

# سنز و ارزیابی عملکرد نانوذرات پایه لیسیدحاوی عصاره زنجبیل علیه گونه‌های آسپرژیلوس

وحید یخچی<sup>۱</sup>، شبنم جهانی‌زاده<sup>۲</sup>، فاطمه یزدیان<sup>۳</sup>، حمیدراشدی<sup>۴\*</sup>، بی‌بی‌فاطمه حقیرالسادات<sup>۵\*</sup>

## مقاله پژوهشی

**مقدمه:** بارگذاری مواد موثره گیاهان دارویی در نانوحامل‌های لیپیدی باعث کاهش واکنش ماده فعال گیاه با محیط اطراف مانند آب و اکسیژن شده و شدت انتقال یا تبخیر به محیط بیرون را تقلیل می‌دهد. در این مطالعه، به منظور ارتقاء اثرگذاری عصاره زنجبیل، بارگذاری این عصاره در نانولیپونیوزوم ساخته شده به روش هیدراتاسیون لایه نازک صورت گرفت و اثر ضد قارچی آن بر رشد قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس مورد بررسی قرار گرفت.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی، استخراج عصاره با استفاده از روش سوکسله انجام شد. فعالیت ضد قارچ عصاره زنجبیل با روش‌های پخش دیسک و رقت ریزگردها بررسی شد. اثر مهار عصاره بررسی شد. شاخص‌های فیزیکیوشیمیایی و خصوصیات ساختاری نانوذرات از نظر بازده درون‌گیری، منحنی رهائش دارو، سایز نانوذرات، پتانسیل زتا، مورفولوژی سطح، طیف FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) و DLS (Dynamic light scattering) تعیین گردید.

نتایج: بررسی‌های FTIR نشان داد عصاره زنجبیل و نانولیپونیوزوم هیچ‌گونه تعامل شیمیایی که منجر به تغییر گروه‌های عاملی شود، نداشتند. تصاویر SEM مورفولوژی کروی ذرات و میانگین اندازه ذرات ۷۳ nm را نشان داد. عصاره زنجبیل با بازده از ۷۱٪ ندرن نانولیپونیوزوم بارگذاری شد. هم‌چنین مشخص شد عصاره زنجبیل اثر ضد قارچی قوی‌تری نسبت به قارچ آسپرژیلوس فلاووس در برابر قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس دارد. در دو دمای ۳۷ C و ۴۳ C، میزان رهائش عصاره زنجبیل در pH ۴/۵ در مقایسه با pH ۷/۴ بالاتر بود. نتیجه‌گیری: نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل با برخورداری از ویژگی‌های مناسب فیزیکیوشیمیایی، افزایش پایداری دارو و کنترل خوب رهائش، می‌تواند یک عامل ضد قارچ امیدوار کننده با اثرات ضد قارچ بالا و عوارض جانبی کم باشد.

**واژه‌های کلیدی:** عصاره زنجبیل، نانولیپونیوزوم، آسپرژیلوس فلاووس، آسپرژیلوس پارازیتیکوس، ضد قارچ

**ارجاع:** یخچی وحید، جهانی‌زاده شبنم، یزدیان فاطمه، راشدی حمید، حقیرالسادات بی‌بی‌فاطمه. سنز و ارزیابی عملکرد نانوذرات پایه لیسیدحاوی عصاره زنجبیل علیه گونه‌های آسپرژیلوس. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد ۱۳۹۹؛ ۲۸ (۶): ۸۰-۲۷۶۶.

۱- مربی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۲- دکترای تخصصی، شیمی کاربردی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

۳- استادیار، گروه مهندسی علوم زیستی، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۵- استادیار، مرکز نانو تکنولوژی و مهندسی بافت، پژوهشکده علوم تولیدمثل یزد، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران.

\* (نویسنده مسئول): تلفن: ۰۹۱۳۲۵۰۷۱۵۸، پست الکترونیکی: Fhaghrosadat@gmail.com، صندوق پستی: ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵

قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس و تولید سم توسط آن‌ها دارد (۹). محمدی و همکاران، خاصیت ضد قارچی عصاره گیاه رزماری و تاثیر آن در بیان ژن آفلاتوکسین قارچ اسپرژیلوس فلاووس با استفاده از روش PCR Time-Real را ارزیابی کردند. طبق نتایج به‌دست آمده، عصاره رزماری می‌تواند رشد قارچ‌ها را مختل نماید و تاثیر مهارکنندگی بر بیان ژن و تولید آفلاتوکسین در قارچ اسپرژیلوس فلاووس دارد (۱۰). زنجبیل نیز جزء گیاهان دارویی مهم می‌باشد که از شاخه کورکومین است و از ریشه گیاهان *Zingiber officinale* می‌باشد. جنس زنجبیل سرده‌ای از تیره زنجبیلیان علفی ایستاده چندساله با حدود ۷۰ گونه بومی آسیای جنوب شرقی است با ساقه باریک و نی‌مانند و برگ‌های سرنیزه‌ای سبز براق که از زمین‌ساقه‌ای غده‌ای می‌رویند؛ گل‌های آن‌ها سبز مایل به زرد با لبه‌ای ارغوانی و لکه‌های کرم‌رنگ و گل‌آذین مخروطی و کوچک و سنبله‌ای مترکم است که در تابستان از زمین ساقه بیرون می‌زند (۱۱). اگرچه از زنجبیل به‌عنوان ریشه آن گیاه نام برده می‌شود اما در اصل قسمت مورد استفاده گیاه، ساقه متورم شده زیرزمینی آن (ریزوم) است (۱۲). ریزوم خشک زنجبیل واحد ۶۰-۴۰٪ نشاسته، ۱۰٪ پروتئین، ۱۰٪ چربی، ۵٪ فیبر، ۶٪ مواد معدنی، ۴-۱٪ روغن فرار، ۵-۸٪ ماده رزینی و موسیلاژ است. زنجبیل اثرآنتی‌اکسیدانی داشته هم‌چنین دارای خاصیت ضد دردی و ضد باکتریایی بوده و در درمان استفراغ، نفخ، سوء هاضمه، کولیک، درد شکم، اسهال، اسپاسم و دیگر اختلالات عضلات صاف، سرماخوردگی، آنفلونزا و به‌عنوان ضدالتهاب در رماتیسم استفاده می‌شود (۱۳). شعاعی و همکاران اثر ضد قارچی عصاره های مریم نخودی و زنجبیل را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، عصاره گیاه زنجبیل در مقایسه با مریم نخودی دارای اثر ضد قارچی بیشتری است (۱۴). با وجود تمامی این مزایا، کاربرد ترکیبات گیاهی با چالش‌های جدی از جمله، اثرگذاری نامطلوب بر ارگان‌های غیرهدف و اکسید شدن برخی از مواد موثره روبرو است. در این میان فناوری نانو با ساخت و تهیه نانو حامل‌های دارویی از جمله لیپوزوم و نیپوزوم توانسته بسیاری از

قارچ‌ها از عوامل بیولوژیک مهم دخیل در فساد مواد غذایی هستند و با تولید سموم مختلف، از عوامل تهدید کننده جدی سلامت انسان می‌باشند (۱،۲). اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس از جمله قارچ‌های رشته‌ای هستند که روی انواع کثیری از مواد آلی فاسدشدنی یافت می‌شوند (۳). ظهور گونه‌های قارچی مقاوم و نیز عوارض جانبی نسبتاً زیاد داروهای ضدقارچی، محققین را به گسترش روش‌های جدید درمانی بر ضد قارچ‌ها وادار کرده است (۴). داروهای گیاهی به‌علت داشتن منشاء طبیعی نسبت به داروهای شیمیایی دارای سازگاری بیشتری با ارگانسیم‌های زنده از جمله بدن انسان هستند (۵). استفاده از گیاهان دارویی و عصاره آن‌ها به‌دلیل عدم عوارض جانبی، در دسترس بودن آن‌ها و هم‌چنین قیمت نسبتاً پایین آن‌ها در حال گسترش است. با توجه به محدود بودن و گران بودن داروهای ضد قارچی موجود در بازار و اثرات سوء شیمیایی و هم‌چنین ایجاد مقاومت دارویی، می‌توان به‌عصاره گیاهان به‌عنوان داروی موثر ضد قارچی اعتماد داشت. از آنجایی که مصرف عصاره‌های گیاهی هیچگونه تاثیر منفی به جای نمی‌گذارد، می‌توان شرایط آزمایشگاهی برون تن را به‌شرایط بدن یا درون تن تعمیم داد (۶). طی تحقیقات مختلف گزارش شده عصاره‌ها و پودرهای انواع مختلف گیاهان دارویی و روغن‌های استخراج شده از آن‌ها، دارای فعالیت ضد قارچی هستند و استفاده از آن‌ها به‌عنوان ترکیبات سودمند در جوامع کنونی مورد استقبال قرار گرفته است (۷). خواص ضد قارچی متعددی در خصوص اثرات ضدقارچی عصاره‌های آبی شوید *Anethum graveolens*، *Coriandrum*، گشنیز *Thymus vulgaris* و گل محمدی *Rosa damascena* روی برخی از گیاهان مانند عصاره کلالة زعفران، گیاه خرزهره، اکالیپتوس، پیاز، دارچین، زردچوبه، مریم‌گلی، نعناع و همیشه بهار به اثبات رسیده است (۸). موثرترین ترکیبات ضدقارچی به‌ترتیب شامل عصاره‌های آبی شوید، آویشن، گشنیز و در نهایت گل محمدی بودند. منیره و همکاران طی مطالعه‌ای نشان دادند که اسانس روغنی پونه توانایی بالایی در کنترل رشد

کمتر، عدم ایجاد مقاومت، طعم مطبوع تر و استفاده راحت تر، جهت استفاده از عصاره‌های بابونه و زنجبیل نیاز به استفاده از غلظتی بیشتر از این عصاره ها نسبت به نیستاتین می باشد (۲۲) قدرتی و همکاران اثرات ضدسرطانی نانوذرات ساماریوم سنتز شده به کمک عصاره زنجبیل روی سلول‌های سرطانی را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد نانوذرات ساماریوم سنتز شده به کمک عصاره زنجبیل می‌تواند به‌عنوان دارویی جدید در درمان سرطان کولورکتال در آینده‌ای نزدیک استفاده شود (۲۳). با توجه به خواص متعدد گیاه زنجبیل، بررسی اثر این گیاه بر رشد قارچ اسپرژیلوس و توانایی تولید سم آن‌ها، جهت اثبات اثر و متعاقباً گسترش استفاده از این گیاهان در کنترل آلودگی مواد غذایی به این قارچ و سم مهلک آن و ممانعت از بروز مسمومیت‌های غذایی ضرورت دارد. پژوهش حاضر با هدف سنتز نانوحامل نوین لیپونیزوم حاوی عصاره زنجبیل و بررسی اثرات ضدقارچی آن انجام گرفته است. در طی آن، فرمولاسیون اولیه از نقطه نظر الگوی رهایش دارو بررسی شده است.

### روش بررسی

در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی، سوش استاندارد قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس (PTCC 5006) و اسپرژیلوس پارازیتیکوس (PTCC 5018) از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه گردید. ایزوپروپانول، فسفولیپید DPPC، کلسترول، اسپن-۶۰، اتانول مطلق ۹۹٪، بافر با PH ۷/۴، محیط کشت برات BHI و سرم فیزیولوژی (PBS) به صورت خالص از شرکت مرک آلمان تهیه شده است. دستگاه طیف سنجی تبدیل فوریه مادون‌قرمز (FT-IR) مدل ۱۰۰۳۰۰۶، ساخت شرکت PerkinElmer Spectrum، میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل KYKY\_EM۳۲۰۰ برای بررسی مورفولوژی نانوکامپوزیت، اسپکتروفوتومتر مدل PG Instrument، دستگاه تفرق نور دینامیک و زتاپتانسیل مدل Nano zetazizer ساخت شرکت Malvern Instrument برای اندازه‌گیری متوسط اندازه ذرات نانوکامپوزیت و اندازه بار ذرات اسپکتروفوتومتر مدل PG Instrument و دستگاه گریز از مرکز

مشکلات یاد شده را کاهش داده و یا برطرف نماید (۱۵). ترکیبات زیست فعال و فرار موجود در زنجبیل مانند جینجرول و شوگاول در برابر نور، حرارت و اکسیداسیون حساس بوده و از بین می‌روند، بنابراین برای حفاظت بیشتر از این ترکیبات و کنترل رهایش ترکیبات زیست فعال از نانوحامل‌های لیپیدی مانند لیپوزوم و نیوزوم به‌منظور انکپسوله کردن مواد زیست‌فعال استفاده می‌شود. لیپوزوم‌ها ساختارهای کروی هستند که از دولایه فسفولیپیدی ساخته شده‌اند که در هسته مرکزی خود یک فضای آبی را احاطه نموده‌اند. شباهت لیپوزوم با غشای سلول، سمیت سلولی پایین، تنوع و سهولت روش‌های تولید آن، لیپوزوم را به سامان‌های مطلوب در دارورسانی تبدیل کرده است. لیپوزوم‌ها توانایی به‌دام‌اندازی داروهای هیدروفیل در فضای مایی و هیدروفوب در میان دو لایه لیپیدی خود را دارند (۱۶ و ۱۷). نیوزوم‌ها ذرات کلوئیدی می‌باشند که از تجمع سورفاکتانت‌های غیریونی در محیط آبی تشکیل می‌شوند و ایجاد ساختاری لایه لایه با خاصیت آب‌دوستی و آب‌گریزی می‌کنند بنابراین نیوزوم‌ها، ظرفیت به دام انداختن ترکیبات با حلالیت متفاوت را دارند (۱۸). نیوزوم‌ها زیست تخریب‌پذیر، زیست‌سازگار و غیر سمی هستند و قادر به محصور کردن مقدار زیادی از مواد در حجم نسبتاً کمتری از وزیکول‌های دیگر را دارند (۱۹). طراحی آسان، غیر ایمونوژن بودن، انعطاف‌پذیری بالا، آهسته رهش بودن و غیره، بخشی از مزایای نیوزوم‌ها است که آن را به یکی از مهم‌ترین سیستم‌های دارورسان مبدل کرده است (۲۰). به‌کارگیری روش‌های نوین در هدفمند ساختن داروها و اثرگذاری آن‌ها بر بخش‌های مشخص اهمیت فراوان دارد. انتقال هدفمند دارو و رهایش آن از کاربردهای لیپوزوم‌ها است. لیپوزوم‌ها در انتقال داروهای ضدسرطان، ضدقارچ‌ها، باکتری‌کش‌ها، ضدویروس‌ها، آنزیم‌ها و واکسن‌ها استفاده شده‌اند (۲۱). در این زمینه، عباسی و همکاران اثر ضد قارچی گیاهان بابونه و زنجبیل علیه گونه‌های کاندیدا را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد، استفاده از اسانس زنجبیل جهت مهار رشد قارچ مورد مطالعه موجه به نظر می‌رسد. هم‌چنین با توجه به مزایای عصاره و اسانس‌های گیاهی از جمله عوارض

نمونه‌های لیوفیلیزه با استفاده از دستگاه طیف سنج ثبت شد. یک میلی‌گرم از هر نمونه در یک هاون همراه با پتاسیم برمید پودر شد و با ضخامت ۰/۱ سانتی‌متر روی صفحه قرار گرفت. طیف در محدوده  $400-4500 \text{ cm}^{-1}$  مشاهده شد. ویژگی‌های مورفولوژی سطح نانولیپونیوزوم با استفاده از میکروسکوپ الکترونی رویشی مشخص شد. به این منظور، مقدار  $25 \mu\text{l}$  از نمونه لیپونیوزومی بر روی یک لام ریخته و محلول در مجاورت هوا خشک شد. نمونه‌ها چند ثانیه با طلا پوشش داده شده تا رسانا شوند. سپس مورفولوژی سطح نانوحامل‌ها (زبری، شکل، صافی و توده‌ای شدن) با استفاده از دستگاه SEM با قدرت  $100 \text{ Watt}$  بررسی گردید. بارسطحی، پتانسیل زتای نانولیپونیوزوم‌های حامل عصاره، شاخص پراکندگی و سایز آن‌ها، با استفاده از دستگاه زتا سایزر شرکت Brookhaven Instruments Corp اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری DLS لیپونیوزوم در زاویه پراکندگی  $90^\circ$  و تابش نور لیزر با طول موج  $657 \text{ nm}$  در دمای  $25^\circ \text{C}$  صورت گرفت. نمونه مورد استفاده به صورت رقیق شده در غلظت  $0.1 \text{ mg/ml}$  آماده گردید و بلافاصله پس از آماده‌سازی اندازه‌گیری صورت گرفت. برای تعیین بار سطحی به  $1500 \mu\text{l}$  با غلظت  $0.1 \text{ mg/ml}$  نیاز است (۲۶).

#### تعیین مقدار بارگذاری زنجبیل در نانولیپونیوزوم

جهت تعیین مقدار زنجبیل بارگذاری شده در نانولیپونیوزوم، ابتدا جداسازی عصاره انکپسوله نشده انجام گرفت، برای این منظور نانولیپونیوزوم را بعد از کاهش سایز وارد کیسه دیالیز نموده و در بشر حاوی  $200$  برابر حجم لیپونیوزوم مدت  $1$  ساعت در دمای  $4^\circ \text{C}$  روی استیرر تنظیم گردید. سپس نانولیپونیوزوم‌های ساخته شده را با نسبت‌های حجمی  $1:10$ ،  $1:50$ ،  $1:100$  و  $1:200$  با ایزوپروپیل مخلوط کرده تا دیواره لیپیدی اطراف زنجبیل شکسته شود و عصاره آزاد گردد، سپس با استفاده از روش طیف‌سنجی نوری در طول موج  $235 \text{ nm}$  غلظت زنجبیل انکپسوله شده تعیین گردید. برای تعیین درصد بارگذاری زنجبیل در نانولیپونیوزوم از منحنی استاندارد زنجبیل و رابطه زیر استفاده شد (۲۷).

$$\text{مقدار عصاره زنجبیل محصور شده} \\ (\%) = \frac{\text{مقدار عصاره زنجبیل اولیه}}{\text{مقدار عصاره زنجبیل محصور شده}} \times 100$$

مدل Sigma جهت سانتریفوژ کردن ذرات نانوکامپوزیت، مورد استفاده قرار گرفت. عصاره‌گیری به روش سوکسله: ابتدا ریزوم گیاه زنجبیل تهیه شده توسط متخصص گیاه‌شناس مورد شناسایی علمی قرار گرفت.  $50 \text{ gr}$  ریزوم گیاه ابتدا به قطعات کوچکی به ضخامت  $3 \text{ mm}$  درآورده و بعد آن را در سایه قرار داده تا کاملاً خشک شود. پس از خشک شدن توسط آسیاب برقی ریزوم به صورت پودر در آمد. پودر ریزوم به مدت  $12$  روز در الکل  $80\%$  قرار داده شد تا تمام مواد موثره آن در الکل حل و خارج گردد. پس از گذشت زمان فوق محتویات ظرف به وسیله کاغذ صافی واتمن  $42$  میکرون صاف گردید و محلول به دست آمده توسط دستگاه روتاری و در دمای  $50^\circ \text{C}$  و  $60 \text{ rpm}$  تغلیظ شد. عصاره گیاه در شیشه‌های در بسته اتوکلاو شده ریخته و اطراف شیشه‌ها فویل آلومینیومی پیچیده شد و در دمای  $4^\circ \text{C}$  نگهداری گردید (۲۴).

#### سنتز لیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل

لیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل به روش آب‌پوشانی لایه نازک و با نسبت مولی ( $\text{DPPC}\%$ ، کلسترول، اسپن-۶۰)  $20:16:64$  تهیه گردید، که خلاصه بدین شرح است: ابتدا فسفولیپید DPPC، کلسترول، اسپن-۶۰ و عصاره زنجبیل در حلال کلروفرم و در دمای  $50^\circ \text{C}$  روی روتاری حل شده و تحت شرایط خلاء، فیلم نازک خشک تهیه گردید. سپس عمل هیدراته کردن با افزودن مقدار مشخصی آب مقطر استریل، طی مدت  $45$  دقیقه و دمای  $60^\circ \text{C}$  انجام گردید. سپس نانوذرات تهیه شده توسط سونیکیت حمامی با فرکانس  $28 \pm 0.5 \text{ KHz}$  به مدت  $60$  دقیقه کاهش سایز داده شد. برای جداسازی ذرات بزرگتر از کوچکتر از فرایند فیلتراسیون محلول استفاده می‌شود (۲۵).

بررسی و شناسایی سامانه‌ی لیپونیوزومی حاوی عصاره زنجبیل بررسی گروه‌های عاملی و تعامل بالقوه میان سامانه لیپونیوزومی و عصاره زنجبیل توسط طیف‌سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز در دمای اتاق انجام گرفت. برای این منظور حامل‌های لیپونیوزومی با سانتریفوژ از سوسپانسیون جدا شده و محلول اضافی تبخیر گردید. طیف FT-IR از لیپونیوزوم فاقد عصاره زنجبیل و لیپونیوزومی حاوی عصاره زنجبیل بر روی

$$\times 100 = \frac{\text{قطر کلنی تیمار شده - قطر کلنی کنترل}}{\text{قطر کلنی کنترل}} = \text{میزان مهار رشد قارچ}$$

## تهیه بذر میکروبی

هر دو گونه آسپرژیلوس در محیط کشت اختصاصی ساپرو دکستروز آگار (Potato Dextrose Agar (PDA) به صورت انبوه کشت شد و از محیط کشت عصاره گیری شده و با روش HPLC و اسپکتوفوتومتری (جذب نوری 450nm) تولید توکسین سنجیده شد (28). برای فعال سازی مجدد و اسپورزایی سوبه استاندارد هر دو قارچ، در شرایط استریل زیر هود و در کنار شعله قارچ‌ها روی محیط کشت ساپرو دکستروز آگار به اضافه کلرامفنیکل کشت داده شدند. محیط کشت مدت 7 روز در دمای 28°C انکوبه شد تا به مقدار کافی اسپورزایی انجام گیرد. بعد از رشد انبوه و اسپورزایی قارچ‌ها، با افزودن 0/9g/L سدیم کلراید به 1 لیتر آب مقطر، سرم فیزیولوژی حاصل به همراه توئین 80 به محیط کشت اضافه شد و با ایجاد خراش در شرایط استریل روی محیط کشت سوسپانسیون قارچ‌ها به دست آمد. سوسپانسیون از کاغذ صافی برای جلوگیری از عبور مسیلیوم‌های قارچ عبور داده شد و توسط لام نئوبار و زیر میکروسکوپ شمارش اسپورها انجام گردید.

## بررسی فعالیت ضد قارچی

به منظور بررسی فعالیت ضد قارچی عصاره خالص زنجبیل استخراج شده توسط حلال‌های مختلف و نانولیپونیوزوم حاوی عصاره، از روش انتشار دیسک Agar Plate Diffusion استفاده گردید (29). غلظت‌های 0، 2، 20، 200، 2000 میکرولیتر بر 20 میلی‌لیتر از عصاره‌ها به محیط کشت مذاب که حرارت آن در داخل پلیت‌ها به 70-60°C رسیده بود اضافه گردید و سپس مخلوط شدند. بعد از جامد شدن محیط‌های کشت، پلاک‌هایی از قارچ‌های کشت داده شده از سوبه‌های استاندارد در مرکز هر پلیت مربوط به غلظت‌های مختلف عصاره، به صورت نقطه‌ای قرار داده شد و کشت‌ها به مدت 7 روز در دمای 28°C، انکوبه شدند. برای هر یک از تیمارها، 3 تکرار گذاشته شد. در پایان روز هفتم، میزان رشد شعاعی قارچ‌ها بر حسب سانتیمتر گزارش گردید و داده‌ها در هر تیمار مورد آنالیز قرار گرفت. مهار رشد قارچی باتوجه به رابطه 2 مورد تحلیل قرار گرفت (30).

اثر نانولیپونیوزوم حاوی غلظت‌های مختلف عصاره زنجبیل، غلظت‌های مختلف عصاره خالص و غلظت‌های مختلف آمفوتریسین B بر مهار رشد قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس با یکدیگر مقایسه شده است.

## تعیین حداقل غلظت مهارکننده (MIC)

بر اساس پروتکل مرجع CLSI روش میکروپلیت دایلوژن و پلیت 96 خانه جهت تعیین MIC نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل و عصاره خالص زنجبیل استفاده شد. کشت 7 روزه قارچ در محیط کشت اختصاصی ساپرو دکستروز آگار در دمای 28°C و 150rpm تهیه شد. به منظور تعیین MIC نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل، به همه 96 خانه 100 µl محیط کشت ساپرو دکستروز آگار حاوی سوسپانسیون قارچ معادل غلظت نیم مک فارلند تهیه شده اضافه شد، سپس به چاهک اول 100 µl نانولیپونیوزوم حاوی عصاره اضافه و کاملاً سمپلینگ گردید و از آن 100 µl برداشته به چاهک بعدی اضافه شد. کار به همین ترتیب تا شماره 10 ادامه یافت. شماره 11 آمفوتریسین B به عنوان کنترل مثبت و 100 µl محیط کشت دارای اسپور قارچ و شماره 12 (شاهد) حاوی 100 µl عصاره خالص برای مشاهده جذب نوری عصاره بود. سپس پلیت 96 چاهکی مدت 48 ساعت در 37°C انکوبه شد. هم‌چنین برای عصاره خالص زنجبیل این مراحل نیز انجام شد. در پایان MIC نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل و MIC عصاره زنجبیل خالص با MIC آمفوتریسین B مقایسه گردید. جذب نوری تمامی میکروپلیت‌ها در طول موج 545nm دستگاه الیزاریدر خوانده شد (7).

## تعیین حداقل غلظت کشندگی قارچ (MFC) minimum

## fungicidal concentration

برای محاسبه MFC نانولیپونیوزوم حاوی غلظت‌های مختلف عصاره و عصاره خالص، از پلیت 3 خانه استفاده شد. زیر هود در شرایط استریل، از چاهک MIC به قبل حدود 10 µl از محتویات داخل چاهک‌ها بر روی محیط Sabrouard dextrose agar SC داخل پلیت 3 خانه تقسیم شده است، ریخته شد. دور

مشخص است، طیف دارای پیک‌های شاخص زیادی از جمله  $1638/55$ ،  $1096/55$ ،  $695/14$   $\text{cm}^{-1}$  و  $3426/93$  می‌باشد که به ترتیب نمایانگر گروه‌های شیمیایی C-H، C-O، Ar C-C و OH است. همچنین بررسی طیف FT-IR نانولیپونیوزوم فاقد عصاره و دارای عصاره زنجبیل نشان می‌دهد که با انکپسوله شدن عصاره زنجبیل درون نانولیپونیوزوم، پیک‌های  $1638/55$ ،  $1096/55$ ،  $1639/46$  و  $1087/30$ ،  $722/09$   $\text{cm}^{-1}$  جایگزین شده است که این تغییرات (شیفت) نشان از کپسوله شدن عصاره زنجبیل درون نانوسامانه است. طبق مطالعه نصیرزاده و همکاران در بررسی ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی نانونیوزوم‌های حامل عصاره زنجبیل، طیف-سنج FTIR روی نانونیوزوم حاوی عصاره نشان داد که هیچ پیوند شیمیایی بین نانوحامل نیوزوم و عصاره زنجبیل رخ نداده و پیوند تنها پیوند فیزیکی می‌باشد (۳۱).

بررسی تصویر میکروسکوپ SEM نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل

شکل ۲، نانولیپونیوزوم فاقد عصاره زنجبیل و شکل ۳ نانولیپونیوزوم حاوی ۱٪ عصاره زنجبیل (فرمولاسیون بهینه) دارای سطحی صاف و هموار را نشان می‌دهد که از ویژگی ظاهری مطلوبی برخوردار است و با برخورداری از مورفولوژی کروی، دارای توزیع مناسب است. در مطالعه‌ای مشابه، ویژگی‌های کلئیدی و آنتی‌اکسیدانی نانونیوزوم‌های حامل عصاره زنجبیل بررسی شد و تصاویر میکروسکوپ SEM تشکیل ذرات کروی در اندازه نانو را تایید کرد (۳۱).

پلیت‌ها با پارافیلیم پوشیده و به مدت ۷۲ ساعت در دمای  $35^{\circ}\text{C}$  انکوبه شد. کمترین غلظتی از نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص که رشد قارچی را نشان ندهد به عنوان MFC گزارش شد. در پایان MFC نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل و MFC عصاره زنجبیل خالص با MFC آمفوتریسین B مقایسه گردید.

### بررسی روند رهائش عصاره زنجبیل

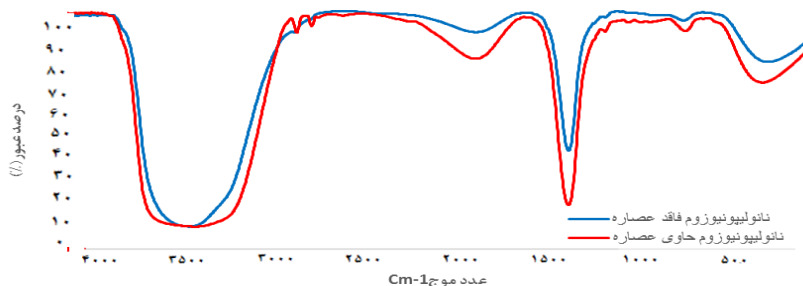
تعیین میزان رهائش عصاره زنجبیل از نانولیپونیوزوم با تکنیک انتشار انجام شد. برای این منظور از محلول PBS و دو دمای  $37^{\circ}\text{C}$  و  $43^{\circ}\text{C}$  استفاده شد. ابتدا مقدار ۱ ml از محلول نانولیپونیوزومی حاوی ۱٪ عصاره (فرمولاسیون بهینه نانولیپونیوزوم) درون کیسه دیالیز قرار گرفت. سپس با قرار دادن کیسه دیالیز درون محیط ایزوله (فالكون استریل و بسته) حاوی ۱۰ ml بافر با دو pH مختلف (pHهای ۷/۴ و ۵) در حمام آب  $37^{\circ}\text{C}$  و  $43^{\circ}\text{C}$  استیر شد. بررسی رهائش عصاره در ۱۱ دوره زمانی صورت گرفت. در این فواصل زمانی، ۱ ml از محیط اطراف کیسه دیالیز نمونه برداری شده و با حجم معادل از محیط بافر PBS تازه جایگزین شد. سپس غلظت‌های آزاد شده عصاره توسط طیف‌سنجی نوری در طول موج ۲۳۵ nm تعیین گردید. با بهره‌گیری از معادله کالبراسیون عصاره در بافر PBS، درصد رهائش عصاره زنجبیل به دست آمد (۲۵، ۲۷).

### نتایج

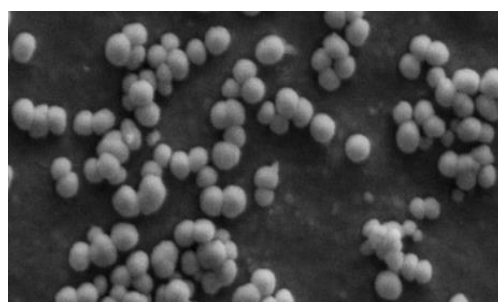
#### مشخصه‌یابی نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل

#### اسپکتروسکوپی تبدیل فوریه مادون قرمز

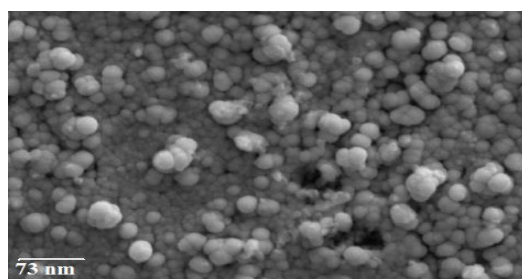
طیف FT-IR نانولیپونیوزوم فاقد زنجبیل و نانولیپونیوزوم حاوی ۱٪ زنجبیل (فرمولاسیون بهینه) در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل



شکل ۱: نمودار FTIR نانولیپونیزوم فاقد عصاره و نانولیپونیزوم حاوی ۱٪ عصاره زنجبیل



شکل ۲: تصویر SEM با مورفولوژی کروی شکل و توده‌ای از نانولیپونیزوم فاقد عصاره زنجبیل



شکل ۳: تصویر SEM با مورفولوژی کروی شکل و دارای ساختار متراکم جامد از نانولیپونیزوم حاوی ۱٪ عصاره زنجبیل

اندازه نانوذرات حاوی عصاره ۱۸۶/۱ nm بوده و پتانسیل زتای نانوذرات بین ۱- تا ۶/۷ - گزارش شده است (۱۷).

#### بارگذاری عصاره زنجبیل

جهت به‌دست آوردن بازده بارگذاری عصاره در نانولیپونیزوم حاوی ۱٪ عصاره زنجبیل درصد داروی انکپسوله شده به‌دست آمد. نتایج بررسی‌ها حاکی از این است که مقدار عصاره بارگذاری شده حدود ۷۱٪ است.

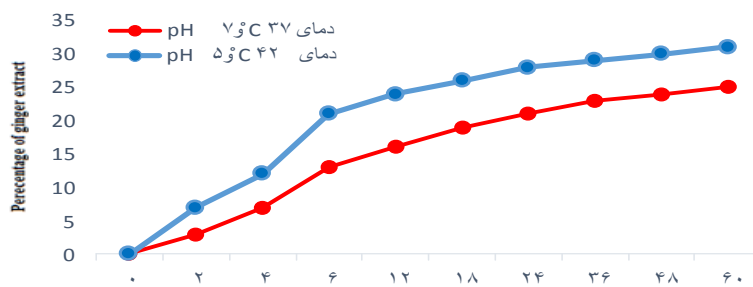
#### بررسی رهایش عصاره زنجبیل

میزان رهایش عصاره زنجبیل از نانولیپونیزوم حاوی ۱٪ عصاره، به روش دیالیز در بافر PBS در نمودار شکل ۴ نشان

#### اندازه، شاخص پراکندگی ذرات و پتانسیل زتا

اندازه نانولیپونیزوم حاوی ۱٪ عصاره زنجبیل با استفاده از DLS تعیین شد. میانگین (سه تکرار) اندازه ذرات ۱۲۷ nm و میزان شاخص پراکندگی ذرات (PDI) ۰/۳۱۸ به‌دست آمد. DLS، اندازه‌گیری شعاع هیدرودینامیکی در محلول را نشان می‌دهد (۳۲). میزان شارژ سطحی (پتانسیل زتا) برای نانولیپونیزوم حاوی عصاره، ۸/۹۰ mV- می‌باشد که با توجه به این مقدار شارژ سطحی آنیونی است. حقیرالسادات و همکاران در سال ۲۰۱۷ نانوذرات لیپیدی حاوی عصاره زنیان تهیه نمودند که

پایداری از pH خنثی گزارش شد (۳۱). طبق نمودار فوق نتیجه می‌گیریم با افزایش دما میزان رهایش عصاره زنجبیل نیز افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش دما فسفولیپیدهای موجود در غشا از یکدیگر فاصله گرفته و عصاره بیشتری آزاد می‌گردد، در نتیجه پایداری لیپونیوزوم کاهش می‌یابد. در سال ۲۰۱۸ ساسانی و همکاران طی مطالعه‌ای نوین در سنتز و بهینه‌سازی نانوحامل‌های لیپونیوزوم حاوی کورکومین به منظور کاربرد در شیمی درمانی سرطان، ضمن بررسی پروفایل رهایش در محیط‌های شبیه سازی شده دریافتند، با افزایش دما از ۳۷°C به ۴۲°C حداکثر رهایش دارو از ۱۹/۰۲٪ به ۲۴/۸۸٪ افزایش می‌یابد (۳۲).



شکل ۴: نمودار رهایش عصاره زنجبیل از نانولیپونیوزوم در دو بافر مختلف (pH ۷/۴ و pH ۵) در pH ۵ میزان رهایش نسبت به pH ۷/۴ بالاتر است

جدول ۱ نشان می‌دهد قطر هاله ممانعت از رشد نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص زنجبیل بر قارچ آسپرژیلوس فلاووس در روش دیسک دیفیوژن در سه غلظت ۱، ۲، و ۱۰ درصد، سیر افزایشی داشته و با افزایش غلظت نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص زنجبیل قطر هاله ممانعت از رشد افزایش می‌یابد. با مقایسه نتایج جدول ۱ مشخص می‌شود قطر هاله ممانعت از رشد نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص زنجبیل برای هر دو قارچ آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس با بالا رفتن غلظت عصاره افزایش یافته، اما این افزایش در مورد قارچ آسپرژیلوس فلاووس کمی بیشتر از قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس است. قطر هاله ممانعت از رشد آسفوتریسین B کمتر از نانولیپونیوزوم حاوی

داده شده است. همان‌طور که مشخص است، نمودار دارای دو فاز نمایی است، که در فاز اول، با توجه به شیب غلظت ایجاد شده بین عصاره زنجبیل درون لیپونیوزوم و بافر، شاهد یک رهایش نسبتاً سریع هستیم و در فاز دوم شیب نمودار رهایش عصاره کاهش می‌یابد. داده‌های حاصل از بررسی الگوی رهایش عصاره نشان داد در ۶ ساعت اول، بالاترین میزان رهایش عصاره مشاهده شد و در ادامه با رهایش آهسته‌تر عصاره، میزان رهایش ثابت شده و با شیب آهسته پیش رفت. رهایش بالاتر عصاره زنجبیل در دمای ۴۲°C و pH ۵ نشان می‌دهد میزان رهایش در pH ۷/۴ کمتر و سامانه‌ی لیپونیوزومی پایداری بیشتری نسبت به محیط بافری با pH ۵ دارد. در مطالعه‌ای مشابه نانوسامانه نیوزومی حاوی عصاره زنجبیل در pH اسیدی

### بررسی فعالیت ضد قارچی

جدول ۱ نتایج بررسی اثر غلظت‌های متفاوت نانولیپونیوزوم حاوی عصاره، عصاره خالص زنجبیل و آسفوتریسین B با روش انتشار دیسک بر قارچ آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس را ارائه می‌دهد. نتایج برای قارچ آسپرژیلوس فلاووس نشان می‌دهد، عصاره ۱٪ زنجبیل هاله‌ای با قطر mm ۹، عصاره ۲٪ زنجبیل هاله‌ای با قطر mm ۲۱ و عصاره ۱۰٪ هاله‌ای با قطر mm ۲۸ ایجاد نموده است. بررسی اثر غلظت‌های متفاوت عصاره زنجبیل با روش انتشار دیسک بر قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس نیز نشان می‌دهد که عصاره ۱٪ زنجبیل هاله‌ای با قطر mm ۹، عصاره ۲٪ هاله‌ای با قطر mm ۱۸ و عصاره ۱۰٪ هاله‌ای با قطر mm ۲۵ ایجاد نموده است. نتایج



داشته که نشان از اثربخشی کمتر آن است. هم‌چنین MIC حاصل از بررسی اثر نانولیپونیوزوم حاوی عصاره در سه غلظت ۱، ۲ و ۱۰ درصد بر قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس نشان می‌دهد عصاره ۱٪ MIC کمتری نسبت به عصاره ۲ و ۱۰ درصد بوده و عصاره ۲٪ نیز دارای MIC کمتری نسبت به عصاره ۱۰٪ می‌باشد، بدین معنی که با افزایش غلظت عصاره MIC بالا می‌رود، بود. بررسی نتایج نشان می‌دهد، حداقل غلظت مهارکنندگی رشد قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در غلظت‌های مختلف عصاره خالص (mg/ml) نسبت به نانولیپونیوزوم حاوی عصاره بیشتر است، هم‌چنین MIC قارچ اسپرژیلوس فلاووس در گروه آمفوتریسین B و نانولیپونیوزوم حاوی عصاره تقریباً برابر بوده ولی MIC قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس در گروه آمفوتریسین B نسبت به نانولیپونیوزوم حاوی عصاره کمتر است.

#### تعیین حداقل غلظت کشندگی قارچ (MFC)

نتایج حداقل غلظت کشندگی قارچ نانولیپونیوزوم حاوی عصاره، عصاره خالص و آمفوتریسین B بر حسب mg/ml در غلظت‌های مختلف برای دو قارچ اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در جدول ۳ آمده است. مطابق جدول ۳، بررسی حداقل غلظت کشندگی قارچ برای قارچ اسپرژیلوس فلاووس نشان می‌دهد که عصاره زنجبیل ۱ و ۲ درصد در غلظت mg/ml ۰/۱۱ رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس را نشان نمی‌دهد و عصاره ۱۰٪ زنجبیل در غلظت mg/ml ۰/۲۷ رشد قارچ را نشان نمی‌دهد. نتایج در مورد قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس نشان می‌دهد عصاره زنجبیل در غلظت ۱٪ دارای MFC برابر mg/ml ۰/۲۳، غلظت ۲٪ MFC برابر mg/ml ۰/۲۹ و عصاره در غلظت ۱۰٪ MFC برابر mg/ml ۰/۴۷ می‌باشد. نتایج MFC دو قارچ اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس نشان می‌دهد، عصاره زنجبیل در غلظت ۱٪ دارای بیشترین اثر کشندگی قارچ، عصاره ۲٪ دارای اثر متوسط و عصاره ۱۰٪ دارای کمترین اثر بوده است. طبق نتایج، حداقل غلظت کشندگی قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در غلظت‌های مختلف

عصاره و عصاره خالص زنجبیل است. در مطالعات مشابهی خاصیت ضدقارچی چند گیاه دارویی بر قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس نشان داده که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. مریم صدرنیا در بررسی و مطالعات خود دریافت عصاره آبی دو گیاه مرزه و پونه سبب کاهش رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس و هم‌چنین ممانعت از تولید سم می‌باشند (۷).

#### تعیین حداقل غلظت مهارکننده رشد (MIC)

MIC به عنوان حداقل غلظتی است که نانولیپونیوزوم بارگذاری شده با عصاره زنجبیل قادر است به طور کامل رشد قارچ مورد آزمایش را مهار کند. حداقل غلظت بازدارندگی رشد نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص زنجبیل و آمفوتریسین B بر حسب mg/ml در غلظت‌های مختلف (۱، ۲ و ۱۰ درصد) به روش میکروپلیت دایلوژن برای قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس تعیین گردید. با توجه به جدول ۲، نانولیپونیوزوم حاوی عصاره ۱ و ۲ درصد زنجبیل در MIC برابر mg/ml ۰/۰۲۶ مانع رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس و عصاره ۱۰٪ زنجبیل در MIC برابر mg/ml ۰/۱۷۲ مانع رشد قارچ شده است. نتایج MIC عصاره خالص زنجبیل در سه غلظت ۱، ۲ و ۱۰ درصد بر قارچ اسپرژیلوس فلاووس به ترتیب برابر mg/ml ۰/۱۲، ۰/۱۰۱ و ۰/۸۱ به دست آمد. نتایج بررسی MIC عصاره زنجبیل بر قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس نشان می‌دهد که نانولیپونیوزوم حاوی عصاره در غلظت ۱٪ دارای MIC برابر mg/ml ۰/۰۴۳، غلظت ۲٪ MIC برابر mg/ml ۰/۰۵۵ و عصاره در غلظت ۱۰٪ MIC برابر mg/ml ۰/۱۸۱ می‌باشد. نتایج MIC عصاره خالص زنجبیل در سه غلظت ۱، ۲ و ۱۰ درصد بر قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس به ترتیب برابر mg/ml ۰/۲۳، ۰/۲۷۴ و ۰/۸۹ به دست آمد. MIC غلظت‌های مختلف آمفوتریسین B نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج MIC حاصل از بررسی اثر نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل در سه غلظت ۱، ۲ و ۱۰ درصد بر قارچ اسپرژیلوس فلاووس نشان می‌دهد هر دو غلظت ۱، ۲ درصد دارای MIC برابر و یکسان بوده، اما عصاره ۱۰٪، MIC بالاتری

عصاره خالص (mg/ml) نسبت به نانولیپونیوزوم حاوی عصاره بیشتر است، به عبارتی عصاره خالص زنجبیل در مقایسه با نانولیپونیوزوم حاوی عصاره دارای اثر کشندگی بسیار پایین است، هم‌چنین MFC قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در گروه آمفوتریسین B نسبت به نانولیپونیوزوم حاوی عصاره کمتر است.

جدول ۱: بررسی اثر نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل، عصاره خالص و آمفوتریسین B بر مهار رشد قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در روش انتشار دیسک

اسپرژیلوس پارازیتیکوس			اسپرژیلوس فلاووس		
نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B			غلظت (%): نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B		
۷ (mm)	۱۶ (mm)	۹ (mm)	۷ (mm)	۱۶ (mm)	۹ (mm)
۷ (mm)	۴۰ (mm)	۱۸ (mm)	۷ (mm)	۴۰ (mm)	۲۱ (mm)
۹ (mm)	۵۳ (mm)	۲۵ (mm)	۹ (mm)	۵۹ (mm)	۲۸ (mm)

جدول ۲: مقایسه حداقل غلظت مهارکنندگی رشد قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در غلظتهای مختلف از نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص و آمفوتریسین B (mg/ml)

اسپرژیلوس پارازیتیکوس			اسپرژیلوس فلاووس		
نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B			غلظت (%): نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B		
۰/۰۲۹	۰/۲۳	۰/۰۴۳	۰/۰۲۵	۰/۱۰۱	۰/۰۲۶
۰/۰۳۵	۰/۲۷۴	۰/۰۵۵	۰/۰۲۵	۰/۱۲	۰/۰۲۶
۰/۱۱	۰/۸۹	۰/۱۸۱	۰/۱۶۵	۰/۸۱	۰/۱۶۹

جدول ۳: مقایسه حداقل غلظت کشندگی قارچ‌های اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در غلظتهای مختلف نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص و آمفوتریسین B (mg/ml)

اسپرژیلوس پارازیتیکوس			قارچ اسپرژیلوس فلاووس		
نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B			غلظت (%): نانولیپونیوزوم حاوی عصاره خالص آمفوتریسین B		
۰/۱۲	۰/۸۹	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۵۳	۰/۱۱
۰/۱۲	۰/۹۷	۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۵۳	۰/۱۱
۰/۲۹	۲/۱	۰/۴۷	۰/۲۳	۰/۸۷	۰/۲۷

از قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس است. نتایج MIC حاصل از بررسی اثر نانولیپونیوزوم حاوی عصاره در سه غلظت ۱، ۲ و ۱۰ درصد بر قارچ اسپرژیلوس فلاووس و قارچ اسپرژیلوس پارازیتیکوس به روش میکروپلیت دایلویشن نشان می‌دهد، نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل در غلظت ۱٪ عصاره دارای بیشترین اثر بازدارندگی بر رشد قارچ، عصاره ۲٪ دارای اثر متوسط و عصاره ۱۰٪ دارای کمترین اثر بوده است. به نظر می‌رسد علت اثر کمتر بازدارندگی رشد قارچ عصاره ۱۰٪ زنجبیل نسبت به عصاره‌های ۱ و ۲ درصد، غلظت بالای ذرات

## بحث

با توجه به نتایج این مطالعه، عصاره زنجبیل با بازده ۷۱٪ درون نانولیپونیوزوم بارگذاری شد. هیچگونه تعامل شیمیایی بین عصاره زنجبیل و نانولیپونیوزوم عصاره یافت نشد. نتایج بررسی اثر عصاره زنجبیل بر مهار رشد اسپرژیلوس فلاووس و اسپرژیلوس پارازیتیکوس در روش انتشار دیسک نشان می‌دهد، قطر هاله مانع از رشد نانولیپونیوزوم حاوی عصاره و عصاره خالص برای هر دو قارچ با بالا رفتن غلظت عصاره افزایش یافته، اما این افزایش در مورد قارچ اسپرژیلوس فلاووس کمی بیشتر

سه گیاه دارای اثر ضد قارچی بوده و فعالیت ضد قارچی و قدرت مهارکنندگی و کشندگی اسانس سه گیاه روی هر دو گونه قارچ آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس، به ترتیب شامل اسانس زیره سبز، کاکوتی و سیاه دانه بود (۳۸). در مطالعه آقازاده و همکاران، اثرات آنتی بیوتیکی و ضد میکروبی گیاه زنجبیل بررسی شد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد عصاره زنجبیل از نظر اثر ضد قارچی خوبی در برابر قارچ‌های *C. albicans* و *C. Krusei* داشته و مناسب است. غلظت ۵ میلی‌گرم در میلی لیتر بالاترین اثر ضد قارچی را نشان داد. شاید استفاده از عصاره‌های گیاهی مانند زنجبیل عصر جدیدی را برای درمان ضد میکروبی پس از ایجاد مقاومت آنتی بیوتیکی در میکروب‌ها نشان دهد (۳۹). نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل در غلظت‌های پایین دارای اثر ضد قارچی خوبی بر علیه قارچ آسپرژیلوس فلاووس و قارچ آسپرژیلوس پارازیتیکوس می‌باشد.

### نتیجه گیری

نانولیپونیوزوم حاوی عصاره زنجبیل با برخورداری از ویژگی‌های مناسب فیزیکیوشیمیایی، افزایش پایداری دارو و کنترل خوب رهایش، می‌تواند یک عامل ضد قارچ امیدوار کننده با اثرات ضد قارچ بالا و عوارض جانبی کم باشد.

### سپاس‌گزاری

مطالعه حاضر حاصل طرح تحقیقاتی تصویب و اجرا شده در دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می‌باشد و هیچگونه حمایت مالی نداشته است.

حامی مالی: ندارد.

تعارض در منافع: وجود ندارد.

روغنی عصاره در حلال آب و در نتیجه بروز پدیده عدم نفوذ کافی این ذرات از دیواره سلول قارچ به درون سلول‌ها می‌باشد (۷، ۳۴). در مطالعه‌ای توسط آقابان و همکاران، تاثیر رقت‌های مختلف عصاره زنجبیل بر میزان رشد کلونی اکتینومایسس نیوزلندی بررسی شد و میزان MIC عصاره زنجبیل  $mg/ml$  ۰/۰۲ به دست آمد که نسبت به تحقیق حاضر، کمتر است (۳۵). همچنین اثر ضد قارچی عصاره‌های مریم نخودی و زنجبیل روی کاندیدا مطالعه و بررسی شد، میزان MIC عصاره‌های مریم نخودی و زنجبیل بر سویه کاندیدا به ترتیب  $1000 \mu g/ml$  و  $62/25$  به دست آمد که تفاوت معنی‌داری را نشان داد. می‌توان نتیجه گرفت عصاره گیاه زنجبیل در مقایسه با مریم نخودی دارای اثر ضد قارچی بیشتری علیه کاندیدا آلبیکنس است (۳۶). همچنین در تحقیق مریم صدرنیا MIC عصاره آبی مرزه و پونه به ترتیب  $mg/ml$  ۰/۰۳۱ و ۰/۰۶۱ و اسانس ۱٪ مرزه و پونه به ترتیب  $mg/ml$  ۰/۰۳۹ و ۰/۰۷۸ بدست آمد (۷). طباطبایی یزدی و همکاران در تحقیق خود، شناسایی ترکیبات شیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل و ارزیابی اثر مهارکنندگی و کشندگی اسانس زنجبیل بر تعدادی از سویه‌های میکروبی بیماری‌زا در شرایط برون‌تنی را بررسی کردند. در این تحقیق حداقل غلظت مهارکنندگی اسانس زنجبیل برای سویه‌های سودوموناس آئروژینوزا، سالمونلا تیفی، اشرشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس، لیستریا اینوکوا، باسیلوس سرئوس، کاندیدا آلبیکنس و آسپرژیلوس نایجر به ترتیب برابر با 50، 50، 25، 25/6، 5/12، 5/12، 25/6 و 25/6 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به دست آمد، که نسبت به تحقیق حاضر مقادیر MIC بیشتر است. حداقل غلظت کشندگی اسانس، بالاتر از حداقل غلظت مهارکنندگی بود. نتایج این مطالعه نشان داد اسانس زنجبیل بر باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی، مؤثرتر است (۳۷). همچنین در مطالعه مینوییان و همکاران، فعالیت ضد قارچی و قدرت مهارکنندگی و کشندگی سه اسانس زیره سبز، کاکوتی و سیاه دانه روی قارچ‌های آسپرژیلوس فلاووس و آسپرژیلوس پارازیتیکوس بررسی شد و میزان MIC و MFC تعیین گردید. نتایج نشان داد اسانس این

## References:

- 1-Sun K, Li Y, Guo L, Wang Y, Liu P, Zhu W. *Indole Diterpenoids and Isocoumarin from the Fungus, Aspergillus Flavus, Isolated from the Prawn, Penaeus Vannamei*. Mar Drugs 2014; 12(7): 3970-81.
- 2-Esper RH, González E, Marques MO, Felicio RC, Felicio JD. *Potential of Essential Oils for Protection of Grains Contaminated by Aflatoxin Produced by Aspergillus Flavus*. Frontiers Microbiol 2014; 5: 269-78.
- 3-Moosavian M, Darvishnia M, Khosravinia HA. *Comparison of Growth of Aspergillus flavus and Aspergillus parasiticus in Different Conditions of Temperature, Moisture and pH*. J App Res Plant Protection 2017; 6(2): 37-47.
- 4-Naseri A, Arj P, Najaf MJ, Rakhshandehzadeh H. *Antifungal Effects of Methanolic and Aquatic Extract of Leaf and Walnut Peel on Candidate Species, Scientific*. J Birjand Univ Med Sci 2015; 22(2): 115-24. [Persian]
- 5-Toyang NJ, Verpoorte R. *A Review of the Medicinal Potentials of Plants of the Genus Vernonia (Asteraceae)*. J Ethnopharmacol 2013; 146(3): 681-723.
- 6-Salem MZM, Zidan YE, Mansour MMA, Hadidi Nesrin MNE, Elgat Wael AAA. *Antifungal Activities of Two Essential Oils Used in the Treatment of Three Commercial Woods Deteriorated by Five Common Mold Fungi*. Int Biodeterior Biodegrad 2016; 106: 88-96.
- 7-Sadrnia M. *Effects of Aqueous Extracts and Essential Oils of Mentha and Satureja on the Aflatoxin B1 Production by Aspergillus Flavus*. Arak Med Univ J 2018; 21: 63-73. [Persian]
- 8-Behbehani A, Tabatabaei Yazdi F, Shahidi F, Mohebbi M. *Antifungal Effect of Aqueous and Methanolic Avicennia Marina Leaves Extracts on Alternaria Alternata and Penicillium Citrinum*. J Rafsanjan Univ Med Sci 2013; 12(12): 1015-24.
- 9-Al-Gahtani Munirah F, AlOthman Monira R, Mahmoudand Mohamed A, Abdel-Aziz Abeer R. M. *Anti-Aflatoxigenic Effect of Essential Oils on Aspergillus spp. Isolated from Pistachio in Saudi Arabia*. African J Microbiol Res 2013; 7(25): 3151-59.
- 10-Mohammadi M, Hashemi SJ, Rezaie S, Bayat M. *Assessment of Antifungal Activity of Rosemary Oil Extract and Its Effect on AFL1 Gene Expression in Aspergillus Flavus by Real-Time PCR*. J Microbial World 2018; 11(34): 88-100.
- 11-Bone ME, Wilkinson DJ, Young JR, McNeil J, Charlton S. *Ginger Root--A New Antiemetic. The Effect of Ginger Root on Postoperative Nausea and Vomiting after Major Gynecological Surgery*. Anaesthesia 1990; 45(8): 669-71.
- 12-Abdallah WE, Abdallah EM. *Antibacterial Activity of Ginger (Zingiber Officinale Rosc.) Rhizome: A Mini Review*. Int J Pharmacognosy Chin Med (IPCM) 2018; 2(4):1-8.
- 13-Dbald M, Bourgeois S, Andrieu V, Fessi H. *Ophthalmic Drug Delivery Systems for Antibiotherapy-A Review*. Pharmaceutics 2018; 10(1): 10.

- 14-Shoae N, Mohammadi P, Roudbar Mohammadi SH. *Antifungal Effect of Teucrium polium and Zingiber officinale extracts on Clinical isolates of Candida Species*. Armaghane-Danesh, Yasuj Uni Med Sci 2012; 17(5): 416-22.
- 15-Tabassum Khan N. *Therapeutic Potentials of Zingier officinal*. J Tradit Med Clin Naturo 2019; 8: 1-2.
- 16-Amoabediny G, Haghirsadat F, Naderinezhad S, Helder MN, Akhoundi Kharanaghi E, Mohammadnejad Arough J, et al. *Overview of Preparation Methods of Polymeric and Lipid-Based (noisome, solid lipid, liposome) Nanoparticles:A Comprehensive Review*. Int J Poly Mater Poly Biomat 2018; 67(6): 383-400.
- 17-Haghirsadat F, Amouabedini G, Naderinezhad S, Sheikhha MH, Malaee-balasi Z, Akbarzadeh A, et al. *An Evaluation of the Transmembrane Ammonium Sulfate Gradients Method In Lipid System to Improve Trapping Capacity of Amphipathic Weak*. NCMBJ 2017; 7(28): 49-60.
- 18-Naderinezhad S, Haghirsadat F, Amoabediny G, Najafabadi SR, Akbarzade A. *Synthesis of Sustained-Release Niosomal Doxorubicin and Investigation of Effective Drug Dose in Nano-Formula Against Bone Marrow Cancer*. New Cellular Molecul Biotech J 2017; 8(30): 17-24.
- 19-Gao W, Chen Y, Zhang Y, Zhang Q, Zhang L. *Nanoparticle-Based Local Antimicrobial Drug Delivery*. Adv Drug Deliver Rev 2018; 127: 46-57.
- 20-Abdel-Hadi A, Schmidt-Heydt M, Parra R, Geisen R, Magan N. *A Systems Approach to Model the Relationship between Aflatoxin Gene Cluster Expression, Environmental Factors, Growth and Toxin Production by Aspergillus Flavus*. J R Soc Interface 2012; 9(69): 757-67.
- 21-Zasadzinski JA, Wong B, Forbes N, Braun G, Wu G. *Novel Methods of Enhanced Retention in and Rapid, Targeted Release from Liposomes*. Curr Opin Colloid Interfac Sci 2011; 16(3): 203-14.
- 22-Abbasi R, Kouhsoltani M, Lotfipour F, Asgharian P. *Evaluating Antifungal Effect of Matrica And Zingiber on Oral Candida Albicans Species Isolated from Denture Stomatitis Outpatients Referring to Dental Faculty of Tabriz University of Medical Sciences (In Vitro)* [dissertation]. Iran: Tabriz Uni Med Sci; 2018.
- 23-Ghodrati Z, Divsalar A, Ayrian S, Saeidifar M. *Evaluation of The Anticancer Effects of Samarium Nanoparticles Synthesized by Extract of Ginger on HCT116 Colorectal Cancer Cells*. J Cell Tissue (JCT) 2020; 10(4): 202-13. [Persian]
- 24-Johari H, Sharifi E, Delirnasab F, Hemayatkhah V, Kargar H, Nikpoor M. *The Effect of Hydro-Alcoholic Extracts of Ginger on Lead Detoxification of Kidney in the Immature Wistar Rats*. J Rafsanjan Univ Med Sci 2013; 12: 417-24.
- 25-Haghirsadat F, Amoabediny G, Sheikhha MH, Forouzanfar T, Helder MN, Zandieh-doulabi BA. *Novel Approach on Drug Delivery: Investigation of New Nano-Formulation of Liposomal Doxorubicin and Biological Evaluation of Entrapped Doxorubicin on Various Osteosarcomas Cell Lines*. Cell J 2017; 19: 55-65.
- 26-Noorani B, Tabandeh F, Yazdian F, Soheili ZS, Shakibaie M, Rahmani Sh. *Thin Natural Gelatin/Chitosan Nanofibrous Scaffolds for Retinal*

- Pigment Epithelium Cells*. Int J Polymeric Mater 2018; 67(12): 754-63
- 27-Majdzadeh M, Rezaei Zarchi S, Movahedpour AA, Shahi Malmir H, Sasani E, Haghirsadat BF. *A New Strategy in Improving Therapeutic Indexes of Medicinal Herbs: Preparation and Characterization of Nano-Liposomes Containing Mentha Piperita Essential Oil*. J Shaeed Sdoughi Univ Med Sci Yazd 2018;25(11):853-64.
- 28-Garcia D, Ramos AJ, Sanchis V, Marín S. *Modeling Kinetics of Aflatoxin Production by Aspergillus Favus in Maize-Based Medium and Maize Grain*. Int J Food Microbial 2013; 162(2): 182-89.
- 29-Cooposamy RM, Magwa ML. *Traditional Use, Antibacterial Activity and Antifungal Activity of Crude Extract of Aloe Excelsa*. African J Biotech (AJB) 2007; 6(20):2406-10.
- 30-Jasso de Rodriguez D, Hernández-Castillo D, Rodriguez-Gracia R, Angulo-Sanchez JL. *Antifungal Activity in Vitro of Aloe Vera Pulp and Liquid Fraction against Plant Pathogenic Fungi*. Indust Crops Produc 2005; 21: 81-7.
- 31-Nasirzadeh R, Ghanbarzadeh B. *Investigation of Colloidal and antioxidant Characteristics of Nanosome Containing Ginger Extract* [dissertation]. Iran: Tabriz Uni; 2016.
- 32-Jahanizadeh Sh, Yazdian F, Marjani A, Omidi M, Rashedi H. *Curcumin-loaded Chitosan/Carboxymethyl Starch/ Montmorillonite biocomposite for reduction of dental bacterial biofilm formation*. Int J Biolog Macromol 2017; 105(Pt1): 757-63.
- 33-Sasani E, Shahi Malmir H, Daneshmand F, Majdzadeh M, Haghirsadat F. *A New Study on Synthesize and Optimization of Pegylated Liponiosomal Nanocarriers Containing Curcumin for Use in Cancer Chemotherapy*. J Shahid Sadoughi Univ Medic Sci 2018; 26(6): 528-41. [Persian]
- 34-Kelidari HR, Akbari J, Saeedi M. *Application and Characterization of Solid Lipid Nanoparticles and Nanostructured Lipid Carriers as Drug Delivery Systems*. J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(98): 387-403. [Persian]
- 35-Aghayan Sh, Zaker S, Shahla'I M. *Study of the Effect of Different Gingerbread Extract on the Growth Rate of Actinomyces New Zealand's Clonal Growth*. J Res Dentis 2017; 14(1): 27-33.
- 36-Shoae N, Mohammadi P, Rudbar Mohammadi Sh. *Antifungal Effects of Pomegranate and Ginger Bilberry Extracts on Candida Clinical Isolates*. Armaghan Danesh 2012; 17(5): 416-23.
- 37-Tabatabaei Yazdi F, Falah F, Alizadeh Behbahani B, Vasiee A.R, Mortazavi SA. *Identification of Chemical Compounds, Antioxidant Potential, Phenolic Content and Evaluation of Inhibitory and Bactericidal/Fungicidal Effects of Ginger Essential Oil on Some Pathogenic Microorganisms in Vitro*. Qom Univ Med Sci J 2019; 13(3): 50-62. [Persian]
- 38-Minooian Haghghi MH. *Inhibition and Destruction of Cumin, Cacto and Black Cumin Essences on Aspergillus Cells*. J Babol Univ Med Sci 2013; 15(6): 25-35.
- 39-Aghazadeh M, Zahedi Bialvaei A, Aghazadeh M, Kabiri F. *Survey of the Antibiofilm and Antimicrobial Effects of Zingiber officinale (in Vitro Study)*. Jundishapur J Microbial. 2016; 9(2): e30167.

## Synthesis and Evaluation of Lipid-based Nanoparticle Containing Ginger Extract against *Aspergillus* Species

Vahid Yakhchi<sup>1</sup>, Shabnam Jahanizadeh<sup>2</sup>, Fatemeh Yazdian<sup>3</sup>, Hamid Rashedi<sup>\*4</sup>, Bibi Fatemeh Haghirsadat<sup>†5</sup>

### Original Article

**Introduction:** Loading the active ingredients of medicinal plants in lipid nanoparticles reduces the reaction of the active substance with the surrounding environment, such as water and oxygen, and reduces the intensity of transmission or evaporation to the external environment. In this study, intended to enhance efficacy of ginger extract, encapsulation in nanoliposome synthesized by thin-film hydration method were done and their antifungal effect on the growth of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* were studied.

**Methods:** In this experimental laboratory study, derivation was done using Soxhlet extractor method. Antifungal activity of ginger extract was specific by disc diffusion and microplate dilution methods. The inhibitory effect of extract was investigated. Physicochemical characteristics and structural characterization of nanoparticle were evaluated from the perspective of in vitro efficiency, drug release, nanoparticle size, zeta potential, surface morphology and FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy), DLS (Dynamic light scattering) and finally SEM (Scanning electron microscope) spectra.

**Results:** FTIR investigations showed ginger extract and nanoliposome had no chemical interaction leading to change the functional groups. SEM microscope showed the spherical morphology of particles and average particles size of 73nm. Ginger extract was loaded into the nanoliposome with a yield of 71%. It was also found out that ginger extract had a stronger antifungal effect against *Aspergillus flavus* fungus compared to the *Aspergillus parasiticus* fungus. At both 37°C and 42°C, the release of ginger extract was higher at pH of 4.5 compared to neutral pH (7.4).

**Conclusion:** Nanoliposomes containing ginger extract with good physicochemical properties, increased drug stability and good release control can be promising antifungal agents with high antifungal effects and low side effects.

**Keywords:** Ginger extract, Nano Liposome, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus*, Antifungal

**Citation:** yakhchi V, Jahanizadeh SH, Yazdian F, Rashedi H, Haghirsadat F. **Synthesis and Evaluation of Lipid-based Nanoparticle Containing Ginger Extract against *Aspergillus* Species** J Shahid Sadoughi Uni Med Sci,2020; 28(6): 2766-80.

<sup>1</sup>Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>Applied Chemistry, Young Researchers and Elite Club, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

<sup>3</sup>Department of Life Science Engineering, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>4</sup>Department of Biotechnology, School of Chemical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>5</sup>Medical Nanotechnology & Tissue Engineering Research Center, Yazd Reproductive Sciences Institute, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

\*Corresponding author: Tel: 09132507158, email: Fhaghirsadat@gmail.com