

افزایش کارایی ضد قارچی اسانس آویشن شیرازی با رهایش کنترل شده آن به روش میکروکپسوله کردن

چکیده

هدف از این تحقیق استفاده از روش میکروکپسوله کردن برای حفظ ترکیبات فرار اسانس آویشن شیرازی و افزایش اثربخشی خصوصیات ضدقارچی آن با مکانیسم رهاسازی کنترل شده طی زمان بود. برای این منظور، در ابتدا با استفاده از دستگاه کلونجر از گیاه آویشن شیرازی اسانس تهیه و سپس با استفاده از روش تبخیر حلال و تشکیل امولسیون روغن در آب، کپسول‌های هسته-پوسته تشکیل شدند که دارای هسته روغنی و پوسته پلیمری از جنس پلی متیل متاکریلات بودند. بازدهی میزان کپسوله شدن مواد با روش طیف‌سنجی مرئی فرابنفش اندازه‌گیری شد و میزان بازدهی کپسول‌ها ۶۸ درصد تعیین شد. همچنین اندازه و شکل کپسول‌های تولیدشده با کمک میکروسکوپ نوری و مرفولوژی آن‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد. نتایج سینتیک رهایش ترکیبات فرار آویشن در حالت معمولی و کپسوله شده نشان داد که در مدت‌زمانی که همه ترکیبات اسانس آویشن تبخیر می‌شوند، تنها ۶ درصد آویشن کپسوله شده تبخیر شده و وارد محیط می‌شود. همچنین برای بررسی میزان اثربخشی اسانس آویشن در دو حالت معمولی و کپسوله شده قبل و پس از آبشویی، از کپک اسپرژیلوس نایجر با روش آزمون کاغذ صافی استفاده شد. نتایج نشان داد تفاوت چندانی بین خصوصیات مانع‌شوندگی اسانس آویشن در حالت معمولی با نمونه شاهد وجود ندارد و سرعت تبخیر بالای ترکیبات مؤثره آویشن از اثربخشی آن می‌کاهد. در مقابل، نقش بارز میکروکپسوله کردن پس از آبشویی مشخص شد و کارایی بالای اسانس آویشن کپسوله شده در برابر رویش کپک حاکی از قابلیت بالای این روش در حفظ ترکیبات ضد میکروبی اسانس آویشن بود.

واژگان کلیدی: اسانس آویشن شیرازی، پلی متیل متاکریلات، رهایش کنترل شده، کپک اسپرژیلوس، میکروکپسوله کردن.

سیدمحمود میری تازی^۱
اصغر طارمیان^{۲*}
محمد آزادفلاح^۳
علی عبدالخانی^۴
داوود افهامی سیسی^۵

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۳ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۴ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۵ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

tarmian@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۳

مقدمه

اسانس‌های گیاهی ترکیبات آلی هستند که به‌طور طبیعی توسط قسمت‌های مختلف گیاهان نظیر گل، برگ و

ساقه تولید می‌شوند. اسانس برخی از گیاهان به علت ماهیت آنتی‌اکسیدانی و ضدباکتریایی در صنایع مختلف از جمله صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی و... کاربرد

شدن کپسول‌ها در مرحله اعمال بر روی سطوح جلوگیری شود [۸].

اسانس آویشن مایعی زردرنگ یا زرشکی است که بوی مطبوع و طعم تند دارد. تیمول ترکیبی فنلی و مهم‌ترین ماده مؤثره آن بوده و ترکیب مهم دیگر آن کارواکرول است که به خوبی در الکل و حلال‌های آلی حل می‌شوند. این مواد عمدتاً در طی رشد گیاه در برگ‌های جوان ذخیره می‌شوند. در برخی از مطالعات نشان داده شده است که اسانس گیاه آویشن قدرت قارچ‌کشی و حشره‌کشی مناسبی دارد و در برابر قارچ عامل پوسیدگی قهوه‌ای و کپک اسپرژیلوس اثر بالاتری نسبت به سایر اسانس‌ها نشان می‌دهد [۹]. با توجه به اهمیت موضوع این تحقیق نخست به سنتز و آماده‌سازی اسانس گیاه آویشن با روش میکروکپسوله کردن و بررسی رهايش آن در محیط می‌پردازد و سپس خصوصیات ضد کپک آن را در دو حالت معمولی و کپسوله شده قبل و بعد از آزمون آبتشویی بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

مواد مصرفی

پلیمر پلی متیل متاکریلات (PMMA) با متوسط وزن مولکولی ۱۲۰ هزار گرم بر مول و پلی وینیل الکل (PVA) به‌عنوان پایدارساز (۹۸-۹۹ درصد هیدرولیز شده) از شرکت آلفا ایسر^۴ و دی کلرومتان، تتراهیدروفوران به‌عنوان حلال و استون به‌عنوان کمک حلال از شرکت مرک تهیه و بدون هیچ‌گونه خالص‌سازی مصرف شد. برای تهیه اسانس آویشن با درجه خلوص بالا، گیاه آویشن شیرازی از موسسه تحقیقات بذر و نهال واقع در کرج جمع‌آوری و در سایه خشک و سپس آسیاب شد.

اسانس‌گیری

عمل استخراج آبی با کمک دستگاه کلونجر و طی زمان ۴ ساعت انجام گرفت. تقریباً به ازای هر صد گرم گیاه آسیاب شده، میزان ۲ سی‌سی اسانس به دست آمد. دستگاه

زیادی دارند [۱]. با توجه به نگرانی‌های روزافزون استفاده از آفت‌کش‌های صنعتی در صنعت حفاظت چوب که برای سلامتی انسان و محیط‌زیست مضرات بی‌شماری دارد و در حال حاضر تعداد زیادی از آن‌ها با منع مصرف و یا محدودیت جدی در میزان مصرف مواجه شدند، استفاده از آفت‌کش‌ها با منشأ آلی و طبیعی موردتوجه بسیاری قرار گرفته است به‌طوری‌که این دسته از ترکیبات را آفت‌کش‌های سبز^۱ نیز می‌نامند [۲]. با این حال استفاده مستقیم از اسانس‌های گیاهی با محدودیت‌هایی نیز روبه‌رو است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها سرعت زیاد خروج ترکیبات فرار به محیط است و از این طریق از اثربخشی این مواد ارزشمند کاسته می‌شود. برای حل این مشکل می‌توان از روش میکروکپسوله کردن^۲ یا ریزپوشانی استفاده کرد [۳].

به‌طور کلی تکنیک میکروکپسوله کردن یک شیوه برای حفظ کیفیت اجزاء حساس و روشی مناسب برای تولید محصولاتی با خصوصیات بدیع و نوآورانه است. در این تکنیک، ذرات در اندازه میکرون و نانو در یک پوسته قرار داده می‌شوند. محصول فرآیند اصطلاحاً میکروکپسول^۳ نامیده می‌شود. میکروکپسول‌ها به دو جزء اصلی هسته و پوسته تقسیم می‌شوند. هسته (جزء اصلی) شامل جزء فعال (به‌عنوان مثال آفت‌کش) و پوسته (جزء فرعی) به‌طور موقت یا دائم از هسته در برابر محیط خارجی حفاظت می‌کند [۴]. روش‌های مختلفی برای تهیه میکروکپسول‌ها برشمرده‌اند که به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به دودسته فیزیکی و شیمیایی تقسیم کرد. از مهم‌ترین روش‌های شیمیایی می‌توان به روش‌های تبخیر حلال، پلیمریزاسیون امولسیون و پلی کنداسیون اشاره کرد [۵]. از میان روش‌های ذکرشده روش تبخیر حلال به علت سهولت و سادگی یکی از رایج‌ترین روش‌هاست. در این روش ابتدا یک امولسیون روغن در آب تشکیل می‌شود که دارای هسته روغنی و پوسته‌ای از جنس پلیمرهای طبیعی و یا مصنوعی هستند. پس از شکل‌گیری امولسیون، حلال در حین هم زدن توسط همزن مغناطیسی به تدریج خارج شده و کپسول‌ها شکل می‌گیرند. پوسته پلیمری با توجه به نوع کاربرد انتخاب می‌شود [۶-۷]. به‌عنوان مثال، در صنعت پوشش‌دهی منسوجات، فلزات و چوب می‌توان از پوسته‌هایی که مقاومت بالاتری دارند نظیر پلی استایرن و پلی متیل متاکریلات استفاده کرد تا از شکسته

¹ Green Pesticide

² Microencapsulation

³ Microcapsule

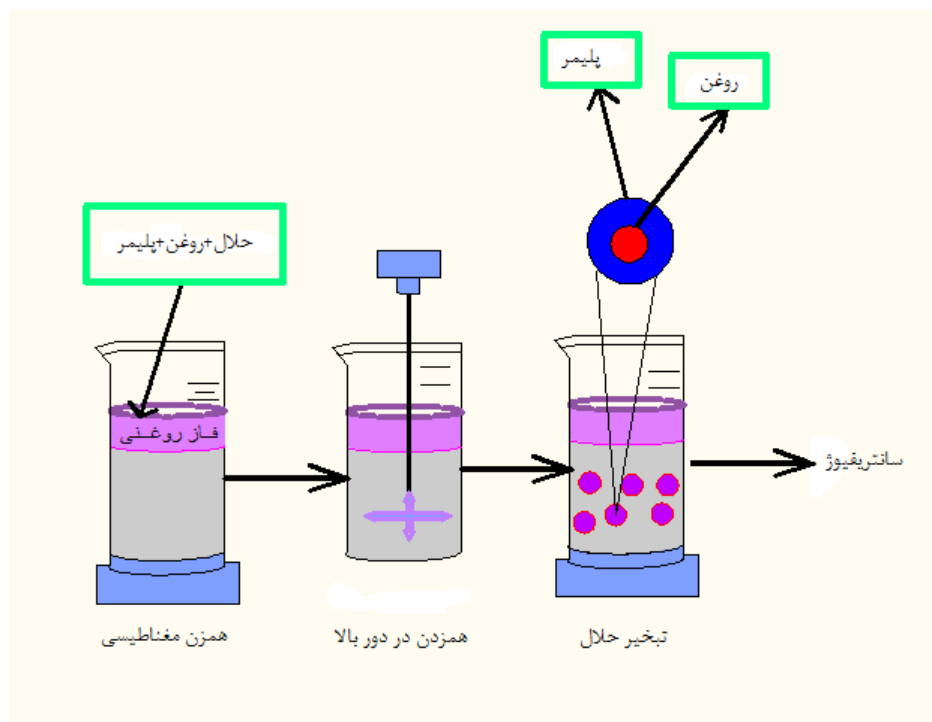
⁴ Alfa Aesar

در ابتدا ۳/۶۰ گرم PMMA در ۱۰ سی سی تولوئن حل شده و سپس در حین فرآیند مقدار ۱/۶۰ سی سی اسانس آویشن به صورت قطره قطره و به تدریج به ترکیب فوق اضافه شد. پس از این مرحله، محلول آبی پلی وینیل الکل ۱ درصد به ترکیب روغنی اضافه شد و به مدت نیم ساعت با استفاده از همزن با ۸۰۰ دور در دقیقه هم زده شد. پس از تبخیر تولوئن میکروکپسول‌های حاوی اسانس آویشن، با کمک سانتریفیوژ با ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت ترکیب شیرین رنگ حاوی کپسول‌ها در ویال‌های شیشه‌ای مخصوص ریخته و در محیط تاریک قرار گرفتند (شکل ۱).

کلونجر از سه بخش بالن، لوله جداساز روغن و مبرد ساخته شده است. در این روش، گیاه مورد نظر به طور مستقیم در یک بالن تقطیر داخل آب قرار گرفته، به طوری که حدود دوسوم حجم بالن توسط آب اشغال شده و حرارت داده می‌شود. بخارهای تولید شده آب حاوی مولکول‌های اسانسی نیز هستند. این بخارات پس از عبور از لوله‌های مبرد، مایع شده و در قسمت گیرنده جمع‌آوری می‌شود.

میکروکپسوله کردن

برای تهیه میکروکپسول‌های پلی متیل متاکریلات حاوی اسانس آویشن از روش اصلاح شده Teeka و همکاران (۲۰۱۵) استفاده شد [۱]. برای تهیه امولسیون روغن/آب،



شکل ۱- دیاگرام نحوه سنتز میکروکپسول‌های حاوی اسانس آویشن با پوسته پلیمری پلی متیل متاکریلات

تعیین راندمان میکروکپسول‌ها

برای تعیین میزان بازدهی میکروکپسول‌ها از دستگاه طیف‌سنج نور مرئی-فرابنفش استفاده شد. تقریباً ۲۰ میلی گرم از کپسول‌های پلیمری پودری شکل در ۱۰ سی سی تتراهیدروفوران حل شد. مقادیر اسانس آویشن موجود در کپسول پلیمری در محدوده حداکثر جذب ۲۷۴ نانومتر قرائت شد و با مقایسه عدد به دست آمده با

ارزیابی مرفولوژی، راندمان و اندازه

میکروکپسول‌ها

شکل و اندازه قطرات روغنی در امولسیون به کمک میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین دیجیتال (مدل FLUO-3 کمپانی Bel ایتالیا) و مرفولوژی کپسول‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدل ZEISS DSM 960 A ساخت کشور آلمان) بررسی شد.

جداگانه در الکل اتانول ۹۶ درصد به عنوان نمونه شاهد، اسانس آویشن با غلظت ۱۰ درصد و میکروکپسول با غلظت ۱۰ درصد به مدت ۴۰ ثانیه در محیط آزمایشگاه غوطه‌وری و سپس به مدت دو هفته در اتاق کلیما نگهداری شدند. کاغذهای صافی به مربع‌هایی به ابعاد ۲/۸ سانتی‌متر تبدیل شدند و سپس نمونه‌ها به دودسته تقسیم شده و برای انجام آزمون مقاومت به کپک قبل و بعد از آبشویی آماده شدند. هر تیمار در سه تکرار انجام شد. برای بررسی مقاومت به کپک ابتدا سوسپانسیون کپک اسپرژیلوس نایجر تهیه و با استفاده از لام هماتوسیتمتر میزان اسپوره‌های موجود در سوسپانسیون در محدوده $10^6 \times 1/2 - 0/8$ اسپور بر میلی‌لیتر قرار گرفتند. سپس کاغذهای صافی در پتری‌دیش‌های حاوی عصاره مالت اکسترکت آگار قرار داده شدند. در مرحله نهایی مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون حاوی اسپوره‌های کپک بر روی سطوح کاغذ و مالت آگار اسپری شد. میزان مقاومت به کپک به صورت بصری و با مقیاسی از صفر تا چهار مطابق جدول ۱ تعیین شد.

آزمون آبشویی

آبشویی نمونه‌ها مطابق روش Nikola (۲۰۱۴) به صورت ۶ ساعت غوطه‌وری در آب و ۱۸ روز خشک شدن در هوای آزاد صورت پذیرفت [۱۱] و این سیکل ۴ بار تکرار شد و مقاومت به کپک و میزان خروج ترکیبات فرار بعد از سیکل چهارم تعیین شد.

نمودارهای استاندارد محلول آویشن در ۳۰۰ ppm، ۴۰۰ ppm، ۵۰۰ ppm و ۶۰۰ ppm، میزان غلظت آویشن به دست آمد. سپس با استفاده از رابطه ۱ میزان بازدهی میکروکپسول‌ها مشخص شد.

$$A = (B/C) \times 100 \quad (1)$$

در رابطه فوق A درصد کپسوله شدن، B میزان اسانس موجود در کپسول‌ها که توسط طیف‌سنج محاسبه شد (برحسب گرم) و C میزان آویشن مخلوط شده با پلیمر است که در ابتدا طبق دستورالعمل مخلوط شدند (برحسب گرم).

سینتیک رهایش ترکیبات فرار اسانس آویشن

برای بررسی سینتیک رهایش ترکیبات فرار اسانس آویشن از روش اصلاح‌شده Souza و همکاران (۲۰۱۴) استفاده شد [۱۰]. برای این منظور، ۱ سی‌سی از آویشن در حالت معمولی و ۱ گرم پودر کپسوله‌شده توزین و در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در بازه‌های زمانی ۱ ساعت هرکدام از آن‌ها از آون خارج شده و مجدداً توزین شدند. روند کاهش وزن در بازه‌های زمانی ۱ ساعت محاسبه و برحسب درصد نشان داده شده است.

آزمون مقاومت به کپک اسپرژیلوس نایجر

میزان بازدارندگی اسانس آویشن شیرازی در دو حالت معمولی و کپسوله‌شده قبل و بعد از آبشویی در مقابل کپک اسپرژیلوس نایجر (*Aspergillus niger*) به مدت ۴ هفته ارزیابی شد. به این منظور کاغذهای صافی به‌طور

جدول ۱- ارزیابی شاخص مقاومت به کپک به صورت بصری

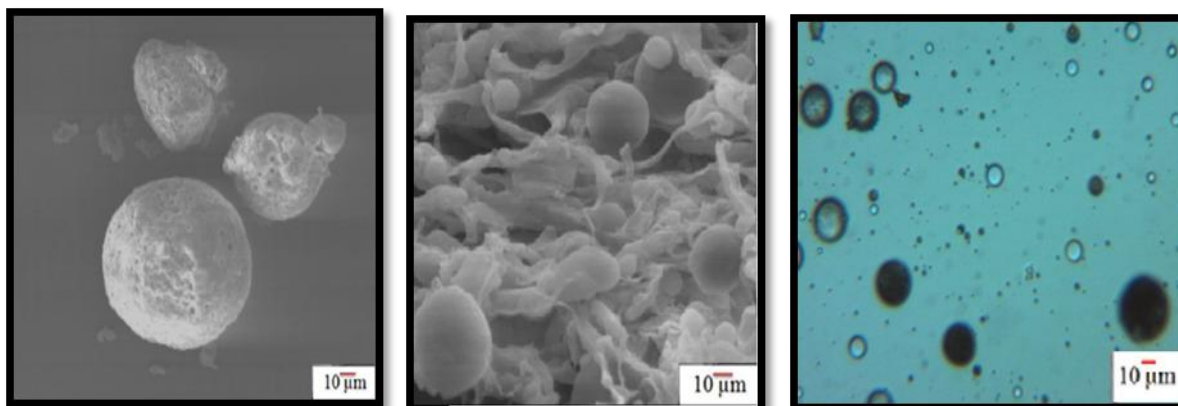
مقیاس	پوشش سطح (درصد)
۰	۰ (بدون رشد کپک)
۱	۰ تا ۱۰ درصد
۲	۱۰ تا ۳۰ درصد
۳	۳۰ تا ۵۰ درصد
۴	۵۰ تا ۱۰۰ درصد

نتایج و بحث

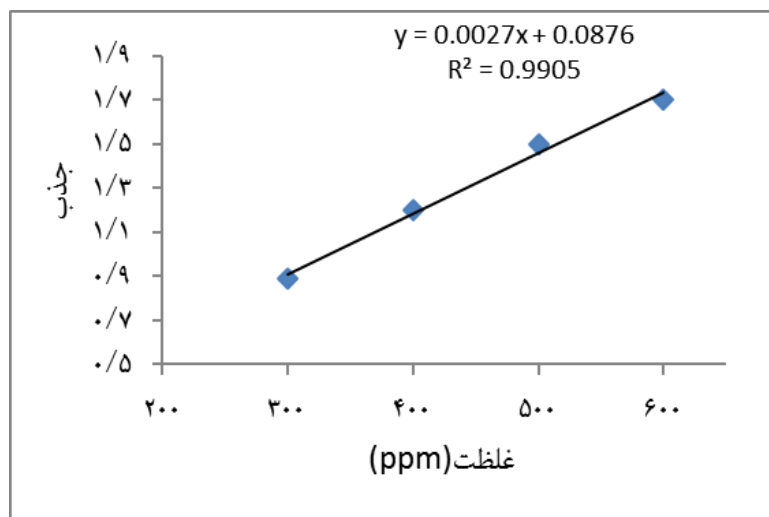
مرفولوژی، اندازه و راندمان کپسوله شدن

نتایج مطالعات میکروسکوپ نوری و الکترونی حاکی از تشکیل شدن میکروکپسول‌ها بود. نتایج نشان داد که اندازه میکروکپسول‌ها بین ۵ تا ۵۰ میکرون متغیر است (شکل ۲). نتایج بررسی راندمان میکروکپسوله شدن اسانس

آویشن با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نور مرئی-فرابنفش نشان داد که میزان اسانس موجود در کپسول‌ها معادل ۴/۵ میلی‌گرم از ۲۰ میلی‌گرم پودر کپسوله شده بود. به عبارت دیگر میانگین میزان راندمان کپسوله شدن برابر ۶۸ درصد محاسبه شد. شکل ۳ نمودار استاندارد اسانس آویشن در غلظت‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۲- تصویر میکروسکوپ نوری و الکترونی از میکروکپسول‌های پلی‌متیل متاکریلات دارای هسته روغنی



شکل ۳- نمودار خطی استاندارد اسانس آویشن در غلظت‌های مختلف

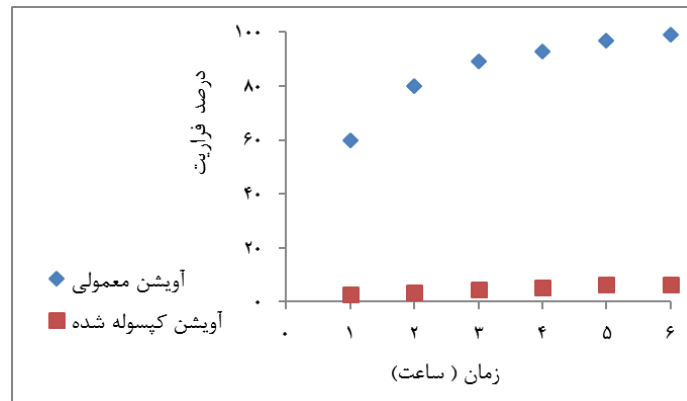
همکاران (۲۰۰۹)، اسانس گیاه رزماری با پوسته پلیمری اتیل سلولز میکروکپسوله شد و میزان بازدهی با محاسبه تفاوت وزنی کپسول‌های حاوی روغن با کپسول‌های عاری از روغن، معادل ۴۰ درصد به دست آمد [۱۲].

در تحقیق Teeka و همکاران (۲۰۱۴) نیز راندمان کپسوله کردن اسانس گیاه یاسمن با پوسته پلیمری پلی‌متیل متاکریلات و با روش مشابه این تحقیق، ۷۲ درصد محاسبه شد [۱]. همچنین در تحقیق Vonica و

وارد محیط شده است. در تحقیقی که توسط Souza و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد نتایج سینتیک رهایش اسانس لیمو از پوسته کایتوسان نشان داد که در طی زمان ۸ ساعت میزان ۱۰ درصد از اسانس لیمو در حالت معمولی تبخیر شد حال آنکه این مقدار برای اسانس کپسوله شده کمتر از ۱ درصد در مدت زمان مشابه بود [۱۰].

سینتیک رهایش ترکیبات فرار آویشن

شکل ۵ میزان خروج ترکیبات فرار را برحسب زمان نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که پس از پایان ساعت ششم تقریباً ۹۷ درصد اسانس آویشن تبخیر و وارد محیط شده است، درحالی‌که در مدت زمان مشابه تنها حدود ۶ درصد اسانس آویشن موجود در کپسول‌ها از آن خارج و

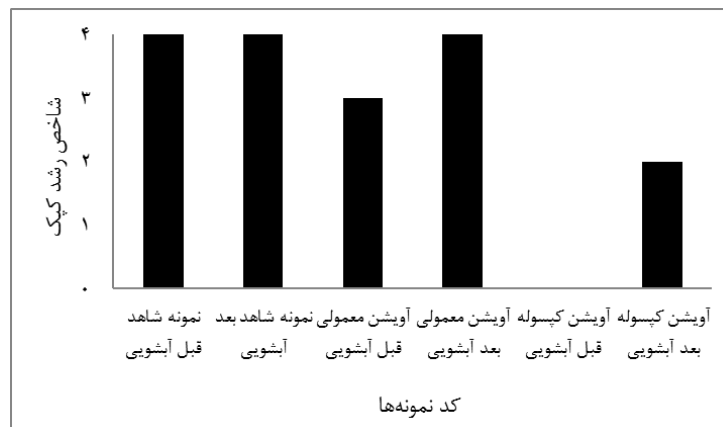


شکل ۴- میزان خروج ترکیبات فرار اسانس آویشن در بازه زمانی ۶ ساعت

کپک نمونه‌های تیمار شده با آویشن در حالت معمولی پس از آبخوبی در حد نمونه شاهد بود. این مسئله نشان‌دهنده عدم کارایی مناسب ترکیبات آویشن در برابر رویش کپک اسپریژیلوس نایجر پس از آبخوبی است. بیشترین مقاومت در برابر رویش کپک در نمونه‌های تیمار شده با اسانس آویشن میکروکپسوله شده مشاهده شد که با نتایج سینتیک رهایش مطابقت دارد (شکل ۴). به عبارت دیگر رهایش کنترل‌شده ترکیبات مؤثره آویشن منجر به حفظ و افزایش کارایی خصوصیات ضد میکروبی اسانس شده است.

مقاومت به کپک اسپریژیلوس نایجر

نمونه‌های شاهد تیمار شده با اتانول (قبل و پس از آبخوبی) مقاومت به کپک مشابهی داشتند و هر دو در طبقه ۴ قرار گرفتند. در مورد تیمار با اسانس آویشن در حالت معمولی، قبل از آبخوبی مقاومت به کپک در طبقه ۳ و پس از آبخوبی در طبقه ۴ قرار گرفت (شکل ۵). نکته قابل توجه عدم اثربخشی مناسب ترکیبات مؤثره اسانس آویشن در حالت معمولی بود که می‌تواند ناشی از خروج سریع ترکیبات مؤثره اسانس آویشن باشد به طوری که مقاومت به



شکل ۵- شاخص مقاومت به کپک در تیمارهای مختلف

روی رویش کپک پس از آبشویی نشان نداد و مقیاس رشد کپک در آن مشابه نمونه شاهد بود، نمونه‌های تیمار شده با آویشن کپسوله‌شده حتی پس از تیمار آبشویی نیز مقاومت بهتری در برابر رویش کپک از خود نشان دادند. با توجه به تنوع گیاهان دارویی در داخل کشور و وجود ظرفیت‌های فراوان در این زمینه و همچنین گستردگی پلیمرهای طبیعی و سنتزی قابل‌استفاده در روش میکروکپسوله‌کردن، پیشنهاد می‌شود تحقیقات مشابه با سایر گیاهان دارویی و پلیمرهای مختلف سنتزی و طبیعی انجام پذیرد. همچنین خصوصیات مانع شونده این گیاهان در برابر سایر عوامل مخرب زیستی نظیر حشرات مخرب و قارچ‌های متداول عامل پوسیدگی چوب می‌تواند مورد توجه علاقه‌مندان قرار بگیرد.

Nikola (۲۰۱۴) نیز نشان داد که میکروکپسوله‌کردن آفت‌کش سنتزی IPBC مقاومت آن را در برابر آبشویی افزایش داده و نمونه‌های حفاظت‌شده با میکروکپسول‌های دارای پوسته پلیمری پلی استایرن در برابر کپک‌های اسپرژیلوس، تریکودرما و پنی‌سلیوم مقاومت بالاتری در مقایسه با حالت عادی از خود نشان می‌دهند [۱۱].

نتیجه‌گیری

در تحقیق پیش رو نشان داده شد که با استفاده از روش میکروکپسوله‌کردن به چه میزان می‌توان از فراریت ترکیبات مؤثره آویشن کاست و تأثیر آن را بر روی جلوگیری از رویش کپک اسپرژیلوس نایجر در نمونه‌های کاغذ صافی تیمار شده مشاهده نمود. درجایی که کاغذ تیمار شده با آویشن معمولی تقریباً هیچ تأثیر حفاظتی بر

منابع

- [1] Teeka, P., Chaiyasat, A. and Chaiyasat, P., 2014. Preperation of Poly (methyl methacrylate) microcapsule with encapsulated Jasmin oil. *Procedia Engineering*, 56: 181-186.
- [2] Kaul, O., Walia, S. and Dhaliwal, G.S., 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticides international Indian journal*, 4(1):63-84.
- [3] Tarmian, A., 2017. Measurement of Fiber Saturation Point of Wood Using Differential Scanning Calorimetry: Measurement Fundamentals and Experimental Results. *Iranian Journal of wood and paper industries*, 7(4):615-623. (In Persian).
- [4] Ghosh, K.S. 2006. *Functional Coating by Polymer Microencapsulation*. Wiley-VHC Verlag GM bH & Co, Weinheim, Denmark, 371 p.
- [5] Benita, S., 1996. *Microencapsulation: Methods and Industrial applications*. Marcel Dekker, New York, 784 p.
- [6] Hong, K. and Park, S., 2000. Preparation of poly (l-lactic) microcapsules for fragrant fiber and their characteristics. *Polymer journal*, 41:4567-4572.
- [7] Byun, y., Hwang, B., Bang, S.H., Darby, D., Cooksey, K. and Dawson, P.L., 2011. Formulation and characterization of a-tocopherol loaded poly caprolactone (pcl) nanoparticles. *Food Science and Technology*, 44:24-28.
- [8] Pena, B., Mamuye, A. and Gumi, T., 2012. PSF/Vanillin capsules for Textile Application. *Procedia Engineering*, 44: 1331-1332.
- [9] Panek, M., Peinprecht, L. and Hulla, M., 2014. Ten Essential Oils for Beech Wood Protection-Efficacy Against Wood-destroying Fungi and Moulds, and Effect of Wood Discoloration, *Bioresources.com*, 9(3), 5588-5603.

- [10] Souza, M., Caldas, L., Tohidi, D. and Molina, J., 2014. Properties and controlled release of Chitosan microencapsulated Limonene oil. *Revista Brasileira Farmacognosia*, 24: 691-698.
- [11] Nikola, J., 2014. Microcapsule-protected actives reduce leaching. *European coatings journal*, 4:36-40.
- [12] Vonica, B., Kreft, O., Kokol, V. and Chen, W.T., 2009. Encapsulation of Rosemary Oil in Ethylcellulose Microcapsules. *Textile and Polymer Journal*, 1(1): 13-19.
- [13] Standard test method for determining the resistance of paint films and related coatings to fungal defacement by accelerated four-week agar plate assay, ASTM standard, D 5590, 2000

Microencapsulation of *Zataria multiflora* essential oil to improve its antifungal efficiency by controlled release mechanism

Abstract

The purpose of the present research was enhancing the thyme essential oil efficacy by microencapsulation technique with emphasis on controlled released mechanism. First, essential oil was extracted by hydro-distillation in a Clevenger-type apparatus for 4 h. Then, core-shell microcapsules were prepared using solvent evaporation method with oil in water emulsion system. To measure the efficacy of encapsulated thyme oil, UV-visible spectrometer was used and was found to be 68 percent. The size and shape of oil droplets in emulsion were observed with optical microscope and the morphology of the polymer capsules was observed with scanning electron microscope. Release kinetics in both free and encapsulated forms showed that all components of free oil evaporated into atmosphere, while just 6 percent of capsules evaporated in the same condition. So, microencapsulation method increased the efficacy of the essential oil with controlled release mechanism. Filter paper disk test was performed to investigate the fungicide effects of thyme oil in both free and capsulated forms before and after leaching test. Results revealed that there are no significant differences between control samples and those treated by free oil especially after leaching test. In contrast, the samples treated by microencapsulated thyme oil showed much more resistance against *Aspergillus niger* mold indicating that the controlled release mechanism can prevent mold growth on filter paper disk and therefore improved the oil efficacy.

Key words: *Aspergillus niger* mold, controlled release, *Zataria multiflora* essential oil, microencapsulation, poly methyl methacrylate.

S. M. Miri Tari¹
A. Tarmian^{2*}
M. Azad Fallah³
A. Abdulkani⁴
D. Efhamisi⁵

¹ Ph.D. student, Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Associate prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Assistant prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

⁴ Associate prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

⁵ Assistant prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:

tarmian@ut.ac.ir

Received: 2017/02/23

Accepted: 2017/06/03

