



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال نهم، شماره‌ی ۳۶  
پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۶۱-۵۵

## تولید و بهینه‌سازی نانوکپسول حاوی روغن زنجبیل ( Zingiber officinale) بر پایه صمغ عربی و ژلاتین به عنوان یک دیواره پلیمری طبیعی

مهرالسادات میرمحمدی

گروه شیمی، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران  
mirmohammadi94@yahoo.com

مریم شاهنظری

گروه مهندسی کشاورزی، واحد علوم تحقیقات، اصفهان، ایران  
yam.shahnazari.1370@gmail.com

علیرضا جلالی زند

گروه مهندسی کشاورزی، واحد علوم تحقیقات، اصفهان، ایران  
arjalalizand@gmail.com

### چکیده

زنجبیل (Zingiber officinale) یک گیاه چند ساله است. ریزوم افقی، شاخه‌ای، گوشتی، معطر، سفید یا زرد تا قهوه‌ای است. از نام‌های دیگر آن جریبل و زنجبیل نیز اشاره کرد. زنجبیل گیاهی چند ساله گرمسیری است که دارای ریزوم‌های غده‌ای می‌باشد. زنجبیل جزء گیاهان دارویی مهم بوده و دارای خواص متعددی از جمله ضد تهوع، مقوی قلب، ضد لخته شدن خون، ضد باکتری، آنتی‌اکسیدان، ضد سرفه، ضد سموم کبدی، ضد التهاب، ادرار آور، کاهش اسپاسم، محرک سیستم ایمنی، ضد نفخ، افزایش ترشحات روده‌ای معده‌ای، پایین آورنده کلسترول خون، محرک گردش خون مغزی و محرک هضم غذا می‌باشد. با توجه به خطرات ترکیبات شیمیایی برای انسان و محیط زیست، در سال‌های اخیر از اسانس‌ها و ترکیبات طبیعی به عنوان جایگزین مناسب برای حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. در این تحقیق برای تهیه روغن زنجبیل از پودر زنجبیل و روغن پارافین خوراکی به عنوان پایه روغن، از روش استخراج گرم استفاده گردید. از مهم‌ترین فرمولاسیون‌های نانوکپسول‌ها می‌توان به نانوکپسول‌ها اشاره نمود، نانوکپسول‌ها بعد از نانوذرات دومین عنصر پایه در فناوری نانو محسوب می‌شوند. نانوکپسول‌ها انواع متنوعی دارند، نانوکپسول پلیمری از جمله ترکیباتی هستند که به دنبال فرآیند (پلیمریزاسیون هم‌زمان) در اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون تولید می‌شوند. از این رو در این تحقیق، کارآیی تولید و بهینه‌سازی نانوکپسول‌های حاوی روغن زنجبیل با دیواره پلیمری صمغ عربی مورد ارزیابی قرار گرفت.

**کلیدواژه:** روغن گیاهی، زنجبیل، نانوکپسول، پلیمر طبیعی.

## مقدمه

اسانس‌ها و روغن‌های گیاهی روح گیاه محسوب می‌شوند که بیش‌ترین انرژی گیاه در آن ذخیره شده است. کیمیاگران اسانس را جوهره گیاه نامیده‌اند و بر اساس این تفکر اسانس شکل مادی نیروهای حیاتی و روحی موجود در گیاه هستند. بنابراین نیروهای مذکور بر روی وضعیت بیولوژیکی بدن تاثیر می‌گذارند که موجب تقویت قدرت دفاعی بدن نیز می‌گردد. گیاهان معطر به جز اسانس‌ها حاوی ترکیبات دیگری از قبیل هورمون‌ها، ویتامین‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها و گندزداها می‌باشند. هم‌چنین استفاده از مواد گیاهی به عنوان بازدارنده در برابر آفات در محصولات کشاورزی در زمینه و در طول دوره پس از برداشت، مطالعه‌ای است که در حال حاضر به دلیل استفاده بی‌رویه از آفت‌کش‌های شیمیایی و اثرات آن‌ها در بروز بسیاری از مشکلات شناخته شده از جمله مقاومت ژنتیکی گونه‌های آفت، باقی‌مانده‌های سم در محصولات کشاورزی، آلودگی محیط زیست پذیرفته شده است [۱].

اسانس‌های گیاهی به دلیل فوائد بسیاری که نسبت به ترکیبات شیمیایی دارند مورد توجه محققان بسیاری از کشورهای مختلف قرار گرفته‌اند که با استفاده از فناوری‌های جدید تهیه و فرمولاسیون این ترکیبات گیاهی زیست‌سازگار مبادرت به کنترل تلفیقی آفات مهم گیاهی نموده‌اند. عدم ایجاد مقاومت در آفات و عدم مسمومیت برای پستانداران به دلیل تجزیه سریع در محیط، تحریک برای مصونیت گیاه و جلوگیری از آلودگی‌های محیطی، فراوانی منابع غنی گیاهان مولد اسانس در کشور و عدم نیاز به واردات و نیز امکان دسترسی به مقدار زیادی اسانس با ازدیاد گیاهان دارویی از جمله مزیت‌های استفاده از اسانس‌ها و روغن‌های گیاهی به عنوان یک آفت‌کش طبیعی می‌باشد [۲]. با وجود برخورداری اسانس‌ها و روغن‌های گیاهی از چنین ویژگی‌هایی مشکلاتی نیز برای چنین ترکیباتی وجود دارد که استفاده از چنین ترکیباتی را در برنامه‌های کاربردی مشکل می‌کند. استفاده از اسانس‌های گیاهی به دلیل خاصیت دوام

کم، تبخیر و بی‌ثباتی ترکیبات شیمیایی آن در حضور هوا، نور، رطوبت و دمای بالا محدود شده است [۳].

زنجبیل (*Zingiber officinale*) یک گیاه چند ساله است. ریزوم افقی، شاخه‌ای، گوشتی، معطر، سفید یا زرد تا قهوه‌ای است. ساقه برگ، ضخیم، تا ۶۰ سانتی‌متر است. برگ‌ها به صورت نازک و یا خطی، تقریباً تا طول ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۱/۵ تا ۲ سانتی‌متر هستند و با استفاده از غلاف‌های طولانی، ساقه را می‌پوشانند. زنجبیل از گیاه زرد رنگ دارای رگه‌های بنفش به دست می‌آید. اگرچه معمولاً از زنجبیل به عنوان ریشه آن نام برده می‌شود ولی در اصل قسمت مورد استفاده گیاه ساقه متورم شده زیر زمینی آن است که ریزوم نام دارد. قسمت زیر زمینی چند ساله است ولی برگسار آن یکساله و هم‌چنین معطر است. از آن جایی که زنجبیل نوعی گیاه زیر زمینی است لذا ساقه ریشه دار این گیاه بخشی از ساقه اصلی است که بر حسب اتفاق در زیر زمین رشد و نمو پیدا می‌کند. قسمت مورد استفاده زنجبیل بیخ آن است یعنی ساقه زیرزمینی متورم شده موسوم به ریزوم که طعم و بوی مطبوع دارد که پس از پژمرده شدن گیاه از زمین در می‌آورند و در تشتی چوبی ریخته و آن را به هم اصطکاک می‌دهند تا پوست آن گرفته شود و بعد مغز چوبی آن را خشک می‌کنند. از زنجبیل خوراکی می‌توان به عنوان گیاهی زینتی نیز استفاده کرد و در طی فصول گرم از زیبایی برگسار و بعد از خشک شدن برگسار از قسمت زیر زمینی آن بهره برد. در نواحی با آب و هوای نیمه گرمسیری از این گیاه برای زیباسازی فضای آزاد اطراف خانه نیز استفاده می‌شود. پرورش این گیاه آسان است و تنها با تامین دما و رطوبت مورد نیاز آن می‌توان گیاهی زیبا داشت [۴].

زنجبیل جزء گیاهان دارویی مهم بوده و دارای خواص متعددی از جمله ضد تهوع، مقوی قلب، ضد لخته شدن خون، ضد باکتری، آنتی‌اکسیدان، ضد سرفه، ضد سموم کبدی، ضد التهاب، ادرار آور، کاهش اسپاسم، محرک سیستم ایمنی، ضد نفخ، افزایش ترشحات روده‌ای معده‌ای، پایین‌آورنده کلسترول، خون، محرک گردش خون مغزی و

نانوکپسول‌ها، کپسول‌هایی با اندازه ۱۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر هستند که دارای یک پوسته (فاز خارجی) که دیواره محسوب می‌شود و یک هسته (فاز داخلی) که جهت حمل مواد مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌باشند. در واقع نانوکپسول‌ها با الهام از فسفولیپیدها ساخته شده‌اند. نانوکپسول‌ها بر اساس محموله خاصی که در آن قرار می‌گیرند سنتز می‌شوند، اما دارای خواص عمومی مشترک از جمله اندازه نانوکپسول‌ها که می‌توان بر حسب نیاز تغییر داد، هم‌چنین سرعت آزادسازی محموله داخل بر حسب شرایط محیطی قابل کنترل است، قابلیت نگه‌داری مواد ناپایدار در طول مدت را در سیستم نگه‌دارنده خود دارند [۷]. روش‌های تولید نانوکپسول‌ها بستگی به ماده درون هسته دارند که شامل فاز آلی، آبی یا معدنی باشند و هم‌چنین بستگی به شکل محصول که ناشی از شکل قطرات مایع موجود در امولسیون است [۸]. روش‌هایی که برای تولید نانوکپسول‌ها می‌توان استفاده کرد روش اسپارش درجا، روش تجمع لایه لایه، روش اسپارش امولسیونی، روش توده‌ای و روش جدایش فاز داخلی است [۹].

در روش اسپارش درجا دو مایع امتراج‌ناپذیر مانند آب و حلال‌های آلی به کار می‌روند و تمامی مواد تشکیل‌دهنده پوسته در یک فاز (فاز پیوسته یا فاز پراکنده) حضور دارند که با پیشرفت واکنش لیگومرها و زنجیره‌های بلندتر بسیاری در فصل مشترک روغن-آب رسوب می‌کنند و به شکل پوسته می‌انجامند. از این روش برای تولید نانوکپسول‌های محکم و فشرده استفاده می‌شود [۹]. در روش تجمع لایه-لایه در واقع تهیه کپسول‌هایی با پوسته خارجی متشکل از بس الکترولیت‌ها امکان‌پذیر است. از این رو بر اساس خود جمع‌ی بس الکترولیت‌ها دارای بار مخالف است که به تشکیل لایه‌های متوالی بس‌آنیون‌ها و بس‌کاتیون‌های جذب شده منجر می‌شود. از این روش برای تولید نانوکپسول‌هایی که دیواره پوسته نفوذپذیری بالایی نیاز دارد استفاده می‌شود [۹].

محرک هضم غذا می‌باشد. از زنجبیل استفاده‌های متنوعی می‌شود. از کاربردهای جدید آن می‌توان پیشگیری از تهوع و استفراغ، کم‌اشتهایی، بی‌اشتهایی روانی، اسپاسم روده، برونشیت، مشکلات روماتیسم را نام برد. در مطالعات آزمایشگاهی مشخص شده است که زنجبیل دارای خاصیت ضد سرطانی می‌باشد.

مهم‌ترین ترکیبات زنجبیل شامل مواد بودار سوزاننده‌ای است که بیش‌تر اثرات اصلی آن مربوط به همین مواد است. ترکیبات اصلی آن شامل: انواع قندها (۵۰ تا ۷۰ درصد)، چربی‌ها (۳ تا ۱۸ درصد)، اولئورزین (۴ تا ۷/۵ درصد)، ترکیبات سوزاننده (۳ تا ۱ درصد) است. یک قاشق غذاخوری زنجبیل تازه (۶ گرم) حاوی ۵ کالری، یک گرم کربوهیدرات و مقدار بسیار جزئی چربی، پروتئین و فیبر می‌باشد. برخلاف فراریت سریع اسانس‌ها، حلالیت خیلی اندک اسانس‌ها در آب و اکسیداسیون سریع اسانس‌ها و روغن‌ها از جمله مشکلاتی هستند که باید قبل از مصرف آن‌ها جهت کنترل آفات برطرف شوند [۵]. فرمولاسیون‌های آفت‌کش‌ها به صورت امولسیون، محلول آبی، محلول روغنی، پودر، پودر و تابل، فرمولاسیون روان‌ریز، آئروسول‌ها، گرانول‌ها، فرمولاسیون روان‌ریز خشک، فشننگ‌تدخینی، خمیر، طعمه مسموم و فرمولاسیون‌های رهایی تحت کنترل (کپسول-سازی) می‌باشد که انتخاب نوع فرمولاسیون به فاکتورهای مختلفی از جمله ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی آفت‌کش، حالت کاربرد، محلول‌تیمار شده و شیوه‌های کشاورزی بستگی دارد، که در بین فرمولاسیون‌ها ذکر شده با توجه به موثر بودن مقادیر اندک آفت‌کش در زمان بیشتر و کم‌ترین خسارت به محیط زیست به عنوان بهترین گزینه مطرح می‌شود. فرآیند کپسوله کردن که نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر است و باعث کاهش از دست دادن مواد فعال و افزایش حفظ تعادل از عوامل زیستی می‌شود [۶].

، ۳۰٪ اسید چرب امگا-۳ و سرعت هموژنایزر با ۲۰۰۰۰ rpm معرفی گردید [۱۰].

در این تحقیق نیز در نظر است کارآیی تولید و بهینه‌سازی نانوکپسول‌هایی حاوی روغن زنجبیل با دیواره پلیمری صمغ عربی مورد ارزیابی قرار گیرد.

### مواد و روش‌ها

برای تهیه روغن زنجبیل از پودر زنجبیل و روغن پارافین خوراکی به عنوان پایه روغن، از روش استخراج گرم استفاده گردید، به طوری که در این روش چون گیاه زنجبیل فاقد روغن می‌باشد، لازم است از یک روغن به عنوان پایه استفاده گردد که در این آزمایش از پارافین خوراکی استفاده گردید. در این آزمایش از ۲۰۰ گرم پودر خشک گیاه زنجبیل و ۱ لیتر پارافین مایع استفاده شد. سپس با گرم نمودن مخلوط و همزدن به مدت ۱۲ ساعت ماده مورد نظر به درصد اولیه رسید. به این دلیل که میزان خلوص و غلظت روغن زنجبیل از اهمیت خاصی برخوردار بود، این عمل سه مرتبه تکرار گردید تا خلوص مد نظر به دست آید.

- فرموله کردن به صورت نانوکپسول

برای تهیه ۳ گرم از پودر این نانوکپسول ابتدا در دمای ۴۵ درجه سلسیوس، ژلاتین در ۵۰ سی سی آب دوبار تقطیر به آرامی و در حال هم زدن به مدت ۱۰ دقیقه حل شد. همچنین یک گرم صمغ عربی نیز در ۵۰ سی سی آب دوبار تقطیر در دمای ۴۵ درجه سلسیوس به آرامی و به مدت ۱۰ دقیقه حل شد. هر دو محلول را از صافی عبود داده و داخل بالن ته صاف ژاکت دار ریخته و درب آن بسته شد. ۲ گرم روغن زنجبیل و ۲ گرم امولسیفایر (شامل ۱ گرم توئین و ۱ گرم اسپان) به محلول حاوی ژلاتین و صمغ عربی اضافه شد و با قرار دادن آن در دستگاه حمام اولتراسونیک به مدت ۳ دقیقه و بعد از خارج کردن محلول حاوی نانوکپسول از دستگاه و رساندن آن به pH برابر ۴ به مدت دو ساعت بر روی دستگاه همزن مغناطیسی به آرامی هم زده شد و پس از گذشت دو ساعت محلول تا دمای ۱۰ درجه توسط حمام یخ خنک گردید و

در روش توده‌ای ماده هسته را که معمولاً ماده روغنی است در یک محلول بسپاری (محلول آبی بسیار کاتیونی مانند ژلاتین) پراکنده می‌کنند. سپس در حضور بسپار دوم (محلول آبی بسیار آنیونی مانند صمغ عربی) پوسته اطراف هسته از ته‌نشینی توده کمپلکس شامل دو بسپار با بار مخالف خشی شده در یک محلول آبی تشکیل می‌شوند. فاز روغنی شامل یک بسپار و فاز آبی شامل یک بسپار با بار مخالف است. جذب یک بسپار توسط بسپار دیگر موجب تشکیل توده می‌شود. به طوری که توده به فصل مشترک فاز آبی/آلی مهاجرت می‌کند و پوسته تشکیل می‌شود. از این روش برای کپسوله کردن روغن‌های معطر، بلورهای مایع، رنگ‌ها و یا جوهر استفاده می‌شود [۹]. در پژوهشی که جهت بهینه‌سازی نانو ریزپوشانی اسیدهای چرب امگا-۳ با استفاده از روش کوآسرواسیون مرکب با روش سطح پاسخ (RSM) در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) انجام شد، نانو ذرات حاوی امگا-۳ توسط دیواره ژلاتین پوست ماهی قزل آلائی رنگین کمان و صمغ عربی با استفاده از روش کوآسرواسیون مرکب تولید شدند. این روش قابلیت منحصر به فرد جداسازی الکترواستاتیکی فازهای مایع-مایع بر اساس تجمع ماکروبیون‌هایی با بار مخالف را داشت. تأثیر سه متغیر مستقل غلظت ژلاتین ماهی (۳۳ تا ۶۶ درصد)، غلظت اسید چرب امگا-۳ (۱۰ تا ۳۰ درصد) و سرعت هموژنایزر (در سه سطح ۱۰۰۰۰ rpm، ۱۵۰۰۰ rpm و ۲۰۰۰۰ rpm) بر متغیرهای وابسته از قبیل اندازه ذرات، میزان روغن سطحی، روغن کپسوله شده و کارآیی ریزپوشانی بررسی شد. بر اساس نتایج بدست آمده سرعت هموژنایزر بیش‌ترین تأثیر را بر اندازه ذرات داشت. هم‌چنین تیمارهایی که در آن‌ها اسیدهای چرب امگا-۳ بیش‌تری استفاده شده بود، در مقایسه با تیمارها با امگا-۳ کم‌تر، از روغن سطحی نانو ذرات بیش‌تری برخوردار بودند. پودرهای تولیدشده کارآیی ریزپوشانی در حدود ۶۹/۷۴ الی ۹۸/۴۱ درصد داشتند و شرایط بهینه نانوریزپوشانی اسیدچرب امگا-۳ با مقادیر ۳۳٪ ژلاتین ماهی

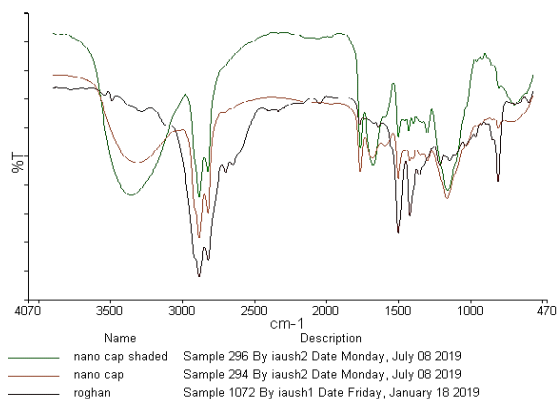
و با قرار دادن اعداد به دست آمده هر یک از ۳۵ نمونه در رابطه بالا و قرار دادن در نرم‌افزار MATLAB بهینه فرمولاسیون محاسبه گردید.

### بحث و یافته‌ها

- بهینه‌سازی فرمولاسیون تولید نانوکپسول با توجه به روش تولید نانوکپسول که به روش توده‌ای می‌باشد و هم‌چنین متغیرهای این روش که شامل مقدار ژلاتین، مقدار صمغ عربی، مقدار روغن، مقدار امولسیفایر، pH و مدت زمان قرارگیری در دستگاه حمام اولتراسونیک می‌باشد توسط نرم‌افزار MATLAB ۴۶ آزمایش طراحی شد که با توجه به نتایج هر آزمایش و مقایسه راندمان نانوکپسول‌های تولید شده از هر آزمایش بهترین شرایط شامل مقادیر زیر گردید

جدول ۱- مقادیر بهینه فرمولاسیون نانوکپسول

GUM /Gel	Oil	TUINE/SP	pH	Max Time
۲	۳/۸۷۸۸	۲	۳	۶



شکل ۱: مقادیر بهینه فرمولاسیون نانوکپسول

- آنالیز FTIR نانوکپسول روغن زنجبیل

در طیف به دست آمده از روغن زنجبیل در شکل ۲ پیک

سرانجام سوسپانسیون حاوی نانوکپسول‌ها توسط دستگاه Freeze drying خشک شد.

- بهینه‌سازی فرمولاسیون نانوکپسول حاوی روغن زنجبیل

این بهینه‌سازی فرمولاسیون توسط نرم‌افزار MINITAB16 انجام شد که ۶ فاکتور شامل مقدار ژلاتین، مقدار صمغ عربی، مقدار روغن، مقدار امولسیفایر، pH و مدت زمان قرارگیری در دستگاه حمام اولتراسونیک مد نظر قرار گرفته شد، که نتیجه آن ۴۶ آزمایش با مقادیر مختلف برای موارد بالا شد. پس از انجام ۴۶ آزمایش و خشک نمودن هر ۴۶ سوسپانسیون، ۳۵ نمونه به صورت کامل در دستگاه Freeze drying خشک گردید. تعیین راندمان نانوکپسول‌ها به روش زیر که شامل دو مرحله است، انجام شد:

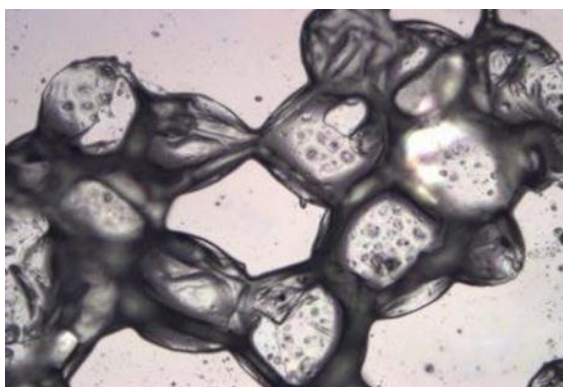
الف: اندازه‌گیری روغن سطحی

۰/۵ گرم از پودر نانوکپسول حاوی روغن زنجبیل با ۱۰ میلی‌لیتر هگزان مخلوط گردید و پس از خشک نمودن نمونه‌های مخلوط شده با هگزان، به وسیله آون وزن هر یک از ۳۵ نمونه مخلوط شده اندازه‌گیری شد.

ب: اندازه‌گیری روغن کل

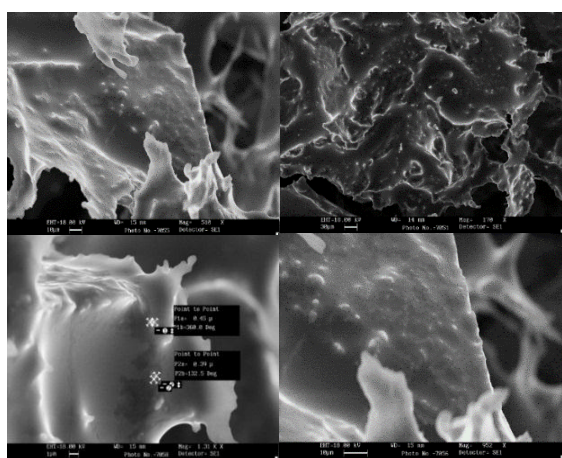
نسبت یک به ده (۱ به ۱۰) از پودر نانوکپسول در آب حل شد، پس از آن ۲۰ میلی‌لیتر هگزان به مخلوط اضافه شد، سپس مخلوط حاصله با استفاده از دستگاه پروب اولتراسوند برای ۲ دقیقه در دمای محیط و فرکانس  $100\text{ W/cm}^2$  تحت تاثیر امواج فراصوت قرار گرفت. در مرحله بعدی نمونه برای ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دور  $7500\text{ cycle/min}$  قرار گرفت و پس از آن رسوب‌های باقی مانده از ۳۵ نمونه توسط آون خشک شد و در نهایت راندمان نانوکپسول‌ها به روش کمی و از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$(1) \quad \text{روغن کل} \times 100 = \frac{\text{روغن سطحی}}{\text{راندمان روغن استخراجی}}$$



شکل ۳: تصویر تهیه شده از میکروسکوپ

- شکل‌شناسی سطح نانو کپسول و توزیع اندازه ذرات توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی طبق تصاویر تهیه شده از نانو کپسول حاوی روغن زنجبیل که در شکل ۴ نشان داده شده است، مشخص شده که شکل کپسول‌ها به صورت کروی و اندازه ذرات بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ نانومتر می‌باشد.

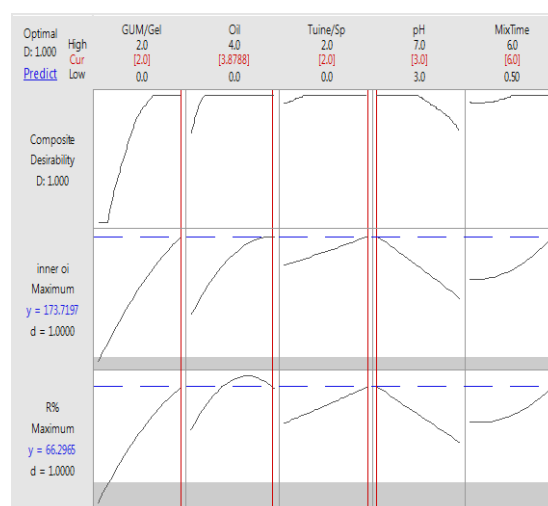


شکل ۴: تصویر تهیه شده از میکروسکوپ روبشی

### نتیجه‌گیری

ترکیبات روغنی حساس و دارای خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و آفت‌کشی مفیدی هستند و به منظور افزایش پایداری این ترکیبات و کنترل آزادسازی آن‌ها می‌توان از فرآیند کپسوله‌کردن استفاده نمود. روش‌های مختلفی به منظور کپسوله‌کردن روغن‌های گیاهی وجود دارد که از لحاظ شرایط فرآیند و بازده کپسوله‌کردن با یکدیگر متفاوت

$723/07 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه C-H می‌باشد که وجود ترکیبات شیمیایی زنجبیل (زینگرون و جینجیرون) را تایید می‌کند. پیک  $1248 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه C-O می‌باشد که وجود شوگائول را تایید می‌کند و پیک  $2924/65 \text{ cm}^{-1}$  و  $2772 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه O-H می‌باشد که وجود زینگرون را تایید می‌کند. در طیف مربوط به نانو کپسول حاوی روغن زنجبیل پیک  $721/71 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه C-H می‌باشد. پیک  $1271 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه C-O و پیک  $2924/90 \text{ cm}^{-1}$  و پیک  $2774 \text{ cm}^{-1}$  مربوط به گروه O-H می‌باشد که عدم حضور هر یک از این طیف‌ها در نانو کپسول بدون روغن نشان دهنده آن است که روغن به طور نسبی در داخل کپسول جای گرفته و جابه‌جایی‌های مشاهده شده در پیک‌ها نیز بیانگر برهم کنش بین مواد با یکدیگر است.



شکل ۲: نمودار آنالیز FT IR نانو کپسول روغن زنجبیل

- شکل‌شناسی سطح نانو کپسول توسط میکروسکوپ نوری

با توجه به شکل ۳ حاصل از میکروسکوپ نوری استدلال اولیه در جهت تولید نانو کپسول مورد تایید می‌باشد.

هستند که در این پژوهش از روش توده‌ای استفاده شد و صمغ عربی و ژلاتین که هر دو پلیمری طبیعی با خواص و کاربردهای گسترده در صنایع غذایی و داروسازی می‌باشند استفاده گردید. با توجه به مطالعات فوق می‌توان نتیجه گرفت گیاه زنجبیل به علت هم‌خواص دارویی و دیگر خواص می‌تواند به عنوان سنتز نانوکپسول به روش تولید زیستی مطرح باشد.

## منابع

- [1] Adeyemi, H., 2010, The potential of secondary metabolites in plant material as deterrents against insect pests, *Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4: 243-246.
- [۲] حسینی امین، ب.، روحانی، ب.، ۱۳۹۲، اسانس‌های گیاهی، جایگزینی مناسب برای آفت‌کش‌های شیمیایی، مجموعه مقالات کنفرانس علوم کشاورزی و محیط زیست، شیراز، دانشگاه شیراز، ۱۵ اسفند، ص ۱۰۰.
- [3] Negahban, M., Ahmadi, M., Moharramipour, S., Mozdarani, H., 2014, Plant Essential Oils and Pest Management, *Journal of Basic and Applied Aspects of Biopesticides*, 2: 129-153.
- [۴] توکلی، ه.، آراتیان، ن.، ۱۳۹۵، مروری بر اثر زنجبیل در التهاب، مجله ره آورد سلامت، ۱: ۲۵-۳۰.
- [5] Moretti, M.D.L., Peana, A.T., Panin, F., Pippia, P., 2002, Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils, *Journal of Phytomedicine*, 9: 721-726.
- [۶] هلیروودی، و.، ۱۳۹۵، اثره حشره‌کشی نانو کپسول و میکرو کپسول حاوی اسانی آویشن شیرازی روی شپشه قرمز آرد *Tribolium castaneum* و سوسک چهار نقطه‌ای *Callosobruchus maculatus*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه شاهد.
- [7] Kothamasu, P., Kanumur, H., Ravur, N., 2012, Nanocapsules: The Weapons for Novel Drug Delivery Systems, *Journal of Bioimpacts*, 2:71-81.
- [۸] سادات نوری، الف.، خدایاری، م.، ۱۳۸۴، مقدمه‌ای بر نانو تکنولوژی، تهران، انتشارات نورپردازان، ۱۷۶ صفحه.
- [۹] آهنگران، ف.، حیاتی، م.، نوارچیان، الف.، اساعیل پور، ک.، ۱۳۹۴، مروری بر روش‌های کپسوله کردن مواد و بررسی ریزکپسول‌های دیواره پلی متیل متاکریلات، نشریه مهندسی شیمی ایران، ۸۶: ۱۶-۲۷.
- [۱۰] جعفرپور، ع.، اصفهانی، ر.، جعفری، م.، ۱۳۹۵، بررسی نانو ریزپوشانی اسیدچرب امگا-۳ به وسیله ژلاتین ماهی و صمغ عربی با استفاده از روش کواسرواسیون، مجله علمی شیلات ایران، ۲۹: ۲-۴۲.