جرم و $27/33\%$ اتم نشان می‌دهد. کربن و اکسیژن به ترتیب $4/29\%$ جرم و $9/53\%$ اکسیژن را نشان می‌دهند، در حالی که منیزیم، سدیم و سایر فلزات ممکن است به دلیل عصاره گیاه، همانطور که در جدول نشان داده شده است، وجود داشته باشند. تجزیه و تحلیل طیف‌سنجی اشعه ایکس با پراکندگی انرژی (EDS) وجود نانوذرات بیسموت عنصری را تأیید کرد [32].

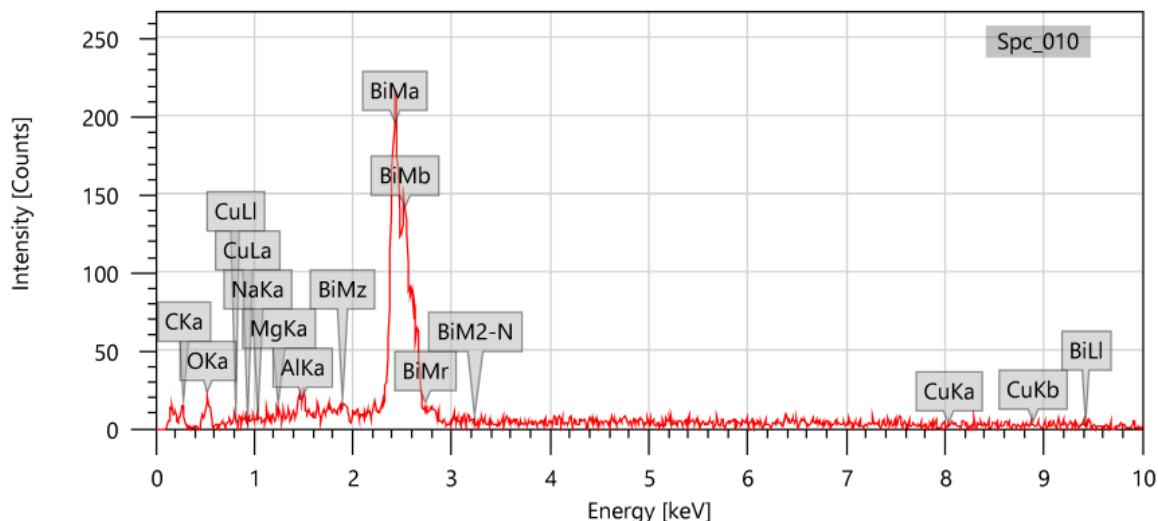
۳-۵- طیف‌سنجی پراش اشعه ایکس با پراکندگی انرژی (X-Ray Diffraction)

XRD اطلاعاتی در مورد ساختار بلوری، ماهیت فاز، پارامترهای شبکه و اندازه دانه بلوری ارائه می‌دهد [33]. بلورینگی نانوذرات بیسموت سنتز

C-H ناشی می‌شود [28]. کشش CH_2 در 2935.66cm^{-1} قرار دارد. پهنای باند حدود 700 تا 400 از ارتعاش فلز-اکسیژن (Bi-O) ناشی می‌شود. پس از عملیات حرارتی در دمای 500 درجه سانتیگراد، بسیاری از خطوط ارتعاشی به دلیل تبخیر اکثر حلال‌ها و تجزیه حلال‌های آلی و تجزیه مواد آلی ناپدید می‌شوند. حضور گروه‌های عاملی مانند O-H، C-H و Bi-O در طیف نشان داده شد، که نشان‌دهنده سنتز موفقیت‌آمیز است.

۳-۳- آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از پرتوی متمرکز از الکترون‌های پرانرژی برای تولید سیگنال‌های متنوع در سطح نمونه‌های جامد استفاده می‌کند [29]. سیگنال‌هایی که از برهمکنش‌های الکترون-نمونه حاصل می‌شوند، اطلاعاتی در مورد نمونه، از جمله مورفولوژی خارجی (بافت)، ترکیب شیمیایی و ساختار بلوری و جهت‌گیری مواد تشکیل‌دهنده نمونه را آشکار می‌کنند [30]. در بیشتر کاربردها، داده‌ها از یک ناحیه انتخاب‌شده از سطح نمونه جمع‌آوری می‌شوند و یک تصویر دوبعدی ایجاد می‌شود که تغییرات مکانی در این خواص را نشان می‌دهد [31]. مناطقی با عرض تقریباً 1 سانتی‌متر تا 5 میکرون را می‌توان در حالت اسکن با استفاده از تکنیک‌های SEM معمولی (بزرگنمایی از $20\times$ تا



شکل ۴. طیف EDS نانوذرات بیسموت سنتز شده با روش سبز.

جدول ۲. درصد ترکیب تمام عناصر موجود در نانوذرات بیسموت تهیه شده با عصاره برگ‌های اینترگریما.

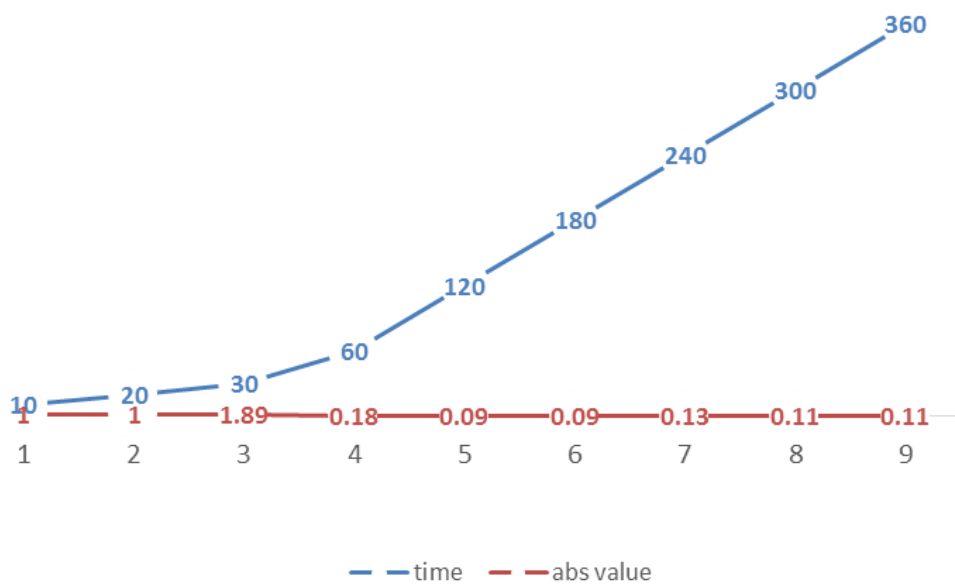
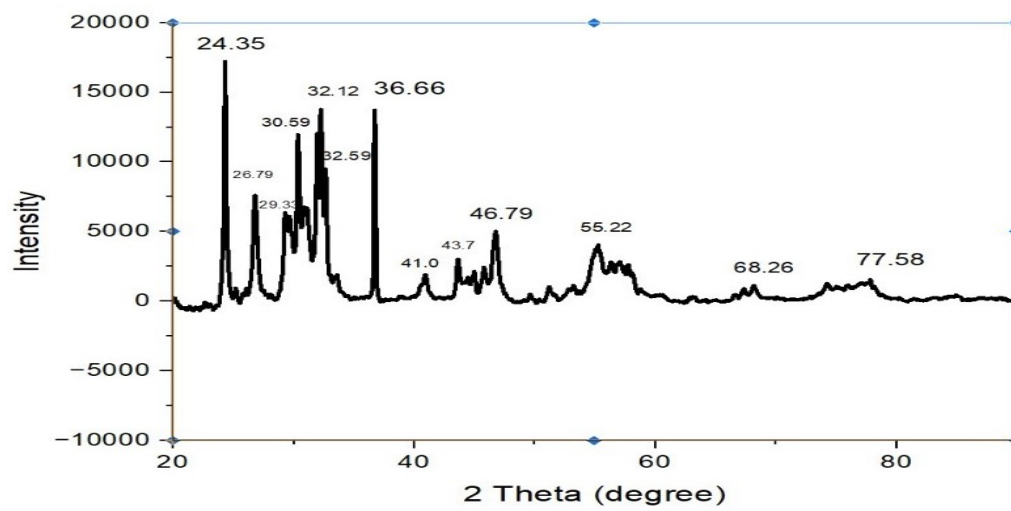
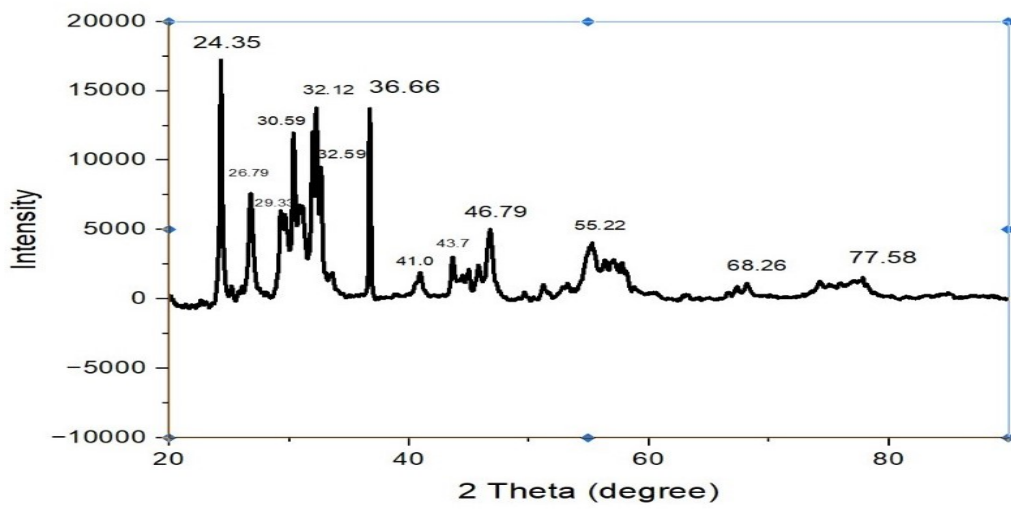
عناصر	درصد جرمی	درصد اتمها
کربن	۴/۰±۲۹/۲۵	۲۴/۱±۵۴/۴۱
اکسیژن	۹/۰±۵۳/۷۸	۴۰/۳±۹۳/۳۳
سدیم	۰/۰±۳۴/۲۱	۱/۰±۰۳/۶۳
منیزیم	۰/۰±۳۸/۱۸	۱/۰±۰۸/۵۲
آلومینیوم	۱/۰±۷۵/۲۵	۴/۰±۴۵/۶۴
مس	۰/۰±۶۰/۴۵	۰/۰±۶۴/۴۸
بیسموت	۸۳/۲±۱۱/۳۸	۲۷/۰±۳۳/۷۸
مجمع	۱۰۰	۱۰۰

می‌کند (شکل ۵) [34]. اندازه بلور 15/47 نانومتر است و با استفاده از فرمول دبای شرر محاسبه شده و ماهیت بلوری نانوذرات را با پیک‌های تیز تأیید می‌کند.

۳-۶- مطالعه جذب نانو ذرات بیسموت

جذب نانوذرات BiNP، مقدار جذب ($\lambda_{max}=510nm$) و تأثیر زمان، صرف نظر از پارامترهای تجربی مختلف مؤثر بر سینتیک جذب، نقش مهمی ایفا می‌کنند. مقادیر با استفاده از رنگدانه اندازه‌گیری می‌شوند. محلول استاندارد $BiCl_3$ و عصاره گیاهی (10 میلی‌لیتر) برای هم

شده بر اساس معادله دبای-شرر محاسبه شد [24]. ده پیک تیز را می‌توان به وضوح در شکل مشاهده کرد که در مقادیر 2 تتا، 24/35، 26/79، 29/33، 30/59، 32/12، 36/66، 41، 43/7، 46/79 و 55/22 ظاهر شده‌اند که پیک‌های پراش را نشان می‌دهند. پیک‌های با حداکثر شدت که در محدوده 24/35، 26/79، 30/59، 32/12 و 36/66 یافت می‌شوند، جهت‌گیری ایده‌آل ساختار نانو ذرات بیسموت را نشان می‌دهند. برخی پیک‌های اضافی به دلیل اجزای زیستی موجود در عصاره در نمودار مشاهده می‌شوند. آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) ماهیت آمورف نانوذرات بیسموت سنتز شده را تأیید



شکل ۵. طیف پراش اشعه ایکس نانوذرات بیسموت سنتز شده با روش سبز.

مکانیسم‌های عمل و مطالعات سمیت درون‌تنی برای اعتبارسنجی کاربردهای بالینی آنها ضروری است [38]. این نتایج مقدار IC50 مثبت 34/66 را نشان می‌دهد. سنجش MTT نشان داد که نانوذرات بیسموت در برابر سلول‌های سرطان ریه A549، دارای سمیت وابسته به غلظت می‌باشند. غلظت‌های بالاتر منجر به افزایش مرگ سلولی شد که نشان‌دهنده پتانسیل درمان هدفمند سرطان است.

۳-۸- فعالیت ضد قارچی عصاره برگ‌های گیاه اینترگریمما و نانوذرات بیسموت سنتز شده

با روش MIC و استفاده از کمترین مقدار در مقایسه با عصاره برگ گیاه به تنهایی، نانوذرات بیسموت فعالیت ضد قارچی قابل قبولی را علیه گونه‌های کاندیدا نشان دادند. این نشان می‌دهد که نانوذرات می‌توانند در درمان عفونت‌های قارچی، به ویژه عفونت‌های ناشی از کاندیدا آلبیکنس و کاندیدا پاراپسیلوزیس مؤثر باشند [39-40]. فعالیت ضد قارچی بالقوه نانوذرات بیسموت سنتز شده علیه *A. niger*، *T. Asperellum*، *C. albicans* و کاندیدا پاراپسیلوزیس ارزیابی شد. آمفوتریسین B (10 میکروگرم در 500 میکرولیتر) به عنوان کنترل مثبت استفاده شد. در مقابل، محلول آب-اتانول (1:1) و حلال DMSO به ترتیب به عنوان کنترل منفی برای عصاره برگ‌های اینترگریمما و نانوذرات بیسموت استفاده شدند. از محیط کشت مغذی نیز به عنوان کنترل منفی استفاده شد. طبقه‌بندی این قارچ‌ها و محل قرارگیری آنها در بدن انسان در جدول 3 آمده است. مقادیر حداقل غلظت کنترل شده (MIC) اندازه‌گیری شد و در حضور عصاره فعالیت ضد قارچی نانوذرات علیه اسپرژیلوس نیجر، *T. Asperellum*، کاندیدا آلبیکنس و کاندیدا پاراپسیلوزیس با استفاده از روش میکروتیتر رزازورین ارزیابی شد. برگ‌های اینترگریمما و نانوذرات بیسموت در جدول 4 آورده شده است.

زدن و گرم کردن مداوم روی همزن مغناطیسی نگه داشته می‌شوند و مقادیر به طور همزمان پس از 10، 20، 30، 60 دقیقه و غیره توسط رنگدانه اندازه‌گیری می‌شوند. مشاهده می‌شود که جذب با افزایش زمان کاهش می‌یابد، همانطور که در نمودار شکل 6 نشان داده شده است.

۳-۷- مطالعه فعالیت ضد سرطانی نانوذرات بیسموت سنتز شده با استفاده از روش فیتوشیمیایی

فعالیت ضد سرطانی نانوذرات بیسموت بر علیه رده سلولی سرطان ریه (A549) ارزیابی شد. برای این منظور، آزمایشی بر اساس سنجش سیتوتوکسیک یعنی سنجش MTT انجام شد که فعالیت ضد سرطانی قوی نانوذرات بیسموت را بر علیه سلول‌های A549 بسته به غلظت نانوذرات بیسموت نشان داد. افزایش غلظت نانو ذره، مرگ سلولی را در سلول‌های A549 افزایش می‌دهد (شکل 7) [35]. فعالیت ضد سرطانی عصاره برگ‌های اینترگریمما، مسؤل مرگ سلولی القا شده در سلول‌های سرطان ریه است. در این مطالعه، سنتز نانوذرات بیسموت توسط عصاره گیاه اینترگریمما، فعالیت ضد سرطانی را بر علیه سلول سرطان ریه A549 نشان داد که در آن به طور کلی فعالیت ضد سرطانی کمتری در غلظت‌های پایین‌تر نشان می‌دهد، اما با افزایش غلظت، فعالیت ضد سرطانی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد، همانطور که در نمودار زیر نشان داده شده است (شکل 7).

سنتز سبز نانوذرات بیسموت با استفاده از ضد قارچ گیاه اینترگریمما، منجر به نانوذرات پایدارتر و زیست‌سازگار در مقابل سمیت سلولی ضد سرطانی شد [36]. فعالیت ضد سرطانی مشاهده‌شده را می‌توان به اثرات هم‌افزایی نانوذرات بیسموت و مولکول‌های عصاره گیاه نسبت داد [37]. فعالیت ضد سرطانی قوی نانوذرات بیسموت در برابر سلول‌های سرطان ریه A549، پتانسیل آنها را برای درمان هدفمند نشان می‌دهد. تحقیقات بیشتر در مورد

نتیجه گیری نهایی

رویکرد تجربی ما منجر به سنتز سبز موفقیت‌آمیز نانوذرات بیسموت با استفاده از عصاره آبی برگ‌های گیاه اینترگریما شد. طیف‌سنجی FT-IR تشکیل نانوذرات بیسموت و نقش زیست‌مولکول‌های مختلف موجود در عصاره برگ‌های گیاه اینترگریما را در سنتز نانوذرات بیسموت تأیید کرد. آنالیز طیف‌سنجی پراش انرژی اشعه ایکس (EDS) وجود بیسموت عنصری را تأیید کرد. XRD ماهیت بلوری نانوذرات بیسموت سنتز شده را تأیید کرد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، نانوذرات بیسموت با بزرگنمایی‌های ۸۰۰ برابر، ساختارهای دایره‌ای دکمه‌ای شکل را نشان می‌دهند، در حالی که در ۱۰۰۰ برابر، ذرات با ساختار پوسته‌ای میله‌ای شکل دیده می‌شوند. فعالیت ضد سرطانی قوی نانوذرات بیسموت در

برابر سلول‌های سرطان ریه A549، پتانسیل آنها را برای درمان هدفمند نشان می‌دهد. این نتایج، مقدار IC50 مثبت 34/66 را نشان می‌دهد. ارزیابی زیستی نانوذرات سنتز شده، بینشی در مورد اثربخشی آنها به عنوان عوامل ضد قارچی ارائه می‌دهد و راه را برای تحقیقات بیشتر و توسعه این نانوذرات به عنوان عوامل درمانی جدید هموار می‌کند. علاوه بر این، یافته‌های ما همچنین نشان داد که عصاره برگ‌های گیاه اینترگریما و نانوذرات بیسموت سنتز شده، فعالیت ضد قارچی نسبتاً قوی‌تری را در برابر *C. albicans*، *T. Asperellum*، *A. niger* و *C. parapsilosis* نشان می‌دهند. سنتز سبز نانوذرات بیسموت با استفاده از عصاره برگ این گیاه، یک روش مؤثر و پایدار است. نانوذرات سنتز شده خواص ضد سرطانی و ضد قارچی قابل توجهی از خود نشان می‌دهند، که آنها را به کاندیداهای امیدوارکننده‌ای

جدول ۳. طبقه‌بندی انواع قارچ‌ها و محل قرارگیری آنها در بدن انسان.

محل قرارگیری در بدن	انواع قارچ‌ها	ردیف
ریه	<i>Aspergillus niger</i>	۱
ریه، چشم، گوش	<i>T. Asperellum</i>	۲
دستگاه گوارش	<i>Candida Albicans</i>	۳
بافت‌های مخاطی	<i>Candida Parapsilosis</i>	۴

جدول ۴. فعالیت ضد قارچی براساس مقادیر MIC.

قارچ	MIC ($\mu\text{g/mL}$)
عصاره گیاه اینترگریما	
<i>Aspergillus niger</i>	۶۲/۵
<i>T. Asperellum</i>	۶۲/۵
<i>Candida Albicans</i>	۱۲۵
<i>Candida Parapsilosis</i>	۲۵۰
نانو ذرات بیسموت	
<i>Aspergillus niger</i>	۲۵۰
<i>T. Asperellum</i>	۲۵۰
<i>Candida Albicans</i>	۶۲/۵
<i>Candida Parapsilosis</i>	۶۲/۵

جدول ۵. مقایسه مقادیر کمی و داده های فعالیت ضد قارچی نانو ذرات بیسموت و عصاره گیاهی (رشد قارچ (+) ، عدم رشد قارچ (-).

No.	غلظت (µg/mL)	قارچ								رشد قارچ								
		1000	(1)	500	(2)	250	(3)	125	(4)	62.5	(5)	31.2	(6)	15.6	(7)	7.8	(8)	Amphotericin B Negative Nutrient broth
عصاره گیاه اینترگریما																		
1.	<i>Aspergillus niger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
2.	<i>T. Asperellum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
3.	<i>Candida Albicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
4.	<i>Candida Parapsilosis</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
نانو ذرات بیسموت																		
1.	<i>Aspergillus niger</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
2.	<i>T. Asperellum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
3.	<i>Candida Albicans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
4.	<i>Candida Parapsilosis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله بدین وسیله اعلام می‌دارند که در ارتباط با انجام، تحلیل، نگارش و انتشار این پژوهش، هیچ‌گونه تعارض منافع مالی، شخصی، علمی یا سازمانی وجود ندارد.

منابع

1. Rajeshkumar S. et al. (2018). Green synthesis of metal oxide nanoparticles from selected plant extracts and their biological activity against plant pathogens. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 51(17-18), 872-890.

برای کاربردهای زیست‌پزشکی تبدیل می‌کند. مطالعات آینده باید بر درک مکانیسم‌های عمل و انجام آزمایش‌های درون‌تنی (in vivo) برای اعتبارسنجی پتانسیل بالینی آنها متمرکز شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بدین وسیله مراتب تشکر صمیمانه خود را از دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن، تهران شمال، انستیتو پاستور و بخصوص ستاد فناوری نانو بابت حمایت‌های ارزشمندشان در طول انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

- extracts for use as wound dressings. *Polymer Bulletin*, 71, 925-949. <https://doi.org/10.1007/s00289-014-1102-9>
12. Lakouraj M.M.; Rahaipaima G.; Mohseni M. (2015). Synthesis, characterization, metal sorption, and biological activities of organosoluble and thermally stable azoxanthone-based polyester. *Polymer Advanced Technologies*, 26(3), 234-244. <https://doi.org/10.1002/pat.3446>
 13. Torrisi L.; Silipigni L.; Restuccia N.; Cuzzocrea S.; Cutroneo M.; Barreca F.; Fazio B.; Di Marco G.; Guglielmino S. (2018). Laser-generated bismuth nanoparticles for applications in imaging and radiotherapy. *Journal of Physical Chemistry Solids*, 119, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2018.03.034>
 14. Liang Y.; Manioudakis J.; Macairan J.R.; Askari M.S.; Forgione P.; Naccache R. (2019). Facile aqueous-phase synthesis of an ultrasmall bismuth nanocatalyst for the reduction of 4-nitrophenol. *ACS Omega*, 4(12), 14955-14961. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b01736>
 15. Manasa M.G.; Bhakta A.K.; Mekhalif Z.; Mascarenhas R.J. (2020). Bismuth-nanoparticles decorated multi-wall-carbon-nanotubes cast-coated on carbon paste electrode; an electrochemical sensor for sensitive determination of gallic acid at neutral pH. *Materials Science in Energy Technology*, 3, 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.10.001>
 16. Reverberi A.P.; Varbanov P.S.; Lauciello S.; Salerno M.; Fabiano B. (2018). An eco-friendly process for zerovalent bismuth nanoparticles synthesis. *Journal of Cleaner Production*, 198, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.011>
 17. Torrisi L.; Silipigni L.; Restuccia N.; Cuzzocrea S.; Cutroneo M.; Barreca F.; Fazio B.; Di Marco G.; Guglielmino S. (2018). Laser-generated bismuth nanoparticles for applications in imaging and radiotherapy. *Journal of Physical Chemistry Solids*, 119, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2018.03.034>
 18. Gomez C.; Hallot G.; Port M. (2018). Inorganic frameworks as smart nanomedicines Chapter 10 Bismuth metallic nanoparticles. Edited by Alexandru Mihai Grumezescu, William Andrew. Applied Science Publishers, London, UK. pp. 449-487. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813661-4.00010-9>
 19. Mugunthan E., Saidutta M. B., & Jagadeeshbabu P. E. (2019). Photocatalytic degradation of diclofenac using TiO₂-SnO₂ mixed oxide catalysts. *Environmental Technology*, 40, 929-941. <https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1411398>
 2. Begum N. A. et al. (2020). Green synthesis of bismuth nanoparticles from Nerium oleander leaf extract and their applications. *Materials Today: Proceedings*, 33, 63-68.
 3. Jena J. et al. (2019). Biogenic synthesis of bismuth oxide nanoparticles using Aloe barbadensis miller (Aloe vera) leaf extract and their antifungal evaluations. *Journal of Cluster Science*, 30(6), 1467-1476.
 4. Rathi B.S.; Bodhankar S.L.; Baheti A.M. (2006). Evaluation of aqueous leaves extract of Moringa oleifera Linn for wound healing in albino rats. *Indian Journal of Experimental Biology*, 44, 898-901.
 5. Sadeghi B. (2017). One-pot synthesis of Ag/Fe₃O₄ nanocomposite: Preparation, haracterization and efficient catalyst. *J. Adv. Mater. Process.* 5(3), 82-92.
 6. Sadeghi B.; Vahdati R.A.R. (2012). Comparison and SEM-characterization of novel solvents of DNA/carbon nanotube. *Applied surface science.* 258(7), 3086-3088 <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.11.042>
 7. Pourjafari M.; Ghane M; Kaboosi H; Sadeghi B. (2022). Antibacterial properties of Ag-Cu alloy nanoparticles against multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* through inhibition of quorum sensing pathway and virulence-related genes. *Journal of Biomedical Nanotechnology.* 18(4); 1196-1204. <https://doi.org/10.1166/jbn.2022.3331>
 8. Khodadad H, Hatamjafari F, Pourshamsian K. (2021). Microwave-assisted synthesis of novel pyrazole derivatives and their biological evaluation as anti-bacterial agents. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening.* 24(5); 695-700. <https://doi.org/10.2174/1386207323666201019152206>
 9. Ogbe A.O.; Affiku J.P. (2011). Proximate study, mineral, and anti-nutrient composition of Moringa oleifera leaves harvested from Lafia, Nigeria: potential benefits in poultry nutrition and health. *Journal of Microbiology, Biotechnology, and Food Sciences*, 1(3), 296-308.
 10. Siddhuraju P.; Becker K. (2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2144-2155. <https://doi.org/10.1021/jf020444+>
 11. Suwantong O.; Pankongadisak P.; Deachathai S.; Supaphol P. (2014). Electrospun poly(l-lactic acid) fiber mats containing crude *Garcinia mangostana*

- 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.02.007>
29. Sachiko Kaihara, Nitta and Keiji Numata (2013). International Journal of Molecular Sciences, 14, 1629-1654. <https://doi.org/10.3390/ijms14011629>
30. Rodríguez-Pérez C.; Quirantes-Piné R.; Fernández-Gutiérrez A.; Segura-Carretero (2015). Optimization of extraction method to obtain a phenolic compounds-rich extract from Moringa oleifera Lam leaves. Industrial Crops and Products, 66, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.002>
31. Torrisi L.; Silipigni L.; Restuccia N.; Cuzzocrea S.; Cutroneo M.; Barreca F.; Fazio B.; Di Marco G.; Guglielmino S. (2018). Laser-generated bismuth nanoparticles for applications in imaging and radiotherapy. Journal of Physical Chemistry Solids, 119, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jpics.2018.03.034>
32. Reverberi A.P.; Varbanov P.S.; Lauciello S.; Salerno M.; Fabiano B. (2018). An eco-friendly process for zerovalent bismuth nanoparticles synthesis. Journal of Cleaner Production, 198, 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.011>
33. Vongsak B.; Sithisarn P.; Gritsanapan W. (2013). Simultaneous HPLC quantitative analysis of active compounds in leaves of Moringa oleifera Lam. Journal of Chromatographic Science, 16-23. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmt093>
34. Mohanta Y.K.; Panda S.K.; Jayabalan R.; Sharma N.; Bastia A.K.; Mohanta T.K. (2017). Antimicrobial, antioxidant, and cytotoxic activity of silver nanoparticles synthesized by leaf extract of Erythrina suberosa (Roxb.). Frontiers in Molecular Biosciences, 4, 14. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2017.00014>
35. Ahmed S.; Ahmad M.; Swami B.L.; Ikram S. (2016). A review on plant extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. Journal of Advanced Research, 7, 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.02.007>
36. Shushay Hagos Gebre, Marshet Getaye Sendeku (2019). New frontiers in the Biosynthesis of Metal Oxide Nanoparticles & their environmental applications: an overview. SN Applied Sciences, 1:928. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0931-4>
37. Hoseyni S.J., Manoochehri M., and Asli M.D. (2017). Synthesis of cobalt nanoparticles by complex demolition method using the reaction between organic ligand Schiff base and cobalt chloride by ultrasonication. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, 86, 325-331. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.6748>
38. Kumari P., Kumar H., Kumar J., Sohail M, Singh
20. Lia R. et al. (2020). In situ reorganization of Bi₃O₄Br nanosheet on the Bi₂₄O₃₁Br₁₀ ribbon structure for superior visible-light photocatalytic capability. Separation and Purification Technology, 247, 117007. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117007>
21. Cheng G., Xiong J., & Stadler F. J. (2013). Facile template-free and fast refluxing synthesis of 3D desert rose-like BiOCl nanoarchitecture with superior photocatalytic activity. New Journal of Chemistry, 37, 3207-3213. <https://doi.org/10.1039/c3nj00413a>
22. Dogra N.; Choudhary R.; Kohli P.; Haddock J.D.; Makwana S.; Horev B.; Vinokur Y.; Droby S.; Rodov V. (2015). Polydiacetylene nanovesicles as carriers of natural phenylpropanoids for creating antimicrobial food-contact surfaces. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 63, 2557-2565. <https://doi.org/10.1021/jf505442w>
23. Ravichandran M.; Hettiarachchy N.S.; Ganesh V.; Ricke S.C.; Singh S. (2011). Enhancement of antimicrobial activities of naturally occurring phenolic compounds by nanoscale delivery against Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157, and Salmonella Typhimurium in broth and chicken meat system. Journal of Food Safety, 31, 462-471. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2011.00322.x>
24. Park Y. (2014). A new paradigm shifts for the green synthesis of antibacterial silver nanoparticles utilizing plant extracts. Journal of the Korean Society for Toxicological Research, 30(3), 169-178. <https://doi.org/10.5487/TR.2014.30.3.169>
25. Malka E.; Perelshtein I.; Lipovsky A.; Shalom Y.; Naparstek L.; Perkas N.; Patick T.; Lubart R.; Nitzan Y.; Banin E.; Gedanken A. (2013). Eradication of multi-drug resistant bacteria by a novel Zn-doped CuO nanocomposite. Small, 9, 4069-4076. <https://doi.org/10.1002/sml.201301081>
26. Parveen A.; Roy A.S.; Rao S. (2012). Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles from Cassia auriculata leaf extract and in vitro evaluation of antimicrobial activity. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, 3(2), 222-228.
27. Gavhane A.J.; Padmanabhan P.; Kamble S.P.; Jangle S.N. (2012). Synthesis of silver nanoparticles using the extracts of neem leaf and triphala and the evaluation of their antimicrobial activities. International Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 3, 88-100.
28. Ahmed S.; Ahmad M.; Swami B.L.; Ikram S. (2016). A review on plant extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. Journal of Advanced Research, 7,

- monitoring. *Env Sci-Nano.*; 7:2195-213. <https://doi.org/10.1039/D0EN00449A>
40. Miri M., (2024), Green synthesis of silver nanoparticles from three macroalgae species *Ulva lactuca*, *Ulva Flexuosa*, and *Padina australis*. *Nanomeghyas*. 11: 80-85.
- K, Prasad K.)2019(Biosynthesized bismuth oxide nanoparticles control the growth of *Aspergillus flavus* and its aflatoxin production. *International Journal of Nano Dimension*;10(4):320-329.
39. Liu B, Zhuang J, Wei G. (2020) Recent advances in the design of colorimetric sensors for environmental