

## ساخت میکروکپسول های حاوی اسانس *Perovskia abrotanoides* و بررسی خواص ضد میکروبی آن

سید محمد جواد موسوی<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد محسن زاده<sup>۲\*</sup>

۲- استاد، بهداشت و ایمنی مواد غذایی، گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

### چکیده

امروزه استفاده از فناوری ریزپوشانی، برای افزایش خصوصیات عملگرایی برخی از ترکیبات، بسیار توسعه یافته است. میکروکپسولاسیون یکی از فرایندهایی است که برای حفظ برخی ترکیبات حساس از عوامل محیطی استفاده می شود. در این پژوهش اسانس برازمبل به روش هم رسوبی توسط بتاسیکلودکسترین میکروکپسوله شد. خصوصیات ضد میکروبی اسانس برازمبل علیه دو باکتری /شرشیاکلی و لیستریا مونوسیتوزنر ارزیابی شد. حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) برای /شرشیاکلی و لیستریا مونوسیتوزنر ۴/۸ و ۴/۸ بود. اندازه ذرات میکروکپسول اسانس برازمبل ۱۷۸ نانومتر و پتانسیل زتا میکروکپسول ۱۴/۴۶- بود. MIC میکروکپسول برای /شرشیاکلی (۲ mg/ml)، لیستریا مونوسیتوزنر (۴ mg/ml)، استافیلوکوکوس اورئوس (۴ mg/ml) و سالمونلا تایفی موریوم (۲ mg/ml) محاسبه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که هم رسوبی می تواند روش مناسبی برای تولید میکروکپسول اسانس برازمبل باشد. همچنین میکروکپسول اسانس برازمبل امکان استفاده به عنوان یک ترکیب ضد میکروبی در طول دوره نگهداری را دارد و می تواند در صنایع غذایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اسانس برازمبل، ضد میکروبی، بتاسیکلودکسترین، میکروکپسوله شده

## مقدمه

در تمام طول تاریخ زندگی بشر، فساد مواد غذایی از چالش‌های مهم در ذخیره و نگهداری مواد غذایی بوده است. روش‌های گوناگونی برای حفظ مواد غذایی از فساد به کار می‌رود. از روش‌های گوناگون می‌توان به خشک کردن، دود دادن، منجمد کردن و استفاده از نگهدارنده‌ها اشاره کرد. امروزه یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها، استفاده از نگهدارنده‌ها می‌باشد. نگهدارنده‌ها ترکیباتی هستند که از فساد مواد غذایی ناشی از آنزیم‌ها، میکروارگانیسم‌ها، اکسیژن و غیره جلوگیری می‌کنند. نگهدارنده‌ها نباید سمی باشند یا طعم را تغییر دهند و ثبات و اثربخشی مطلوبی را در مواد غذایی از خود نشان دهند (MacDonald & Reitmeier, 2017). با این وجود محدودیت‌هایی برای استفاده در مواد غذایی وجود دارد و ممکن است اثر بخشی مورد نظر را تامین نکنند. انواع مختلف نگهدارنده‌ها با روش‌های مختلف در مواد غذایی استفاده می‌شود. نگهدارنده‌ها می‌توانند طبیعی یا سنتزی باشند. یکی از بهترین روش‌ها برای حفظ ویژگی نگهدارنده‌ها، استفاده به صورت میکروکپسوله شده می‌باشد که با این تکنیک، عامل نگهدارنده به طور موثری می‌تواند اثر خود را بر ماده غذایی در طول فرایند و دوره نگهداری اعمال کند (Lima et al., 2019).

ریزپوشانی یک فناوری نوظهور می‌باشد که با پوشاندن ترکیبات گوناگون در داخل یک ماده پلیمری یا غیر پلیمری موجب انتشار کنترل شده آن مواد در شرایط خاص می‌شود که این فرآیند باعث محافظت از ماده مورد نظر در برابر شرایط مختلف فراوری ماده غذایی شده و موجب افزایش کیفیت حسی از طریق پوشاندن عطر و طعم ناخوشایند و همچنین با مهار رشد میکروبی، ایمنی ماده غذایی را افزایش می‌دهد (Calderón-Oliver & Ponce-Alquicira, 2022).

میکروکپسول‌ها معمولاً بین ۰/۲ تا ۵۰۰۰ میکرو متر قطر دارند و از یک ماده محصور کننده یا دیواره تشکیل شده‌اند که، هسته (ماده فعال) را در بر می‌گیرند. اندازه ذرات نهایی به عوامل متعددی مانند روش پردازش و ماهیت ماده محصورکننده بستگی دارد. بنابراین، مهم است با توجه به عملکرد یا مقصد میکروکپسول و اندازه ذرات مورد نظر نوع ماده دیواره انتخاب شود. مواد دیواره همچنین منجر به تغییر در راندمان، میزان رهایش و پایداری کپسولاسیون می‌شود (Gul, 2017).

اسانس‌ها دارای خواص آنتی باکتریال و آنتی اکسیدانی بسیار مطلوبی هستند که باعث شده در طیف وسیعی از مواد غذایی استفاده شوند. اسانس‌ها در معرض برخی عوامل محیطی دچار تغییر می‌شوند و تا حدودی از خواص آن کاسته می‌شود. راه‌های گوناگونی برای حفظ اسانس‌ها در برابر عوامل محیطی تاثیر گذار وجود دارد که یکی از بهترین روش‌ها فرآیند کپسول کردن این ترکیبات است. در این فرآیند اسانس بر اساس هدفی که برای آن تعریف شده است در کپسول محصور شده و با توجه به شرایط در زمان و مکان مناسب از کپسول خارج می‌شود، در این روش کمترین تغییر در خواص اسانس رخ می‌دهد (Guo et al., 2020).

گونه *Perovskia abrotanoides* Kar. با نام فارسی "برازمیل" و نام محلی "گل کبود" گیاهی بوته‌ای تا ارتفاع ۱/۵ متر می‌باشد، که چند ساله و به وسیله بذر تکثیر می‌شود. گیاه برازمیل در ایران، آسیای مرکزی، پاکستان، هند و افغانستان می‌روید. در ایران این گیاه بیشتر در شرق، شمال شرق و مرکز رشد می‌کند. این گیاه دارای خواص متعدد مانند ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی، ضد التهاب، ضد سرطان و ضد دیابت می‌باشد (Mohammadhosseini et al., 2021).

بتا سیکلودکترین، الیگوساکارید حلقوی مخروطی کوتاه است، که از هفت واحد گلوکز تشکیل شده است. این ماده غیر سمی و دوست‌دار طبیعت می‌باشد و دارای یک سطح بیرونی آبدوست و حفره تو خالی آب‌گریز می‌باشد (Liu et al., 2021). ماهیت آبدوستی سطح بیرونی به آن این اجازه را می‌دهد که با مواد زیست تخریب پذیر آبدوست برای کاربردهای گوناگون ادغام شود و همچنین خاصیت آب‌گریزی سطح داخلی موجب ارتباط بهتر با اسانس‌ها می‌شود (Kong et al., 2023).

هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات ضد میکروبی اسانس برازمبل میکروکپسوله شده با بتا سیکلودکستترین به روش همرسوبی<sup>۱</sup> بود که پس از تهیه میکروکپسول برازمبل، اندازه ذرات، پتانسیل زتا و خصوصیات ضد میکروبی آن مورد بررسی قرار گرفت.

## روش تحقیق

### تهیه اسانس برازمبل

گیاه برازمبل از مناطق شمالی استان خراسان رضوی جمع آوری گردید و در شرایط کاملاً بهداشتی در دمای محیط خشک شد. برای یکنواختی اندازه ذرات گیاه برازمبل، گیاه خشک شده توسط آسیاب نیمه صنعتی به طور کامل پودر گردید و از الک آزمایشگاهی عبور داده شد. میزان ۲۰ گرم پودر گیاه برازمبل با ۷۵۰ میلی لیتر آب مقطر به دستگاه کلونجر (آداک، ایران) منتقل شد. عملیات اسانس گیری به مدت ۳ ساعت ادامه پیدا کرد و در هر دقیقه یک میلی لیتر اسانس استخراج گردید. پس از عملیات اسانس گیری، اسانس بدست آمده در ظروف شیشه ای تیره جمع آوری شدند.

### باکتری‌های مورد مطالعه

باکتری‌های مورد مطالعه شامل /شرشیاکلی(ATCC۲۵۹۲۲)، لیستریا مونوسایتوزنز(ATCC۷۶۴۴)، سالمونلا تایفی موریوم(ATCC۱۴۰۲۸)، استافیلوکوکوس اورئوس(ATCC۲۵۹۲۳) بودند.

### تهیه سوسپانسیون‌های میکروبی ۰.۵ مک فارلند

برای تهیه سوسپانسیون‌ها، ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش، تلقیح از کشت ذخیره (بخش بهداشت مواد غذایی دانشکده دامپزشکی دانشگاه فردوسی مشهد) به محیط کشت شیبدار مولر هینتون آگار صورت پذیرفت. سوسپانسیون غلیظ میکروبی به کمک محلول رینگر، پس از رشد باکتری بر روی سطح شیبدار آگار تهیه شد. پس از آن کدورت محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر اندازه گیری شد و تا رسیدن کدورت به کدورت استاندارد ۰/۵ مک فارلند با محلول رینگر رقیق شد.

### تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمبل

MIC اسانس برازمبل طبق روش میکرودايلوشن براث و در محیط کشت BHI براث، در میکروپلیت ۹۶ خانه ای انجام شد. ابتدا اسانس برازمبل جهت عدم وجود ناخالصی فیلتر شد و ۸ غلظت (۰/۰۰۷۸۱۲۵-۱ درصد) تهیه شد. ۳ ردیف (با ۳ تکرار) از میکروپلیت ۹۶ خانه‌ای برای تعیین MIC استفاده شد. ستون‌های ۱ تا ۸ با ۱۶۰ میکرولیتر BHI براث و ۲۰ میکرولیتر باکتری که از قبل تهیه شده بود به میزان ۱۰<sup>۵</sup> CFU/mL و ۲۰ میکرولیتر از غلظت‌های مختلف اسانس پر شد. ستون‌های ۱۱ و ۱۲ به

<sup>2</sup> Co-Precipitation Method

عنوان گروه‌های کنترل در نظر گرفته شد. سپس در ۳ ردیف به میزان ۱۸۰ میکرولیتر محیط BHI برآف افزوده شد. در ستون ۱۱ میزان ۲۰ میکرولیتر اسانس (کنترل منفی) و در ستون ۱۲ میزان ۲۰ میکرولیتر باکتری (کنترل مثبت) افزوده شد. میکروپلیت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت. پس از گذشت این زمان برای بررسی رشد و عدم رشد باکتری در مقایسه با گروه‌های کنترل، به هر خانه ۲۰ میکرولیتر معرف تری فنیل تترازولیوم افزوده شد و مجدد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد گرمخانه گذاری گردید. تغییر رنگ به قرمز نشان دهنده رشد باکتری بود. کم‌ترین غلظتی که هیچ گونه تغییر رنگی نداشت به عنوان حداقل غلظت بازدارندگی تعیین شد.

برای تعیین حداقل غلظت کشندگی (MBC) از غلظت‌های بالاتر از حداقل غلظت بازدارندگی که در آن‌ها رشد باکتری کنترل شده بود، به پلیت دارای محیط کشت BHI برآف منتقل و به صورت خطی کشت داده شد و در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری شد. کم‌ترین غلظتی که در آن باکتری رشد نداشته بود به عنوان MBC در نظر گرفته شد.

#### تهیه میکروکپسول اسانس برازمبل و بتا یکلودکستین

برای ساخت کمپلکس اسانس برازمبل و بتاسیکلودکستین از روش رسوب همزمان (همرسوبی) استفاده شد. برای این منظور در یک بشر ۵۰ سی سی، ۲ گرم بتاسیکلودکستین در ۲۰ میلی لیتر از مخلوط اتانول و آب دیونیزه (۱:۲ حجمی/حجمی) حل شد. برای حل شدن بتاسیکلودکستین و همچنین یکنواخت شدن محلول، با استفاده از استیرر در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱ ساعت همزده شد. سپس دمای محلول تا ۳۰ درجه سانتی گراد خنک گردید و میزان ۵۰۰ میکرولیتر اسانس حل شده در اتانول (۱:۱ حجمی/حجمی)، به آرامی و با همزدن مداوم به محلول اضافه شد. محلول به مدت ۱ ساعت در دمای محیط توسط استیرر همزده شد. نشانه‌ی اتمام مرحله تشکیل کمپلکس‌ها، حذف فاز روغنی از امولسیون بود. مخلوط حاصل در معرض حمام اولتراسونیک (شدت میدان ۹۰ W) به مدت ۴ ساعت قرار گرفت. محلول نهایی به مدت یک شب در دمای یخچال (۴ درجه سانتی گراد) نگهداری شد. کمپلکس‌های تشکیل شده به روش فیلتراسیون تحت خلاء بازیابی شدند. رسوب حاصل، دو مرتبه با اتانول ۳۰ درصد به خوبی شستشو داده شد تا اسانس‌های بدون کپسول و همچنین اسانس‌هایی که بر سطح بتاسیکلودکستین‌ها باقیمانده بودند شسته شوند. برای خشک کردن کمپلکس‌های بدست آمده، در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت در آن تحت خلاء قرار گرفت. پس از ثابت شدن وزن، کمپلکس‌های خشک شده تا زمان آزمایش‌های بعدی در ظروف تیره رنگ و غیر قابل نفوذ به هوا قرار گرفت (Halahlah et al., 2021; Kotronia et al., 2017; Yan et al., 2022).

#### تعیین اندازه ذرات و پتانسیل زتا

اندازه ذرات و پتانسیل زتا کمپلکس با استفاده از روش پراکندگی دینامیکی نور (DLS<sup>2</sup>) دستگاه (VASCO, Nano-Particle Size Analyzer, France) که روشی بسیار سریع می‌باشد تعیین مقدار شد.

## تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمبل میکروکپسوله شده

برای این کار از محیط کشت BHI broth استفاده شد. ابتدا محیط کشت و سوسپانسیون میکروارگانیسم‌های مورد مطالعه آماده شدند که برای این آزمون از غلظت  $1.5 \times 10^6$  باکتری‌ها استفاده شد. برای این کار ابتدا غلظت نیم مک فارلند (معادل  $\frac{CFU}{ml}$   $1.5 \times 10^8 - 1$ ) از باکتری‌ها تهیه شد و سپس تا غلظت  $10^6$  رقیق شدند. از غلظت‌های ۳۲، ۱۶، ۸، ۴، ۲، ۱، ۰.۵، ۰.۱۲۵، ۰.۰۶۲۵، ۰.۰۳۱۲۵ میلی گرم بر میلی لیتر از میکروکپسول اسانس برازمبل در بتاسیکلودکستین در آزمایش استفاده شد.

## آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS (version 16, SPSS, Inc. Chicago, IL, USA) با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه با مقایسه چندگانه بین تیمارها و به دنبال آن آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفت. تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد.

## یافته‌ها

### حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمبل

حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمبل به روش میکرودايلوشن برآت انجام شد و نتایج در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که نشان داده شده است میزان حداقل غلظت مهارکنندگی برای باکتری/شرشیا کلی و لیستریا مونوسیژنز به ترتیب ۴ و ۴ mg/ml بود و حداقل غلظت کشندگی برای باکتری/شرشیا کلی و لیستریا مونوسیژنز به ترتیب ۸ و ۸ mg/ml بود.

جدول ۱. نتایج سنجش حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمبل

ردیف	باکتری‌ها	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
۱	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	۴	۸
۲	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644	۴	۸

## اندازه ذرات و پتانسیل زتا

اندازه ذرات و پتانسیل زتا میکروکپسول‌های اسانس برازمبل به روش DLS انجام شد و نتایج در جدول ۲ و شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ آمده است. همان طور که نشان داده شده است اندازه ذرات میکروکپسول‌ها اسانس برازمبل ۱۷۸ نانومتر بود که مورد تأیید می‌باشد. پتانسیل زتا میکروکپسول ۱۴/۴۶- بود که نشان دهنده پایداری مطلوب محلول می‌باشد.

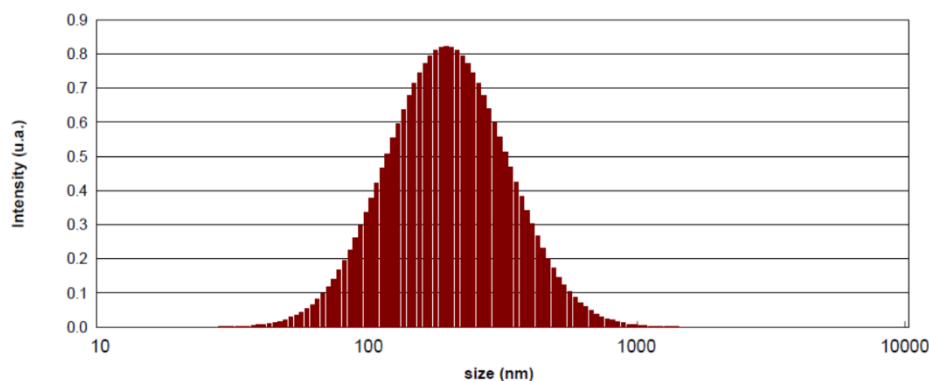
### جدول ۲. مقادیر اندازه ذرات و پتانسیل زتا میکروکپسول‌های اسانس برازمبل

اندازه ذرات (نانومتر)	پتانسیل زتا
-----------------------	-------------

-۱۴/۴۶

۱۷۸

میکروکپسول اسانس برازمیل



شکل ۱. پراکنش اندازه ذرات میکروکپسول اسانس برازمیل بر اساس فراوانی

### فعالیت ضد میکروبی میکروکپسول اسانس برازمیل با روش MIC

فعالیت ضد میکروبی میکروکپسول ها علیه باکتری های /شرشیاکلی، لیستریا مونوسیتوژنز، استافیلوکوکوس اورئوس و سالمونلاتایفی موریوم مورد آزمون قرار گرفت و نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر میکروکپسول اسانس بر باکتری های گرم منفی بیشتر از گرم مثبت بود، این مقادیر برای /شرشیاکلی (۲ mg/ml)، لیستریا مونوسیتوژنز (۴ mg/ml)، استافیلوکوکوس اورئوس (۴ mg/ml) و سالمونلا تایفی موریوم (۲ mg/ml) بود.

جدول ۳. نتایج سنجش حداقل غلظت بازدارندگی (MIC) میکروکپسول اسانس برازمیل

MIC (mg/ml)	باکتری ها	ردیف
۲	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	۱
۴	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644	۲
۴	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	۳
۲	<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14023	۴

### بحث و نتیجه گیری

تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمیل

حداقل غلظت مهارکنندگی (MIC) و حداقل غلظت کشندگی (MBC) اسانس برازمیل در جدول ۱ آمده است. نتایج نشان داد که اسانس برازمیل بر باکتری های /شرشیاکلی و لیستریا مونوسیتوژنز موثر است که مطابق با نتایج غفوریان و همکاران (۲۰۱۶) بود (Ghafourian & Mazandarani, 2017).

### اندازه ذرات و پتانسیل زتا

اندازه ذرات و پتانسیل زتا از ویژگی های مهم و تاثیرگذار بر عملکرد میکروکپسول ها می باشند. اندازه ذرات بر ویژگی های سطحی، پایداری فیزیکوشیمیایی، بارگذاری ترکیبات زیست فعال و تحویل هدفمند تاثیر می باشد (Kotronia et al., 2017).



اندازه ذرات در روش هم رسوبی بین ۲ تا ۱۲۰۰ میکرومتر متغیر می باشد که برای پژوهش ما ۱۷۸ نانومتر بود (Choudhury et al., 2021). این نتایج هم راستا با یافته های احمدی (۲۰۲۱) برای نانوامولسیون برازمبل بود (Ahmadi & Mohsenzadeh, 2023).

#### فعالیت ضد میکروبی میکروکپسول اسانس برازمبل با روش MIC

نتایج نشان دهنده اثر ضد باکتریایی میکروکپسول در برابر باکتری های گرم منفی و گرم مثبت بود. اثر ضد میکروبی میکروکپسول روی باکتری های گرم منفی بیشتر از باکتری های گرم مثبت بود که به ساختار دیواره سلولی باکتری های گرم مثبت و گرم منفی نسبت داده می شود. ساختار دیواره سلولی باکتری های گرم منفی از یک پوشش دو لایه تشکیل شده است، در حالی که ساختار دیواره سلولی باکتری های گرم مثبت از یک لایه پپتیدوگلیکان ضخیم تشکیل شده است و میکروکپسول ها تمایل بیشتری به ترکیب با ساختار دو لایه دارند (Arabi et al., 2017). قطر میکروکپسول ها تأثیر قابل توجهی بر غشای باکتری دارد (Nazari et al., 2019). همان طور که نتایج نشان داد میکروکپسول اسانس خاصیت ضد میکروبی بیشتری نسبت به اسانس داشت که به خاطر اندازه کوچک تر میکروکپسول در مقایسه با خود اسانس بود و همچنین میکروکپسول باعث محافظت اسانس در مقابل عوامل محیطی و در نتیجه عملکرد بهتر و پایدارتر آن در مقابله با باکتری ها شد.



## منابع

- Ahmadi, K., & Mohsenzadeh, M. (2023). Evaluation of antibacterial and antioxidant effect of gelatin-chitosan bilayer edible coating containing nanoemulsion of Perovskiaabrotanoides Kar. essential oil on growth control of Aeromonas hydrophila inoculated into rainbow trout fillet. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19(133). <https://doi.org/10.22034/FSCT.19.133.29>
- Arabi, M. H., , H., Mirzapour, A., Ardestani, M. S. ee, & Saffari, M. (2017). Preparation of nanoliposomes containing Rosmarinus offi cinalis L essential oil; A comparative study. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 10(1). <https://doi.org/10.21786/bbrc/10.1/15>
- Calderón-Oliver, M., & Ponce-Alquicira, E. (2022). The Role of Microencapsulation in Food Application. In *Molecules* (Vol. 27, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/molecules27051499>
- Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. In *Food Frontiers* (Vol. 2, Issue 4). <https://doi.org/10.1002/fft2.94>
- Ghafourian, M., & Mazandarani, M. (2017). Ethnopharmacology, ecological requirements, antioxidant and antimicrobial activities of perovskia abrotanoides Karel. Extract for vaginal infections from Semnan Province. *International Journal of Women's Health and Reproduction Sciences*, 5(4). <https://doi.org/10.15296/ijwhr.2017.50>
- Gul, O. (2017). Microencapsulation of Lactobacillus casei Shirota by spray drying using different combinations of wall materials and application for probiotic dairy dessert. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13198>
- Guo, J., Li, P., Kong, L., & Xu, B. (2020). Microencapsulation of curcumin by spray drying and freeze drying. *LWT*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109892>
- Halalah, A., Kavetsou, E., Pitterou, I., Grigorakis, S., Loupassaki, S., Tziveleka, L. A., Kikionis, S., Ioannou, E., & Detsi, A. (2021). Synthesis and characterization of inclusion complexes of rosemary essential oil with various  $\beta$ -cyclodextrins and evaluation of their antibacterial activity against Staphylococcus aureus. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2021.102660>
- Kong, P., Abe, J. P., Masuo, S., & Enomae, T. (2023). Preparation and characterization of tea tree oil- $\beta$ -cyclodextrin microcapsules with super-high encapsulation efficiency. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2023.03.004>
- Kotronia, M., Kavetsou, E., Loupassaki, S., Kikionis, S., Vouyiouka, S., & Detsi, A. (2017). Encapsulation of oregano (Origanum onites l.) essential oil in  $\beta$ -cyclodextrin ( $\beta$ -CD): Synthesis and characterization of the inclusion complexes. *Bioengineering*, 4(3). <https://doi.org/10.3390/bioengineering4030074>
- Lima, M. C., Paiva de Sousa, C., Fernandez-Prada, C., Harel, J., Dubreuil, J. D., & de Souza, E. L. (2019). A review of the current evidence of fruit phenolic compounds as potential antimicrobials against pathogenic bacteria. In *Microbial Pathogenesis* (Vol. 130). <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.03.025>
- Liu, Z., Ye, L., Xi, J., Wang, J., & Feng, Z. guo. (2021). Cyclodextrin polymers: Structure, synthesis, and use as drug carriers. In *Progress in Polymer Science* (Vol. 118). <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2021.101408>
- MacDonald, R., & Reitmeier, C. (2017). Understanding Food Systems. In *Agriculture, Food Science, and Nutrition in the United States*.





- Mohammadhosseini, M., Venditti, A., & Akbarzadeh, A. (2021). The genus *Perovskia* Kar.: ethnobotany, chemotaxonomy and phytochemistry: a review. In *Toxin Reviews* (Vol. 40, Issue 4). <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1691013>
- Nazari, M., Majdi, H., Milani, M., Abbaspour-Ravasjani, S., Hamishehkar, H., & Lim, L. T. (2019). Cinnamon nanophytosomes embedded electrospun nanofiber: Its effects on microbial quality and shelf-life of shrimp as a novel packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100349>
- Yan, Y., Zhao, X., Wang, C., Fang, Q., Zhong, L., & Wei, Q. (2022). Preparation, Optimization, and Characterization of Inclusion Complexes of *Cinnamomum longepaniculatum* Essential Oil in  $\beta$ -Cyclodextrin. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159513>

## Fabrication of microcapsules containing *Perovskia abrotanoides* essential oil and investigation of its antimicrobial properties

Seyed Mohammadjavad Mousavi

MSc. Student, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Mohammad Mohsenzadeh\*

\* Professor, Food Safety and Hygiene, Department of Food Hygiene and Aquaculture, Faculty of Veterinary medicine, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

### Abstract

Today, the use of micro-coating to increase the functional properties of some compounds is very developed. Microencapsulation is one of the processes used to preserve some sensitive compounds from environmental factors. In this research, *Perovskia abrotanoides* essential oil (PAEO) was microencapsulated by co-precipitation method by  $\beta$ -cyclodextrin. The antimicrobial properties of PAEO were evaluated against *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. The minimum inhibitory concentration (MIC) and the minimum bactericidal concentration (MBC) were 4 and 8 mg/ml for *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*. The particle size of PAEO microcapsule was 178 nm, and the zeta potential was -14.46. The antioxidant properties of PAEO and its microcapsules were determined as 46.44 and 78.92 mg/ml, respectively. The MIC was calculated for *Escherichia coli* (2 mg/ml), *Listeria monocytogenes* (4 mg/ml), *Staphylococcus aureus* (4 mg/ml) and *Salmonella typhimurium* (2 mg/ml). The results of this research showed that co-precipitation can be a suitable method for the production of microcapsules of PAEO and also that microcapsules of PAEO can be used as an antimicrobial compound during the storage period and can be used in the food industry.

**Keywords:** *Perovskia abrotanoides* Essential Oil, Antimicrobial, beta cyclodextrin, Microencapsulated