مجله ایمنی زیستی

دوره ۱۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱

ISSN ۲۷۱۶-۹۸۰۴ الکترونیکی، ISSN ۲۷۱۷-۰۶۳۲ چاپی

بررسی اثر حفاظتی میکروکپسول‌های حاوی اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات بر خصوصیات کمی و کیفی میوه گلابی رقم اسپادانا

نوع مقاله: پژوهشی 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0

روح اله فرامرزی دوزین[۱]، سعید طریقی[۲]، آرام بستان[۳]، احسان اسکوئیان[۴]، الهه معتمدی*[۵]

۱- دانشجوی دکتری، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار، گروه نانوفناوری مواد غذایی، پژوهشکده فناوریهای پیشرفته مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۴- استادیار، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۵- استادیار، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

motamedi@abrii.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳

صفحه ۹۶-۶۷

چکیده

کپسوله کردن ترکیبات موثره فعال نه تنها باعث آزاد شدن آهسته و هدفمند این مواد می‌شود، بلکه باعث افزایش ماندگاری، بهبود طعم و عطر میوه‌ها می‌شود. در مطالعه حاضر میکروکپسول‌های حاوی ترکیبات موثر اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات به‌عنوان هسته و با دیواره Hi-Cap 100 و مالتودکسترین به روش خشک کردن پاششی تهیه شد و با هدف بررسی اثرات این ترکیب بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه گلابی با فرمولاسیون‌های تجاری مقایسه شد. مطابق نتایج آنالیز GC-MS دو ترکیب O-cymene و terpinolene به ترتیب با مقادیر ۲۵/۶٪ و ۱۸/۵٪ مهمترین ترکیبات اسانس مرزه بودند. پتانسیل زتای میکروکپسول‌ها برابر ۳۵/۲۳- بود و میزان کارایی کپسولاسیون ۹۳/۰۲٪ بدست آمد. اثربخشی این ترکیب با غلظتهای مختلف (یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2) و سه گرم در لیتر (T3) با ترکیب شیمیایی اکسی‌کلرومس (O) به‌عنوان یک فرمول تجاری، روی میوه گلابی رقم اسپادانا در قالب آزمایش بلوک کامل تصادفی با سه تکرار ارزیابی و مقایسه شد. اثر تیمار اکسی‌کلرومس بر روی هیچ یک از پارامترهای رنگی L*a*b* معنی‌دار نشد اما تاثیر هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده بر روی سه پارامتر رنگی L*a*b* در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. تیمار T3 نسبت به تیمارهای T1 و T2 بیشترین تاثیر مثبت را بر روی رنگ پوست و بافت میوه، کیفیت و شاخص طعم داشت. میکروکپسول‌های تولیدی نه تنها باعث جلوگیری از فساد میوه در انبار شدند بلکه باعث حفظ کیفیت میوه و بهبود طعم و عطر میوه شدند.

واژه‌های کلیدی: درون‌پوشانی، آفت‌کش زیستی، او-سیمن ، کلسیم پروپیونات، گلابی رقم اسپادانا، بیماری آتشک.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

مقدمه

بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۰ سطح بارور باغ‌های کشور ۲/۶ میلیون هکتار بوده که حدود ۹/۷ درصد از آن به میوه‌های دانه‌دار مانند سیب، به و گلابی اختصاص دارد (Ahmadi et al. 2022). گلابی با نام علمی *Pyrus communis* از خانواده Rosaceae و زیر خانواده Pomoideae است (Kolniak-Ostek. 2016). گلابی یکی از محصولات مهم باغی کشور از لحاظ تغذیه‌ای، صنایع تبدیلی، صادرات و کسب درآمدهای ارزی محسوب شده و جایگاه مهمی در اقتصاد کشور دارد. بیماری آتشک (fire blight) یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر کاهش تولید گلابی در اکثر کشورهای دنیا از جمله ایران است (Abdollahi et al. 2008). این بیماری با عامل باکتریایی *Erwinia amylovora* از جمله مهم‌ترین بیماری‌های خطرناک میوه‌های دانه‌دار بشمار می‌رود که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی کمیت و کیفیت میوه‌جات تاثیرات منفی زیادی دارد (Abo-Elyousr et al. 2006; Romo Chacon et al. 2011). علائم این بیماری در مرحله میوه‌دهی شامل چروکیدگی، سیاه‌شدگی و مومیایی شدن میوه‌های جوان است و به‌طور معمول میوه آلوده مدت‌ها به شاخه درخت متصل باقی می‌ماند (Eastgate. 2000). متاسفانه تولید میوه‌های دانه‌دار در بسیاری از نقاط کشور به علت خسارات ناشی از بیماری‌های گیاهی و تحمیل هزینه‌های مبارزه، تولید این میوه‌ها را در این مناطق رفته رفته غیر اقتصادی کرده است (Hajnajari. 2012). بیماری آتشک در ایران از سال ۱۳۶۸ از برغان کرج از روی درختان گلابی گزارش شده است (Abdollahi et al. 2008). در یک بررسی سه ساله طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۷ عکس‌العمل ۸۹ رقم بومی و وارداتی تجاری سیب در شرایط آلودگی طبیعی به بیماری آتشک با استفاده از گروه‌بندی ارقام برای مقاومت به آتشک توسط روش وزارت کشاورزی ایالات متحده امریکا (United States department of agriculture, USDA) در ایستگاه تحقیقاتی کمال‌شهر کرج از نظر حساسیت به بیماری به چهار گروه بسیار مقاوم، نیمه‌مقاوم، حد وسط و نیمه حساس مورد ارزیابی قرار گرفت (Hajnajari. 2012). در سال ۱۳۹۹ در استان همدان ۳۴ جدایه مختلف با شباهت بیش از ۸۹ درصدی بر روی درختان میوه دانه‌دار شناسایی شد که نشان از یکنواختی ژنتیکی بالای این باکتری در این استان داشت (Darvishnia et al. 2021).

در بین میوه‌های دانه‌دار سیب، به و گلابی، بیماری آتشک بیشتر بر روی ارقام گلابی موجود

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

در ایران باعث خسارت عمده‌ای شده است به‌طوری‌که، در سال‌های طغیان این بیماری بیشترین خسارت در استان‌های فارس، خراسان رضوی، همدان، البرز و قزوین گزارش شده است (Abdollahi et al. 2008; Hajnajari. 2012; Darvishnia et al. 2021).

بررسی‌های زیادی نشان دادند که استفاده از سموم شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها علاوه‌بر به مخاطره انداختن سلامت انسان‌ها باعث آثار مخرب زیست‌محیطی نیز می‌شوند (McManus et al. 2002; Trinchera et al. 2020). به‌علاوه، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها نیز به علت ظهور جدایه‌های مقاوم باکتری یا قارچ در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته ممنوع یا محدود شده است (Hafez et al. 2021). بر این اساس استفاده از بیوکنترل‌ها به علت بی‌خطر بودن برای انسان و محیط زیست و برخورداری از خواص ضد میکروبی آن‌ها باعث شده تا بحث جایگزینی سم‌های شیمیایی با مواد طبیعی امن و دوستدار محیط زیست در دنیا مطرح شود (Abo-Elyousr et al. 2006; Wyckhuys et al. 2013).

گیاهان دارویی منبع غنی از ترکیبات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی هستند که از دیرباز در طب سنتی و نیز تهیه مواد دارویی فرموله‌شده مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Fierascu et al. 2018). بررسی‌ها نشان می‌دهد مواد موثره موجود در عصاره‌ها و اسانس‌ها شامل ترکیبات متنوعی از متابولیت‌های ثانویه از جمله ترپنوئیدها و فلاونوئیدها است که گیاهان را در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده مقاوم ساخته و با القای مقاومت سیستمیک گیاهان را در مقابل عوامل بیماری‌زا مقاوم می‌کنند (Chudasama and Thaker, 2014). اثربخشی اسانس‌ها بر روی عوامل میکروبی بستگی به نوع ماده موثره و فعالیت ضد میکروبی آن‌ها داشته و در اغلب موارد تاثیر این مواد موثره بر ساختار دیواره سلولی باکتری‌ها و قارچ‌های بیماریزا بوده است (Chavan and Tupe, 2014).

با توجه به ماهیت روغنی (ویژگی آب‌گریزی) اسانس‌ها، این مواد با نفوذ در لیپیدهای غشاء سلولی و افزایش نفوذپذیری سبب اختلال در فعالیت‌های حیاتی میکروارگانیسم‌ها شده و در نهایت باعث مرگ سلول‌ها شده‌اند (Xu et al. 2008). اسانس‌های گیاهی در برابر نور و هوا بسیار سریع اکسیده و پلیمریزه شده و خواص خود را از دست می‌دهند و از طرف دیگر تصعید نسبتاً سریع در معرض نور و حرارت خورشید نیز باعث کاهش اثر این مواد شده و نیاز به تکرار

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

محلول‌پاشی و صرف هزینه مجدد خواهد بود (Turek and Stintzing, 2013; Abdur et al. 2022). با پیشرفت فناوری نانو در بخش کشاورزی روش‌های متفاوتی از جمله استفاده از میکروکپسول‌ها، نانوکپسول‌ها و نانوژل‌ها جهت محافظت انتخابی ترکیبات موثره فرار گیاهی پیشنهاد شده است (Jang-Hyuk et al. 2008). نمک اسیدهای آلی با توجه به خواص ضدمیکروبی خود از دیرباز مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته‌اند و تاکنون به‌عنوان مواد ضدعفونی‌کننده و نگهدارنده در صنایع تبدیلی کاربردهای زیادی پیدا کرده‌اند (Hervieux et al. 2002). به نظر می‌رسد که نمک اسیدهای آلی با برهم زدن تعادل اسمزی سلول‌ها باعث از بین رفتن تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌ها در دو طرف سلول‌های باکتریایی یا قارچی شده و از همین طریق باعث کاهش جمعیت این میکروارگانیسم‌ها یا توقف رشد آن‌ها می‌شوند (Hervieux et al. 2002).

تهیه میکروکپسول‌ها یا نانوکپسول‌های حاوی ترکیبات موثره فعال به علت کاهش اندازه ذرات، رهایش آهسته و افزایش سطح تماس ماده موثره با عوامل میکروبی (باکتری یا قارچ) باعث نفوذ بهتر و هدفمند این مواد در عوامل بیماریزا می‌شود (De Oliveira et al. 2022; Turek and Stintzing, 2013). در پژوهشی در سال ۲۰۰۹ اسانس آویشن به همراه موسیلاژ پنیرک ضمن کاهش میزان فساد میکروبی در میوه گلابی (رقم شاه میوه اصفهان) باعث حفظ سفتی میوه و افزایش مواد جامد محلول در مرحله نگهداری میوه در انبار شد (Alikhani et al. 2009). به‌کارگیری ترکیبات موثره با پوشش کیتوزان، تولید نانوژل و تولید نانوامولسیون بر پایه ترکیبات گیاهی (اسانس‌ها) ضمن جلوگیری از تصعید و تبخیر ماده موثره، باعث کاهش فساد و افزایش عمر انبارداری میوه‌ها می‌شود (Grande Tovar et al. 2018; Wang et al. 2017).

در یک بررسی در سال ۲۰۱۷ فعالیت ضد قارچی و اثر نگهدارنده یک نمونه کیتوزان با وزن مولکلی کم بر روی قارچ *Botryosphaeria* sp نشان داد که پوشش کیتوزان با جلوگیری از پوسیدگی پس از برداشت و فرآیند قهوه‌ای شدن اثر قابل توجهی بر روی میوه‌های گلابی زخمی و غیر زخمی داشت. ضمن اینکه پوشش کیتوزانی آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز، پراکسیداز و کیتیناز را فعال کرد و ضمن کاهش وزن میوه، ارزش غذایی میوه گلابی را حفظ کرد (Wang et al. 2017). رسیدن کامل میوه‌های فرازگرا (climacteric) از

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

جمله گلابی حتی پس از برداشت میوه از درخت و یا حتی در طی دوره انبارداری ادامه دارد که برای رفع این مشکل تاکنون از راهکارهایی مانند کاهش دمای انبار و تیمار با کلرور کلسیم استفاده شده است که باعث کند شدن تنفس میوه و فعل و انفعالات به تعویق افتاده و در نهایت افزایش مدت نگهداری میوه در انبار می‌شود (Grande Tovar et al. 2018).

این پژوهش قصد دارد با محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده در باغ نقش حفاظتی میکروکپسول‌های حاوی اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات را بر روی میزان کلروفیل برگ، گیاه‌سوزی، میزان ترکیبات فنولیکی و میزان قند میوه و همچنین از طریق شاخص طعم و تکنیک پردازش تصویر خصوصیات کمی و کیفی میوه گلابی (رقم اسپادانا) را مورد ارزیابی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

سال و محل انجام پژوهش

در این پژوهش ابتدا عملیات مربوط به کپسوله کردن فرمولاسیون اسانس و نمک در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در آزمایشگاه نانوفناوری موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد انجام شد. در ادامه عملیات محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده در باغ ملک آباد از زیرمجموعه باغات تحت نظارت شرکت کشت و صنعت باغات آستان قدس رضوی مشهد انجام شد. در نهایت، کنترل کیفی میوه گلابی (رقم اسپادانا) در آزمایشگاه تخصصی گروه صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد لازم

اندام‌های هوایی گیاه (ساقه و برگ) مرزه تابستانی (summer savory) با نام علمی *Satureja hortensis* از بازار اردکانیان مشهد تهیه شد. نمک کلسیم پروپیونات، ماده مالتودکسترین، ماده Hi-Cap 100 و ماده توین ۸۰ از شرکت مبتکران شیمی در داخل ایران تهیه شد.

استخراج اسانس

ابتدا اندام‌های برگ و ساقه گیاه دارویی مرزه (*S. hortensis*) تهیه و استخراج اسانس با روش تقطیر با بخار آب (steam distillation) به‌وسیله دستگاه کلونجر (clevenger) انجام شد (Donelian et al. 2009). به طور خلاصه، ابتدا ۶۰ گرم از پودر گیاه مرزه تابستانی در ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و پس از مدت سه ساعت در دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد. بازده اسانس با

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

تعیین درصد رطوبت هر نمونه در زمان اسانس‌گیری نسبت به وزن خشک پودر گیاه محاسبه شد.

آنالیز شیمیایی اسانس با کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC/MS)

به‌منظور تعیین مواد موثره موجود در اسانس مرزه از دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مدل Hewlett Packard HP 6890 استفاده شد. دمای اولیه ۶۰ درجه سلسیوس تنظیم شد که با گرادیان ۵ درجه سلسیوس در دقیقه در طی ۱۵ دقیقه به دمای پایانی ۲۲۰ درجه سلسیوس رسید. درصد هر ترکیب با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از دستگاه با روش نرمال‌سازی سطح منحنی انجام شد (Mariem et al. 2018).

ساخت امولسیون

ابتدا مقدار ۴/۵ گرم از ماده تویین ۲۰ به ۱۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر استریل اضافه شد. مقدار ۷ گرم Hi-cap 100 و مقدار ۲۱ گرم مالتودکسترین اضافه و امولسیون به‌مدت یک ساعت هم زده شد. در ادامه مقدار ۴/۲ گرم از اسانس مرزه و مقدار ۲/۸ گرم کلسیم پروپیونات به امولسیون اضافه شد. جهت میکس شدن کامل مواد موثره با ترکیبات دیواره (قرار گرفتن نمک و اسانس در فضای درونی کپسول) امولسیون به‌مدت ۲۴ ساعت بر روی استیرر (در طی این مدت زمان، مگنت باید در داخل ظرف حاوی امولسیون به آرامی گردش داشته باشد) قرار گرفت. امولسیون حاضر جهت هموژن شدن به دستگاه التراتوراکس ۲۰۰۰ با دور ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه منتقل شد. مقدار یک میلی‌لیتر از امولسیون مرحله قبل برداشته و به زیر میکروسکوپ نوری منتقل و ذرات مشاهده و عکس تهیه شد. برای تعیین شکل ظاهری ذرات کپسوله‌شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (S4800، هیتاچی، ژاپن) نیز استفاده شد. برای این منظور، ذرات با یک نوارچسب دوطرفه به نگهدارنده نمونه چسبانده شدند و از نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی با ولتاژ ۱۵ کیلوولت و بزرگنمایی ۱۰۰۰ در دمای اتاق عکس برداری شد (Esmaeilzadeh Kenari and Razavi. 2022). اسیدیته امولسیون توسط دستگاه pHمتر اندازه‌گیری شد.

درون‌پوشانی

امولسیون جهت عملیات درون‌پوشانی به دستگاه خشک‌کن پاششی (spray dryer) منتقل شد (Chaabane et al. 2022). ابتدا امولسیون در دستگاه التراتوراکس ۲۰۰۰ با دور ۱۰۰۰۰ دور در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

دقیقه هموژن شد. در ادامه امولسیون در دستگاه خشک‌کن پاششی آزمایشگاهی (شرکت Buchi، مدل B-290) در دمای ورودی ۱۰±۱۴۰ درجه سلسیوس و دمای خروجی ۱۰±۸۰ درجه سلسیوس با فشار ۲ بار خشک شد. پودر تشکیل‌شده در انتهای دستگاه خشک‌کن پاششی جمع‌آوری و تحت شرایط تاریکی در دمای اتاق نگهداری شد (Fernandes et al. 2013; Shishir et al. 2018; Vélez-Erazo et al. 2021).

طرح آزمایش

جهت بررسی اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی برگ و میوه گلابی نهال‌های دو تا سه ساله گلابی رقم اسپادانا، آزمایشی در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در باغ احمدآباد مشهد انجام شد. همزمان با باز شدن شکوفه‌ها، به فاصله ۱۵ روز نمونه تهیه شده در سه سطح غلظتی مشخص (۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر به‌ترتیب T1، T2 و T3) و اکسی‌کلرومس در غلظت ۲ در هزار (تیمار شاهد، O) بر روی شکوفه، برگ و ساقه نهال‌های گلابی دوساله رقم اسپادانا محلول‌پاشی شد. همچنین از یک ماه پس از تشکیل میوه تا زمان برداشت هر سه هفته یکبار بر روی برگ‌ها، شاخساره و میوه‌های درختان گلابی محلول‌پاشی تکرار شد.

اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان کلروفیل برگ

ابتدا تعداد ۱۰ برگ سالم (بدون کلروز یا نکروز) از هر تیمار انتخاب و در ادامه برگ‌ها شسته و برچسب‌گذاری و سپس با دستمال کاغذی خشک شد. سپس برگ‌ها در محدوده چشم الکترونیکی دستگاه SPAD-502 Plus مدل KONICA MINOLTA (ساخت کشور ژاپن) قرار داده شد. جهت رسیدن به نتیجه دقیق‌تر چهار قسمت مختلف در هر برگ توسط دستگاه SPAD اندازه‌گیری و از اعداد میانگین گرفته شد (Kapotis et al. 2003).

اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان گیاه‌سوزی (برگ‌سوزی)

اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان گیاه‌سوزی (برگ‌سوزی) بر طبق دستورالعمل Puterka (Puterka et al. 2000) انجام شد.

بررسی اندازه میوه گلابی

آزمایش اندازه میوه گلابی تحت تاثیر تیمارهای مورد مطالعه (سه غلظت ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر محلول ساختار پلیمری و یک غلظت ۲ در هزار اکسی‌کلرومس) به روش زیر انجام شد. از هر

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

تیمار ۱۰ میوه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. اندازه گلابی‌ها با دقت توسط ابزار کولیس دیجیتالی (با دقت میلی‌متر) به‌صورت طولی و عرضی برای هر میوه اندازه‌گیری شد. در نهایت نسبت طول به عرض میوه محاسبه و گزارش شد (Arzani et al. 2008).

بررسی استحکام بافت میوه

استحکام بافت میوه گلابی به دو صورت بدون پوست و با پوست به وسیله دستگاه سفتی‌سنج (مخصوص سنجش سفتی میوه‌جات) مدل GmbH (ساخت کشور آلمان) با میله نفوذ با قطر ۶ میلی‌متر اندازه‌گیری شد (Hohen et al. 2003). از هر تیمار ۴ میوه سالم با اندازه یکسان انتخاب و پوست میوه‌ها از دو قسمت مقابل هم توسط چاقو برداشته شد (جهت اندازه‌گیری سفتی بافت میوه به همراه پوست، پوست میوه برداشته نشد) و در ادامه پروب دستگاه با قطر ۶ میلی‌متر و عمق ۱۱ میلی‌متر در چندین نقطه از میوه گذاشته و با فشار عمود بر گوشت میوه میزان سفتی تعیین شد (سفتی در هر میوه در چهار نقطه از میوه گلابی انجام و میانگین اعداد ثبت شد) در انتها میزان سفتی بافت میوه بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع گزارش شد.

بررسی درصد کاهش وزن میوه

مقدار ۱۰ عدد میوه با اندازه یکسان برای هر تیمار (سه غلظت ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر محلول ساختار پلیمری و یک غلظت دو در هزار اکسی‌کلرومس) در شروع آزمایش انتخاب و برچسب‌گذاری شد، میوه‌ها در همان روز برداشت با ترازوی دیجیتال سه صفر توزین و بلافاصله به سردخانه در دمای ۴ درجه سلسیوس منتقل و به‌مدت ۶۰ روز نگهداری شد، وزن میوه‌ها در طی این بازه زمانی (۰ تا ۶۰ روز) اندازه‌گیری شد و درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه بر طبق فرمول زیر محاسبه شد (Rocculi et al. 2004).

۱۰۰ × (وزن اولیه میوه / وزن ثانویه میوه– وزن اولیه میوه) = درصد کاهش وزن میوه

اندازه‌گیری رنگ پوست و بافت میوه با تکنیک پردازش تصویر

رنگ پوست و رنگ بافت میوه پس از محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده به کمک تکنیک پردازش تصویر انجام شد. ابتدا نمونه‌های مختلف از گلابی تحت تیمار قرار گرفته به همراه برش طولی آن‌ها انتخاب شد. سپس عکس‌های دیجیتال از آنها تهیه شد. جهت عکس‌برداری از یک اتاقک

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

کوچک چوبی با دیواره‌های سیاه که ۸ لامپ مهتابی روشن در آن چیده شده بود استفاده شد. اتاقک کوچک یک جعبه مکعبی چوبی با ابعاد ۵۰×۵۰×۶۰ سانتی‌متر بود که در چهار وجه عمودی مکعب لامپ‌های مهتابی ۱۰ وات روشن قرار داشتد. برای جلوگیری از بازتابش نور یک لبه‌ی ۵ سانتی‌متری تیره در زیر هر یک از لامپ‌ها قرار داشت. نمونه‌ها درون این اتاقک قرار داده و توسط یک دوربین دیجیتال (EOS 1000D, Canon, Japan)، عکس‌های موردنیاز از آنها تهیه شد. دوربین به‌طور دقیق در بالای نمونه و در فاصله ثابت (۲۰ سانتی‌متر) از آن قرار گرفت. فضای رنگی تصاویر در فضای فضای رنگی قرمز، سبز و آبی (RGB) بود. تنظیمات دوربین دیجیتال در جدول ۱ آورده شده است. تصاویر با نرم‌افزار Emage-G تجزیه و تحلیل شد (Khazaiy pool et al. 2015; Jabbari et al. 2019; Mirhosseini et al. 2017).

جدول ۱- تنظیمات دوربین دیجیتال (EOS 1000D, Canon, Japan) جهت تکنیک پردازش تصاویر بر روی میوه‌های گلابی تیمار شده با پودر کپسوله‌شده

ردیف	ابزار تنظیم	وضعیت
۱	فلاش	خاموش
۲	بزرگ نمایی	خاموش
۳	ایزو	۱۰۰
۴	نوع نور	فلورسنت
۵	دیافراگم (AV)	F/9
۶	سرعت شاتر	1/4 ثانیه

عکس‌هایی که با دوربین گرفته شده از ترکیب سه رنگ قرمز (Red)، سبز (Green) و آبی (Blue) است (فضای RGB).

پارامترهای رنگی L*a*b* با استفاده از نرم‌افزار J Image و پلاگین color space converter آن از تصاویر دیجیتال گرفته‌شده استخراج شد (Takallouzadeh et al. 2022).

رنگ پوست و رنگ بافت میوه پس از محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده به کمک تکنیک پردازش تصویر توسط محفظه (باکس) تصویربرداری با دیواره مشکی، دوربین کانن D۱۰۰۰، زوم لنز (۳۵ میلی‌متر)، دیافراگم ۹، میزان نور (ایزو ۱۰۰) توسط ۸ لامپ فلورسنت ۱۰ واتی در شرایطی که زاویه نمونه تا دوربین ۲۰ درجه بود انجام شد. جهت بررسی رنگ پوست میوه، از هر تیمار به‌صورت تصادفی سه میوه گلابی انتخاب و در داخل باکس تصویربرداری به‌صورت

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

عرضی گذاشته شد و عکس میوه توسط دوربین باکس گرفته شد. آنالیز تصاویر با نرم‌افزار Emage-G انجام شد. همچنین جهت بررسی رنگ بافت میوه گلابی از هر تیمار به‌صورت تصادفی سه میوه گلابی انتخاب و سپس یک برش عرضی با چاقوی تیز در طول میوه گلابی زده شد و سپس به‌صورتی که قسمت برش‌خورده میوه به سمت دوربین در داخل باکس تصویربرداری به‌صورت عرضی گذاشته شد و عکس میوه برش‌خورده توسط دوربین باکس تصویربرداری گرفته شد و تصاویر با نرم‌افزار Emage-G تجزیه و تحلیل شد (Khazaiy pool et al. 2015; Jabbari et al. 2019).

تهیه عصاره میوه گلابی

میوه‌های گلابی با آب شسته و سپس از هر تیمار به طور تصادفی ۱۲ میوه انتخاب شد (برای هر تیمار سه تکرار انتخاب شد) در ادامه یک قاچ از ابتدا تا انتهای میوه گلابی همراه پوست و بافت درونی میوه تهیه شد، در مرحله بعد مقدار ۱۰ گرم از نمونه کوبیده و به فالکن ۵۰ منتقل و میزان ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و مخلوط همگنی درست شد، فالکن‌های حاوی نمونه با دور ۴۵۰۰ دور و به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس سانتریفیوژ و سپس فاز آبی حاوی عصاره میوه جمع‌آوری و در یخچال ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (Rocculi et al. 2004).

بررسی میزان اسیدیته عصاره میوه

دستگاه pH متر با بافر ۴ و ۷ کالیبره شد. الکترود دستگاه در داخل عصاره میوه گذاشته شد و عدد مربوط به میزان اسیدیته عصاره میوه مشاهده و ثبت شد.

بررسی میزان اسید قابل تیتر عصاره میوه

مقدار ۵ میلی‌لیتر عصاره میوه از هر تیمار برداشته و به آن مقدار ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد، عصاره رقیق‌شده مرحله قبل با استفاده از بورت ۵۰ میلی‌لیتری، به آرامی با سود ۰/۱ نرمال در مجاورت معرف رنگی فنل فتالئین (۱ درصد) تیتر شد تا جایی که pH به ۸/۳ رسید (تیتراسیون تا زمان قرمز شدن عصاره ادامه پیدا کرد و سپس متوقف شد). میزان سود مصرفی یادداشت و سپس با فرمول زیر میزان اسید قابل تیتراسیون بر حسب میلی‌گرم مالیک اسید در ۱۰۰ گرم آب میوه محاسبه شد (Ganji Moghadam and Nikkhah, 2005).

اسید قابل تیتر= ۱۰۰ × (حجم عصاره) / (سدیم هیدروکسید(میلی‌لیتر)× نرمالیته هیدروکسید سدیم×۰/۰۶۷)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

بررسی میزان مواد جامد محلول میوه

اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر میزان مواد جامد محلول میوه (total soluble solid content; TSSC) بر طبق روش Hohen (Hohen et al. 2003) انجام شد. میوه‌های سالم با اندازه یکسان از هر تیمار سه میوه انتخاب شد و به‌طور جداگانه عصاره از میوه‌ها تهیه شد. یک قطره از عصاره هر میوه روی منشور دستگاه شکست‌سنج (رفرکتومتر) قرار داده شد و عدد مربوط به درصد بریکس (brix) از طریق صفحه دیجیتالی دستگاه قرائت شد.

بررسی شاخص طعم (نسبت رسیدگی میوه)

برای تعیین شاخص طعم از نسبت مواد جامد محلول (TSS) به اسید قابل تیتر استفاده شد (Hohen et al. 2003). با توجه به تضاد بین قند و اسید بر شاخص طعم و حساسیت بیشتر زبان به اسید از شاخص جدیدی بر پایه مقدار مواد جامد محلول و اسیدقابل تیتر به نام شاخص بریما (brima A) استفاده شد.

$$\text{Brim A} = \text{TSS} - K \times \text{TA}$$

در این فرمول K حساسیت زبان و عدد آن بین ۲ تا ۱۰ متغیر است که در آزمایش مطالعه حاضر همواره ۵ در نظر گرفته شد.

اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان قند میوه گلابی

برای بررسی میزان قند از معرف DNSA (3, 5-dinitrosalicylic acid) استفاده شد (Miller. 1959).

ابتدا مقدار یک گرم از میوه گلابی در ۹ میلی‌لیتر آب مقطر سوسپانسیون شد. مقدار دو میلی‌لیتر از مرحله قبل برداشته و به لوله آزمایش منتقل شد و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۹ درجه سلسیوس بر روی شیکر قرار گرفت. مقدار سه میلی‌لیتر از ماده DNSA به همراه سدیم سولفیت (Na_2SO_3) به لوله‌های آزمایش مرحله قبل اضافه شد. مقدار یک میلی‌لیتر از نمک راشل (پتاسیم سدیم تارتارات، KNaC4H4o6.4H2o) ۴۰٪ به نمونه‌ها اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۵ نانومتر در مقابل آب مقطر اندازه‌گیری شد. مقادیر قند میوه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر اساس غلظت فرکتوز (میکروگرم در ۱۰۰ گرم بافت تازه میوه) براساس معرف DNSA محاسبه شد (Hadj Sadok et al. 2019).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

بررسی میزان فنل کل میوه

میزان فنل کل عصاره آبی میوه گلابی بر مبنای مقادیر جذب ناشی از واکنش عصاره با معرف فولین سیوکالتو (C10H5NaO5S) و بر اساس مقایسه آن با محلول استاندارد گالیک اسید و طبق معادله خط y= 13.478x - 0.0979 به‌دست آمده از منحنی استاندارد گالیک اسید محاسبه شد (Michiu et al. 2022). ابتدا مقدار ۰/۵ گرم نمونه‌ی تر بافت میوه به ۴ میلی‌لیتر اتانول منتقل و محلول همگنی درست شد، محلول به‌مدت ۲۰ دقیقه با دور g ۹۵۰۰ سانتریفیوژ و محلول شفاف رویی آن جدا شد. مقدار ۰/۵ میلی لیتر از محلول شفاف مرحله قبل با مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر محلول فولین (folin) مخلوط شد، نمونه‌ها به‌مدت ۹۰ دقیقه در شرایط تاریکی نگهداری شد، میزان جذب نمونه‌ها با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر برای هر نمونه خوانده شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

برای انجام محاسبات آماری، ابتدا داده‌ها نرمال‌سازی شد و سپس با نرم‌افزار SAS آنالیز واریانس انجام شد. میانگین‌ها توسط آزمون دانکن با خطای α=۰/۰۵ مقایسه شد. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

ارزیابی بازده میزان اسانس

بازده میزان اسانس موجود در اندام‌های برگ و ساقه گیاه مرزه تابستانی برابر ۱/۸ درصد بود. بر طبق بررسی‌های انجام‌شده بازدهی اسانس‌های به‌دست آمده تحت تأثیر منطقه رویش گیاهان، فصل، واریته، کیفیت ماده خام اولیه، فرآیندهای قبل و بعد از اسانس‌گیری (فرآوری) متغیر است (Donelian et al. 2009). بنابراین تفاوت در نتایج به‌دست آمده از استخراج اسانس در پژوهش‌های مختلف در مقایسه با پژوهش حاضر می‌تواند تحت تاثیر عوامل ذکر شده باشد.

مهمترین ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در اسانس مرزه

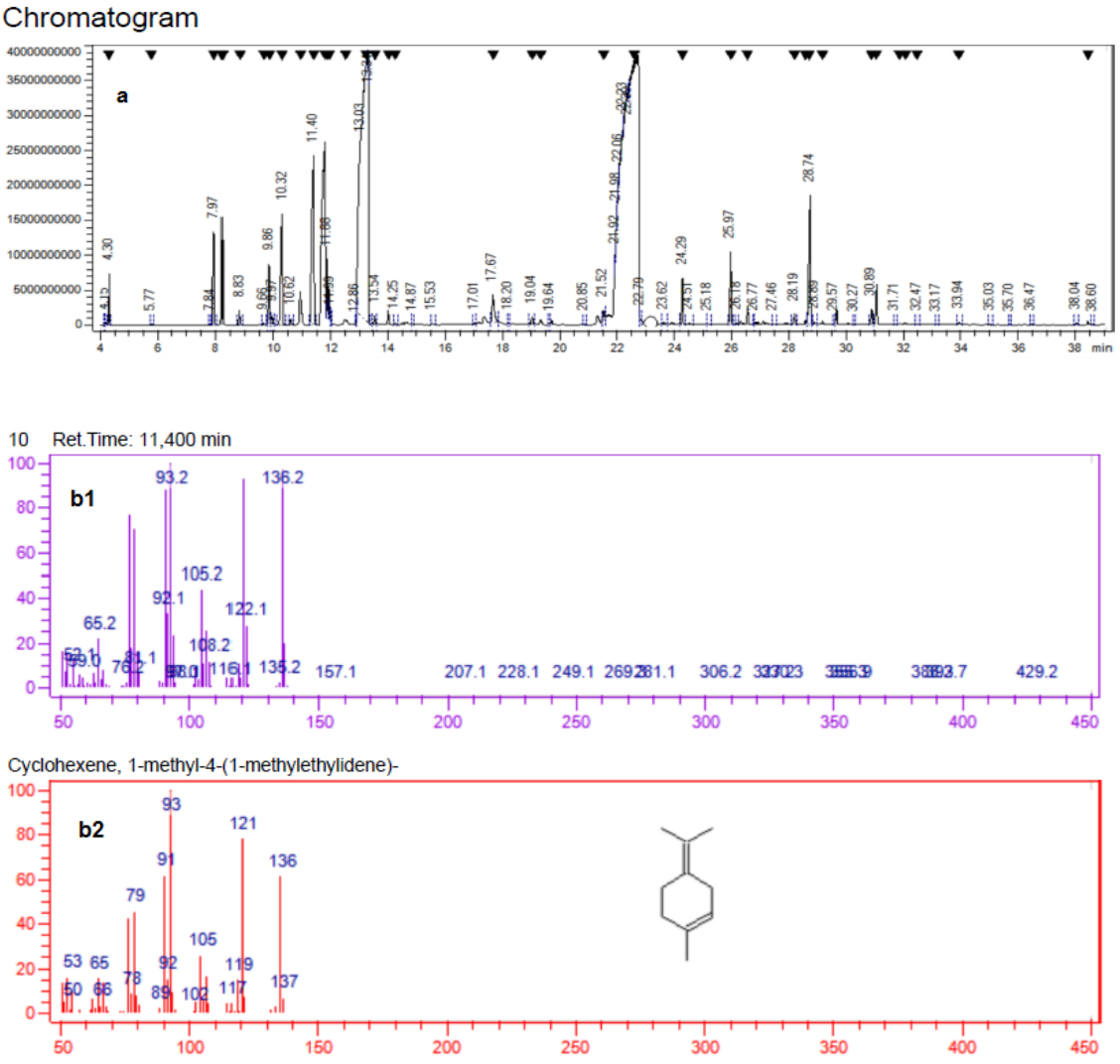
عمده‌ترین ترکیبات موجود در اسانس مرزه تابستانی (*S. hortensis*) مورد مطالعه دو ترکیب O-cymene و terpinolene به‌ترتیب با مقادیر ۲۵/۶ و ۱۸/۵ درصد بود (شکل ۱).

در همین زمینه آزمایشی در سال ۲۰۲۱ انجام شد که ترکیبات موثره اسانس مرزه که از مناطق جغرافیایی دنیا (۲۰ توده مرزه منشا گرفته از ایران و سایر نقاط دنیا) جمع‌آوری شده بود توسط دستگاه GC-MS ارزیابی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که مهمترین ترکیبات شناسایی شده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

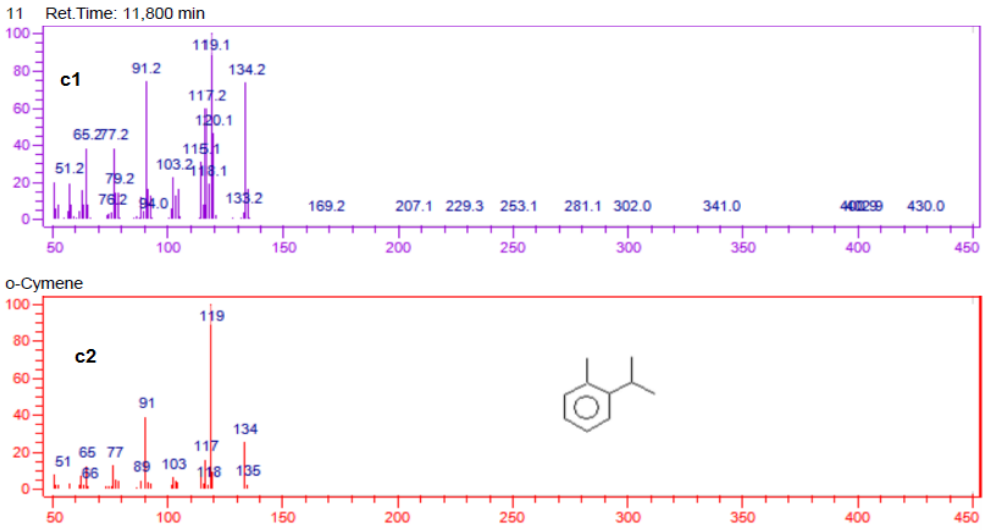
[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

کارواکرول (carvacrol) با ۲۸/۹۹ درصد در توده کرج، ترپینن (terpinen) با ۷۶ درصد در توده کرج و پی‌سیمن (P-cymene) با ۲۹/۳۲ درصد در توده ازبکستان بود که با پژوهش حاضر از لحاظ نوع ماده موثره تفاوت داشت که این تفاوت می‌تواند به دلیل منطقه جغرافیایی رویش گیاه دارویی، ژنتیک، نوع نهاده مصرفی در زمان داشت، کیفیت اسانس استخراج شده و فرآیندهای بعد از فرآوری باشد (Fathi et al. 2021).



[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

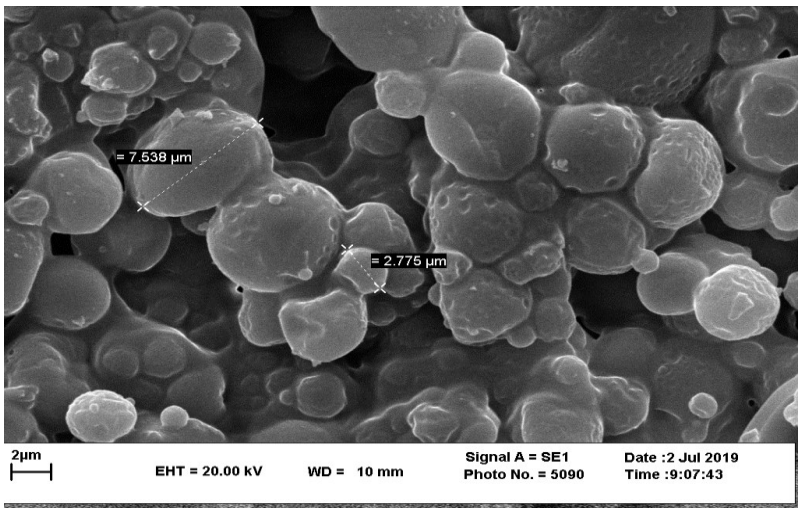
[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]



شکل ۱- تصویر a: طیف جرمی اسانس مرزه، تصاویر b1 و b2 طیف جرمی ماده موثره terpinolene و تصاویر c1 و c2 طیف جرمی ماده موثره O-cymene.

ارزیابی ویژگی‌های پودر کپسوله‌شده

تصویر مورفولوژی پودر کپسوله‌شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به این شکل میکروکپسول‌های تولیدی دارای شکل‌های کروی و سطحی صاف مشاهده می‌شود البته در برخی نیز دارای چروکیدگی و یا شکستگی بودند.



شکل ۲- تصویر ظاهری میکروکپسول‌ها تهیه‌شده با کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

با توجه به مواد تشکیل‌دهنده امولسیون (۳۰ گرم امولسیفایر توین ۸۰، ۴۷ گرم Hi-cap، ۱۴۰ گرم مالتودکسترین، ۲۸ گرم اسانس مرزه و ۱۹ گرم نمک کلسیم پروپیونات در یک لیتر) مقدار درصد ماده خشک امولسیون (بریکس) در حدود ۲۰ درصد به دست آمد (جدول ۲). شاخص توزیع ذرات برابر ۰/۴۵ بود که نشان‌دهنده توزیع خوب ذرات در سورفکتانت توین ۸۰ است. با توجه به داده‌های جدول ۲ مقدار پتانسیل زتای میکروکپسول‌های تولید شده برابر ۳۵/۲۳- به دست آمد که نشان‌دهنده نیروی دافعه بین ذرات بیشتر بوده و توان به هم پیوستن ذرات به یکدیگر کمتر و در نتیجه امولسیون از چسبندگی و چروکیدگی کمتری برخوردار بوده است. با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده به نظر می‌رسد که پتانسیل زتای به‌دست آمده با پژوهش قبلی مطابقت دارد (Liu et al. 2020).

با توجه به ترکیبات پودر کپسوله‌شده (مالتودکسترین، نشاسته اصلاح شده، اسانس مرزه و کلسیم پروپیونات) میزان کارایی کپسولاسیون برابر ۹۳/۰۲ به دست آمد. مقایسه نتیجه آزمایش انجام شده با دو پژوهش مرتبط نشان داد که کارایی کپسولاسیون نمونه‌های جدول ۲ با راندمان ریزپوشانی پژوهش دینگ و همکاران در سال ۲۰۲۰ و لیو و همکاران در سال ۲۰۲۱ مطابقت داشت (Ding et al. 2020; Liu et al. 2021). میزان فعالیت آبی پودر کپسوله‌شده برابر ۰/۲۷۸ بود.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر تولیدی بعد از کپسولاسیون

فعالیت آبی	بریکس (درصد)	توزیع ذرات	پتانسیل زتا (میلی‌ولت)	کارایی کپسولاسیون (درصد)
۰/۲۷۸	۲۰	۰/۴۵	-۳۵/۲۳	۹۳/۰۲

ارزیابی اندازه میوه گلابی

داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که سه غلظت متفاوت پودر کپسوله‌شده شامل غلظت‌های یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2) و سه گرم در لیتر (T3) در مقایسه با تیمار اکسی‌کلرومس (O) هیچ تاثیر منفی (کوتاه و بلند شدن یا دفرمه شدن قسمت‌های مختلف میوه) بر روی اندازه میوه گلابی رقم اسپادانا نداشته‌است. میزان نسبت طول به عرض میوه گلابی بین ۱/۰۹ (تیمار اکسی‌کلرومس) تا ۱/۱۴ (تیمار دو) تغییر

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

محسوسی را نشان نداد. در یک پژوهش تاثیر نانو مس و ترکیبات طبیعی روی عملکرد و کیفیت میوه درختان گلابی "LE CONTE" دارای بیماری آتشک نشان داد که تیمار آنتی‌بیوتیک استرپتومایسین بیشترین ابعاد میوه (طول و قطر) را به خود اختصاص داد و سپس مس نانو، استارنر (starner (oxolinic acid))، عصاره انار، عصاره چای ترش و شاهد قرار گرفتند (Hafez et al. 2021).

جدول ۳- مقایسه میانگین نسبت طول به عرض میوه‌های گلابی رقم اسپادانا

ردیف	تیمارها	طول میوه (سانتی‌متر)	عرض میوه (سانتی‌متر)	نسبت طول به عرض
۱	T1	۶۴/۴۱	۵۶/۷۲	۱/۱۳±۰/۰۴[a]
۲	T2	۷۰/۵۳	۶۱/۵۱	۱/۱۴±۰/۰۵[a]
۳	T3	۶۰/۳۴	۶۸/۵۹	۱/۱۳±۰/۰۷[a]
۴	O	۷۰/۹۲	۶۶/۴۳	۱/۰۹±۰/۱۷[a]

حروف مشابه در ستون نسبت طول به عرض سطح غیر معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان می‌دهد. T1: یک گرم در لیتر، T2: دو گرم در لیتر، T3: سه گرم در لیتر پودر کپسوله شده و O: اکسی‌کلرومس با غلظت دو در هزار.

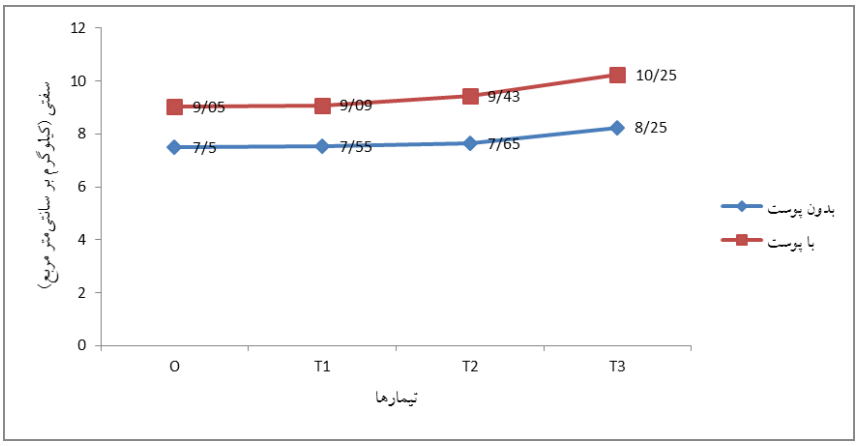
ارزیابی استحکام بافت میوه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان دامنه سفتی میوه گلابی رقم اسپادانا (پس از نگهداری میوه‌ها طی یک هفته در دمای ۴ درجه سلسیوس) با پوست میوه بین ۹/۰۵ تا ۱۰/۲۵ و بدون پوست میوه بین ۷/۵ تا ۸/۲۵ بود (نمودار ۱). نتایج نمودار ۱ نشان می‌دهد که میزان سفتی میوه گلابی (بدون پوست و با پوست) پس از محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده (T1، T2 و T3) نسبت به تیمار شاهد (O) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشت به‌طوری‌که میزان سفتی میوه در هر دو روش ثابت ماند و تنها یک واحد افزایش را نشان داد. همانطوری‌که انتظار می‌رفت میزان سفتی میوه گلابی با پوست در تمامی نمونه‌ها حتی نمونه شاهد در مقایسه با سفتی میوه گلابی بدون پوست بیشتر بود که این خود می‌تواند به علت مقاومت به وجود آمده در اثر لایه پوست میوه باشد. پژوهش‌های مختلفی نشان داده است که مواد موثره تیمول و کاراوکرول با اختلال در پایداری غشا سیتوپلاسمی و یا نشت محتوای درون سلولی باکتری *E. amylovora*، از سویی باعث توقف رشد این باکتری در میوه گلابی شده و از سوی دیگر با مهار رادیکال‌های آزاد، تحریک تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باعث استحکام بافت میوه گلابی شده‌اند (Xu et al. 2008; Chavan et al. 2014; Proto et al. 2022).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

در یک پژوهش تاثیر نانو مس و ترکیبات طبیعی روی عملکرد و کیفیت میوه درختان گلابی " LE CONTE" دارای بیماری آتشک نشان داد که تیمار استارنر بیشترین سفتی میوه را به دنبال داشت و به دنبال آن استرپتومایسین، مس نانو، عصاره انار، عصاره چای ترش سپس نمونه شاهد قرار داشتند (Hafez et al. 2021).



نمودار ۱- میزان سفتی میوه گلابی رقم اسپادانا با روش نفوذسنجی (پنترومتر). سه غلظت T1، T2 و T3 پودر کپسوله‌شده و تیمار اکسی‌کلرومس با غلظت دو در هزار (O).

ارزیابی درصد کاهش وزن میوه گلابی

نتایج نمودار درصد کاهش وزن میوه گلابی رقم اسپادانا (نمودار ۲) نشان داد که با افزایش زمان ماندن در سردخانه وزن میوه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافته است. این در حالی است که تفاوت درصد کاهش وزن میوه در هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده (T1، T2 و T3) در طی مدت ماندن در سردخانه نسبت به نمونه شاهد (O) معنی‌دار شد. به طوری‌که تیمار با غلظت‌های مختلف پودر کپسوله‌شده منجر به کاهش آب میوه‌ها در انبار شده و از کاهش وزن میوه‌ها نسبت به تیمار شاهد (اکسی‌کلرومس) جلوگیری کرده است. بیشترین درصد کاهش وزن میوه‌ها در تیمار اکسی‌کلرومس (۷/۴۵ درصد) به دست آمد در حالی‌که کمترین درصد کاهش وزن میوه‌ها مربوط به تیمار سه (۵/۹۹ درصد) به دست آمد (نمودار ۲). یک مطالعه که در سال ۲۰۱۷ بر روی کیفیت پس از برداشت میوه سیب (رقم دلبار استیوال (Delbar stival)) انجام شد، نشان داد که محلوپاشی آهن منجر به کاهش آب از دست‌دهی میوه‌ها در سردخانه شد و از کاهش وزن میوه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد جلوگیری کرد (Mansouri et al.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

2017). نتایج این مطالعه با نتایج اثر محلول‌پاشی پودر کپسوله‌شده مطالعه حاضر مطابقت بالایی داشت. کاهش وزن میوه‌ها در فرآیند انبارداری امری طبیعی به شمار می‌رود که ناشی از زمان طولانی نگهداری، افزایش تبخیر و تعرق و افزایش تنفس است که البته این موارد در مورد میوه‌های کلیماتریک (سیب، گلابی و به) محسوس‌تر است (Rocculi et al. 2004). یک پژوهش در سال ۲۰۲۲ نشان داد که غوطه‌ور کردن سیب قرمز در امولسیون ژلاتین-اسانس دارچین نتوانست از کاهش وزن میوه‌های سیب در انبار بکاهد. هر چند که بر روی میزان pH، مواد جامد محلول، آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، میزان سفتی، رنگ و طعم سیب قرمز اثرگذار بود (Sadat Razavi et al. 2022).

نمودار ۲- تاثیر سه غلظت مختلف پودر کپسوله‌شده در مقایسه با تیمار اکسی‌کلرومس بر روی درصد کاهش وزن میوه گلابی (رقم اسپادانا) در طی یک دوره ۶۰ روزه. سه غلظت یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2) و سه گرم در لیتر (T3) پودر کپسوله‌شده و غلظت دو در هزار اکسی‌کلرومس (O).

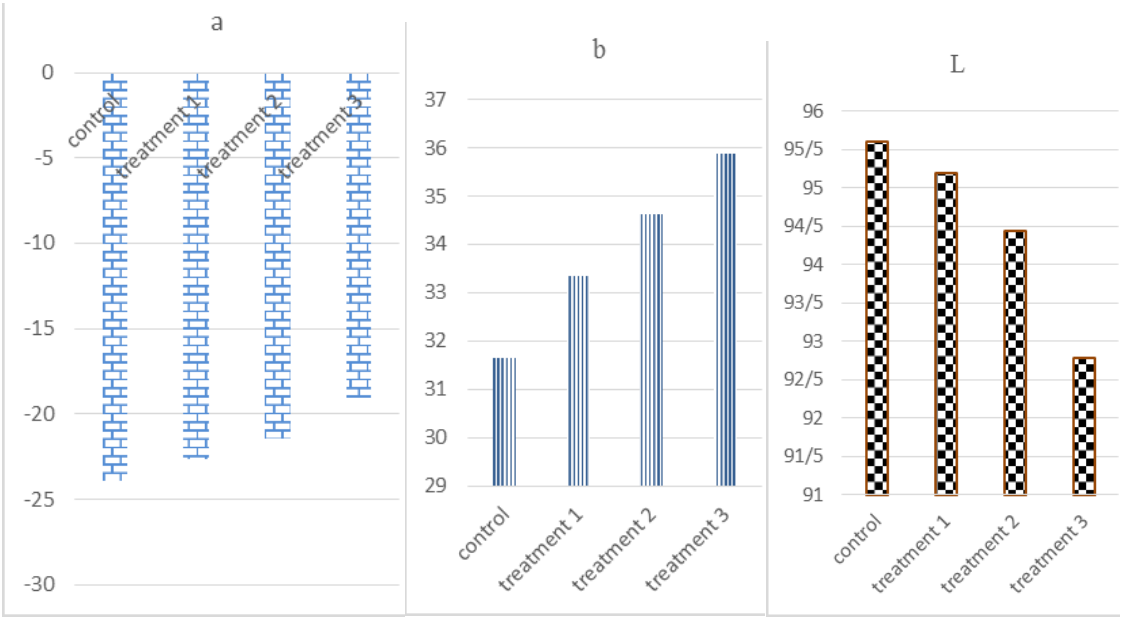
ارزیابی پردازش تصویر رنگ پوست میوه گلابی

نتایج پارامترهای رنگی L*a*b* با استفاده از نرم‌افزار Image و پلاگین color space converter آن در نمودارهای ۳ و ۴ آورده شده است. شاخص L معرف روشنایی که عدد آن بین صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (انعکاس نور کامل) است. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس داده‌های مربوط به پردازش تصویر گرفته شده از نمونه‌های میوه گلابی رقم اسپادانا (نمودار ۳)، در بین سه تیمار T1، T2 و T3، تاثیر هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده بر روی سه پارامتر رنگی L*a*b* معنی‌دار شد. در خصوص پارامتر a می‌توان این

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

نتیجه را گرفت که هر یک از غلظت‌های سه‌گانه (یک، دو و سه گرم در لیتر (T1، T2 و T3) پودر کپسوله‌شده) باعث کاهش رنگ قرمز و کاهش رنگ سبز در میوه گلابی رقم اسپادانا شدند. در خصوص پارامتر b اینطور برداشت می‌شود که با افزایش درصد غلظت پودر کپسوله‌شده در فرمولاسیون، باعث ایجاد رنگدانه‌های زرد و قهوه‌ای شد که این خود می‌تواند منجر به رنگ زرد میوه‌های گلابی شده باشد. هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده بر پارامتر رنگی L معنی‌دار شد به‌طوری‌که، با افزایش میزان غلظت پودر کپسوله‌شده پارامتر رنگی L روند کاهشی داشت. در بررسی گالوس و همکاران در سال ۲۰۲۱ مشخص شد که در میوه‌های گلابی با افزودن اسانس علف لیمو مقادیر پارامتر L^* در طول نگهداری در محدوده ۸۶ تا ۹۶ بود که با داده‌های نمودار ۳ از لحاظ آماری مطابقت داشت. همچنین مقادیر پارامتر رنگی a^* (قرمز و سبز) محدوده بین ۴/۳۹- تا ۰/۱۹- را نشان داد که به لحاظ آماری با نتایج پارامترهای رنگی پژوهش حاضر سازگاری بالایی داشت (Galus et al. 2021).



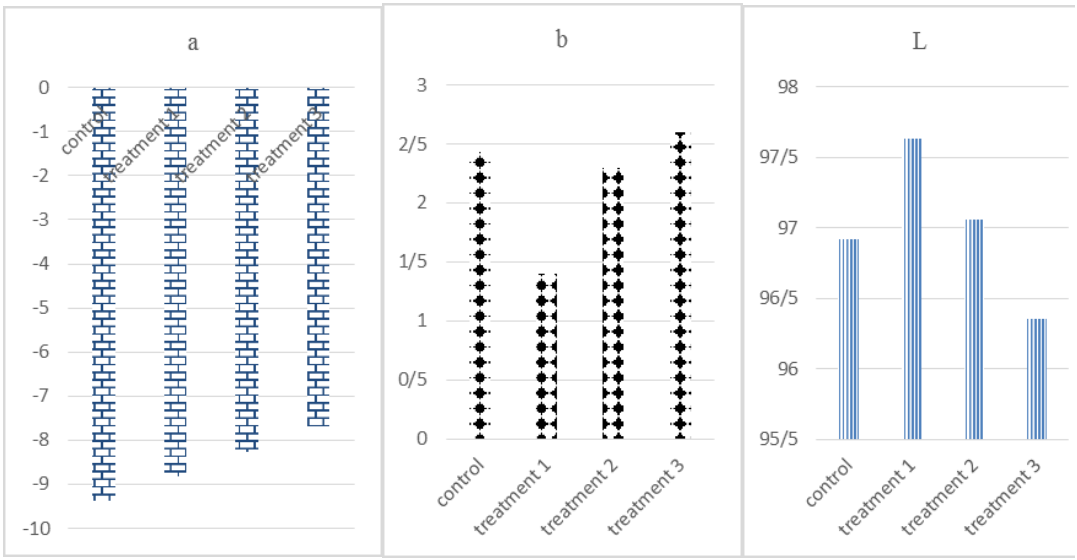
نمودار ۳- نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های سه پارامتر رنگی $L^*a^*b^*$ بر روی پوست همراه میوه‌های گلابی رقم اسپادانا (بدون پوست کندن میوه). در شاخص a عددهای منفی نشانه سبزی و عددهای مثبت نشانه قرمزی و در شاخص b عددهای منفی نشانه رنگ آبی و عددهای مثبت نشانه حضور رنگ زرد و نارنجی است. غلظت یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2)، سه گرم در لیتر (T3) پودر کپسوله‌شده و غلظت دو در هزار اکسی‌کلرومس (control).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

ارزیابی پردازش تصویر رنگ بافت میوه گلابی

تاثیر هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده بر روی سه پارامتر رنگی L*a*b* معنی‌دار شد. آنالیز آماری پارامتر a نشان داد که هر یک از غلظت‌های سه گانه باعث کاهش رنگ قرمز و افزایش رنگ سبز در بافت میوه گلابی رقم اسپادانا شدند. در خصوص پارامتر b احتمالاً با افزایش درصد غلظت پودر کپسوله‌شده در فرمولاسیون، رنگ بافت میوه‌های گلابی زرد شد. هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده در پارامتر رنگی L معنی‌دار شد به طوری که با افزایش میزان غلظت پودر کپسوله‌شده پارامتر رنگی L روند کاهشی پیدا کرد (نمودار ۴).



نمودار ۴- نتایج آنالیز آماری داده‌های سه پارامتر رنگی L*a*b* بر روی بافت میوه‌های گلابی رقم اسپادانا (پس از کندن پوست میوه). یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2)، سه گرم در لیتر (T3) پودر کپسوله‌شده و غلظت دو در هزار اکسی‌کلرومس (control).

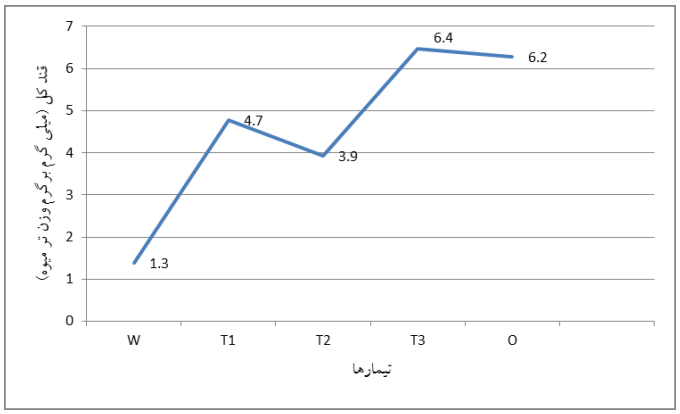
ارزیابی اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان قند میوه

نمودار ۵ نتایج آزمایش محلول‌پاشی سه غلظت T1 یک گرم در لیتر (T1)، دو گرم در لیتر (T2) و سه گرم در لیتر (T3) پودر کپسوله‌شده در مقابل تیمار اکسی‌کلرومس (O) با غلظت دو در هزار بر روی میزان قند میوه‌های گلابی رقم اسپادانا را نشان می‌دهد که هر سه غلظت پودر کپسوله‌شده بر روی افزایش میزان قند کل میوه تاثیر معنی‌داری داشته است. میزان قند میوه پس از محلول‌پاشی بر روی شکوفه، برگ‌ها و میوه‌های گلابی در باغ در هر سه تیمار افزایش یافت. به طوری‌که میزان قند

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

میوه ابتدا در تیمار یک (T1) افزایش و در تیمار ۲ روند کاهش را نشان داد اما در تیمار سه (T3) روند افزایشی داشت. میزان قند کل میوه تحت تاثیر تیمارهای T1، T2 و T3 به‌ترتیب برابر ۴/۷، ۳/۹ و ۶/۴ میلی‌گرم بود (نمودار ۵). کمترین میزان قند موجود در میوه مربوط به تیمار دو گرم در لیتر پودر کپسوله شده (۳/۹ میلی‌گرم) بدست آمد. با توجه به نمودار ۵ میزان قند میوه در تیمار سوم و تیمار اکسی‌کلرومس (سم شیمیایی) تقریباً یکسان بود (۰/۲ اختلاف). از طرف دیگر به علت ترکیبات موثره گیاهی موجود در پودر کپسوله‌شده با تاثیر مستقیم بر روی افزایش میزان فتوسنتز و کاهش تنش اکسیداتیو موجب عملکرد بهتر و بیشتر شدن ترکیبات قندی را فراهم کرده است. در یک بررسی اثر تغییرات آب و هوایی بر روی میزان شیوع بیماری آتشک گلابی بر روی چهار نوع ژنوتیپ گلابی تحت شرایط طبیعی (باغ) نشان داد که حمله باکتری *E. amylovora* باعث کاهش عملکرد میوه و کاهش محتوای قند میوه شده است. با توجه به داده‌های این آزمایش و بررسی Paraschivu et al. (2020) Paraschivu می‌توان گفت که هر نوع تنش زنده و یا غیرزنده به‌طور مستقیم بر روی میزان قند میوه اثرگذار خواهد بود.



نمودار ۵- بررسی اثربخشی پودرکپسوله‌شده بر روی میزان قند کل میوه گلابی رقم اسپادانا. سه غلظت T1، T2 و T3 ترتیب با یک، دو و سه گرم پودر کپسوله‌شده و O: اکسی‌کلرومس با غلظت دو در هزار

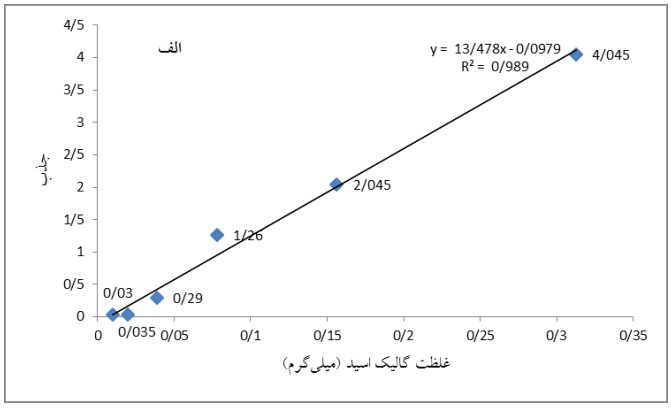
ارزیابی میزان فنل کل میوه

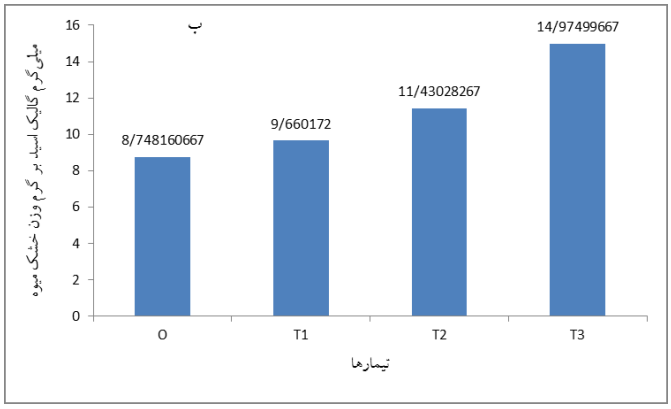
مقادیر فنل کل استخراج شده از عصاره میوه گلابی به همراه نمودار منحنی استاندارد گالیک اسید در نمودار ۶ (الف و ب) آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار غلظت پودر کپسوله‌شده از یک گرم به سه گرم میزان فنل کل

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

افزایش یافت. اختلاف میانگین داده‌های میزان فنل کل سه غلظت پودر کپسوله‌شده در مقایسه با تیمار شاهد (اکسی‌کلرومس) در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. با توجه به نمودار ۶ کمترین میزان فنل کل عصاره میوه گلابی مربوط به اکسی‌کلرومس (۸/۷۴) و بیشترین میزان فنل کل عصاره میوه مربوط به تیمار T3 (۱۴/۹۷) به دست آمد. همانطوری‌که مشاهده می‌شود میزان ترکیبات فنلی در تیمار T3 دو برابر میزان تیمار اکسی‌کلرومس است. در یک بررسی مشابه در سال ۲۰۲۱ تأثیر پوشش‌های خوراکی مبتنی بر آب-پنیر و اسانس‌های لیمو و علف لیمو نشان داد که ترکیبات موثره موجود در این اسانس‌ها باعث افزایش ترکیبات فنل‌ها و فلاونوئیدها در میوه گلابی تازه برش خرده در طی مدت ذخیره‌سازی شد (Galus et al. 2021).





نمودار ۶- بررسی اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر روی میزان فنل کل میوه گلابی. نمودار الف: استاندارد گالیک اسید جهت اندازه گیری ترکیبات فنلی کل عصاره میوه گلابی. نمودار ب: اثربخشی سه غلظت مختلف پودر کپسوله‌شده بر روی میزان فنل کل میوه گلابی. سه غلظت T1، T2 و T3 پودر کپسوله‌شده و O: غلظت دو در هزار اکسی‌کلرومس.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

ارزیابی اثربخشی پودر کپسوله‌شده بر شاخص طعم میوه گلابی

پس از برداشت میوه‌های گلابی (از هر تیمار ۱۰ میوه هم‌اندازه انتخاب شد)، نمونه‌ها در سردخانه ۴ درجه سلسیوس به‌مدت یک ماه نگهداری شد سپس داده‌ها تجزیه و تحلیل شد. با توجه به جدول ۴ بالاترین و پایین‌ترین شاخص طعم ۲۰/۷۱ و ۵/۳ بدست آمد که به ترتیب مربوط به تیمار T3 و تیمار T1 پودر کپسوله‌شده بود. همچنین بیشترین و کمترین شاخص مزه (شاخص Brim A) در تیمار سه (۵/۳) و تیمار یک (۰/۴۵) مشاهده شد. نتایج مقدار مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر، شاخص طعم و شاخص مزه (جدول ۴) در راستای نتایج Ghafir (Ghafir et al. 2009) بود. نتایج یک بررسی در سال ۲۰۲۱ نشان داد که اثربخشی اسانس رزماری و اکالیپتوس بر روی نگهداری میوه‌های سیب و گلابی باعث کاهش جمعیت قارچ کپک آبی در سیب و گلابی شد، هرچند که بر روی میزان اسیدیته و مواد جامد محلول میوه سیب و گلابی معنی‌دار نشد (Xylia et al. 2021). به نظر می‌رسد استفاده از اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات در پژوهش حاضر نسبت به استفاده از اسانس اکالیپتوس و رزماری بر روی درصد مواد جامد محلول، شاخص طعم و میزان اسیدیته اثربخش‌تر بوده است. ضمن اینکه اسانس‌های رزماری، اکالیپتوس و مرزه خاصیت ضد میکروبی (خاصیت قارچ‌کشی و باکتری‌کشی) خود را بر روی کاهش فساد میوه‌های سیب و گلابی در هر دو پژوهش نشان داده‌اند.

جدول ۴- بررسی اثربخشی سه غلظت پودر کپسوله‌شده در مقایسه با اکسی‌کلرومس بر میزان اسید قابل تیتر (TA)، مقدار مواد جامد محلول (TSS)، شاخص طعم (TSS/TA) و شاخص مزه میوه گلابی (رقم اسپادانا)

تیمارها	اسید قابل تیتر (درصد)	مواد جامد محلول (درصد)	شاخص طعم	شاخص مزه
T1	^{a}۰/۹۷	^{d}۵/۲	^{d}۵/۳	^{c}۰/۴۵
T2	^{c}۰/۴۲	^{a}۶/۶	^{b}۱۵/۷۱	^{a}۴/۳۵
T3	^{d}۰/۲۸	^{c}۵/۸	^{a}۲۰/۷۱	^{a}۴/۴
O	^{b}۰/۶۴	^{b}۶/۳	^{c}۹/۸	^{b}۳/۱

یک گرم در لیتر پودر کپسوله‌شده (T1)، دو گرم در لیتر پودر کپسوله‌شده (T2)، سه گرم در لیتر پودر کپسوله‌شده (T3)، دو در هزار اکسی‌کلرومس (O).

بحث

میوه‌های دانه‌دار گلابی، به و سیب به علت ارزش تغذیه‌ای و ویتامینی همواره مورد توجه انسان بوده‌اند. سرانه مصرف این میوه‌ها در دنیا و ایران رو به افزایش است. از ۱۳ اقلیم آب و هوایی مختلف موجود در دنیا ۱۱ اقلیم در کشور ایران

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

وجود دارد. که با توجه به تنوع اقلیمی پتانسیل بالایی جهت کشت و پرورش گیاهان دارویی در ایران وجود دارد. در این راستا می‌توان از تولید متابولیت‌های ثانویه این گیاهان جهت کاهش فساد محصولات، بالابردن عطر و طعم محصولات کشاورزی، افزایش عمر انبارداری محصولات و بالا بردن کیفیت آنها بهره برد. تشکیل نوع ماده موثره موجود در اندام‌های برگ و ساقه گیاهان دارویی بسته به نوع ژنتیک گیاه، به‌کارگیری استانداردهای کاشت اصولی، مراقبت‌های ویژه داشت و مراحل فراوری متفاوت است (Donelian et al. 2009). بکارگیری ترکیبات موثره گیاهی در تولید محصولات باغی (به‌ویژه گلابی) می‌تواند بر روی ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی از قبیل اندازه، رنگ و سفتی بافت میوه، نسبت مواد جامد به اسیدیته، عطر و طعم و ارزش تغذیه‌ای میوه گلابی تاثیرات مثبت بگذارد (Nikkhah et al. 2017). در بین ترکیبات موثره، اسانس‌های گیاهی علاوه‌بر اینکه دارای خواص ضد میکروبی و ضد آنتی‌اکسیدانی زیادی هستند، خاصیت طعم‌دهندگی بالایی نیز دارند که باعث افزایش طعم، مزه و ماندگاری محصولات غذایی شده‌اند (Mutlu-Ingok et al. 2021). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از اسانس مرزه تابستانی به‌عنوان یک بخش از هسته میکروکپسول‌ها بر روی خصوصیات کیفی و کمی گلابی (رقم اسپادانا) اثربخش بوده است. در دو پژوهش در سال ۲۰۱۸ ثابت شد که به‌کارگیری مواد موثره گیاهی و ترکیبات کلسیمی باعث بهتر شدن رنگ، طعم و مزه میوه گلابی شده‌است (Akbari and Gholami, 2018; Mariem et al. 2018). در پژوهش حاضر نیز مشخص شد که استفاده از ماده موثره اوسیمن و ترپینولن به همراه نمک کلسیم پروپیونات اثرات مشابهی را بر روی رنگ، طعم، مزه و ترکیبات فنلیکی میوه گلابی (رقم اسپادانا) داشته‌است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص شد که با افزایش ترکیبات فنلی (افزایش مقدار غلظت پودر کپسوله‌شده) میزان فنل کل موجود در میوه گلابی (رقم اسپادانا) افزایش یافت درحالی که، استفاده از اکسی‌کلرومس تاثیر مثبتی بر روی افزایش فنل کل میوه گلابی نشان نداد. در یک پژوهش در سال ۲۰۰۹ تاثیر برخی ترکیبات طبیعی بر عمر انبارداری گلابی (رقم شاه میوه اصفهان)، شامل پوشش خوراکی موسیلاژ پنیرک و اسانس آویشن بررسی شد که مشخص شد در تیمارهایی که از اسانس آویشن در غلظت‌های کاربردی یا اضافه شده به موسیلاژ استفاده شد میزان فساد میکروبی میوه گلابی کاهش یافت و موجب حفظ

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

سفتی میوه شد و افزایش مواد جامد محلول در هر مرحله از انبارداری نسبت به شاهد در تیمارهای کاربردی اسانس آویشن دیده شد (Alikhani et al. 2009). در یک بررسی دیگر در سال ۲۰۲۱ تاثیر درون‌پوشانی اسانس مرزه بختیاری با کیتوزان بر روی ماندگاری و ویژگی‌های کیفی دانه انار مشخص شد که با پوشش‌دهی دانه‌های انار و انتخاب غلظت مناسب اسانس مرزه بختیاری همراه با پوشش کیتوزان می‌توان زمان ماندگاری، بازارپسندی و کیفیت تغذیه‌ای دانه انار را افزایش داد (Mazrouei et al. 2021).

یکی از فاکتورهای مهم بر روی بازارپسندی میوه‌جات رنگ میوه است. به طوری که میوه‌هایی که دارای رنگ زیباتر هستند توسط مشتریان زودتر انتخاب می‌شوند. در پژوهش جاری مقدار نسبی پارامترهای رنگی L*a*b* از طریق تکنیک پردازش تصویر تعیین شد. نتایج استفاده از تکنیک پردازش تصویر نشان داد که اثربخشی میکروکپسول‌های حاوی اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات بر روی هر سه پارامتر رنگی معنی‌دار شد. به نظر می‌رسد اختلاط اسانس مرزه با نمک کلسیم پروپیونات علاوه‌بر اثرات مثبت بر روی کیفیت میوه در مرحله برداشت و پس از برداشت، اثربخشی قابل توجهی بر روی رنگ، بافت و طعم میوه گلابی داشته است. با توجه به اینکه ترکیبات هسته پودر کپسوله‌شده حاوی ترکیبات معطر (اسانس) است بنابراین میوه‌های تیمارشده در سه غلظت پودر کپسوله‌شده نسبت به اکسی‌کلرومس از عطر، بو و طعم خوبی برخوردار بودند. بنابر نتایج این مطالعه می‌توان گفت که استفاده از این محصول (پودر کپسوله‌شده حاوی میکروکپسول‌های اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات) توسط باغداران و تولیدکنندگان گلابی فواید زیادی جهت تولید محصول سالم دارد.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسداختلاط نمک اسیدهای آلی و مواد موثره گیاهی (عصاره و اسانس) باعث کاهش جمعیت عوامل میکروبی خواهد شد، ضمن اینکه با کپسولاسیون از تجزیه، تبخیر و تصعید این مواد جلوگیری می‌شود. نتایج آزمایشات نشان داد که میکروکپسول‌های حاوی اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات باعث افزایش میزان ترکیبات فنولیکی، افزایش میزان کلروفیل برگ، افزایش میزان قند میوه، افزایش عمر انبارمانی میوه، بهبود عطر و طعم در میوه گلابی (رقم اسپادانا) شده‌اند. میکروکپسول‌های تولیدی (حاوی نمک کلسیم پروپیونات و اسانس مرزه) هیچ‌گونه اثری بر روی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

دفرمه شدن (بد شکل شدن) میوه گلابی رقم اسپادانا نداشتند. همچنین پس از اسپری این میکروکپسول‌ها بر روی اندام‌های مختلف برگ، شکوفه و میوه گلابی هیچگونه اثرات گیاهسوزی بر روی این اندامها نیز مشاهده نشد. با توجه به تاثیرات مثبت میکروکپسول‌ها بر روی پارامترهای رنگی L*a*b* میوه گلابی‌می توان میزان بازارپسندی این محصول را با بهینه کردن نسبت اسانس به نمک افزایش داد.

با توجه ماهیت اجزاء هسته (اسانس مرزه و نمک کلسیم پروپیونات) و ماهیت اجزاء دیواره کپسول (مالتودکسترین و نشاسته اصلاح شده) می‌توان از این فرمولاسیون در جهت تولید سموم گیاهی بی‌خطر و محافظ محیط زیست تولید کرد. تولید این گونه میکروکپسول‌ها علاوه‌بر کاهش یا حذف دوره کارنس، باعث برداشت زودتر محصول نیز خواهد شد.

فهرست منابع

References

Abdollahi H, Ghasemi A, Mehrabipour S. 2008. Evaluation of fire blight resistance in some quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes. II. Resistance of genotypes to the disease. Seed and Plant. 24(3): 529-541.

Abdur AAR, Jafari, SM, Ranjha MMA, Shehzad Q, Shahbaz HM, Khan S, Usman M, Kowalczewski PŁ, Jarzębski M. 2022. Effect of co-encapsulated natural antioxidants with modified starch on the oxidative stability of β-carotene loaded within nanoemulsions. Applied Sciences. 12(3): 1070.

Abo-Elyousr K, Zeller K, Yegen O. 2006. Biocontrol of fire blight with the etheric oil of *Thymbra spicata* Bio-zell 2000b/aksebio 2. Acta Horticulturae, 704: 353-356.

Ahmadi K, Abedzadeh HR, Hatami F, Mohammadnia afrozi SH, Taghani R, Yari SH, Kalantari M. 2022. Agricultural statistics. 3: 1-164. (In Farsi).

Akbari E, Gholami M. 2018. Comparison of chemical and thermal treatments to prevent browning and maintaining quality of fresh-cut pear. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology. 19(1): 1-12. (In Farsi with English abstract).

Alikhani M, Sharifani M, Azizi M, Hemati KH, Mousavizadeh S. 2009. The effect of some natural compounds in shelf-life and quality of pear fruit (Esfahan Shah Mive cultivar). Journal of Agricultural Sciences Natural Resources. 16(3): 158-171.

Arzani K, Khoshgalb H, Malakouti MJ, Barzegar M. 2008. Postharvest fruit physicochemical changes and properties of Asian (*Pyrus serotina*) and European (*Pyrus communis* L.) pear cultivars. Hort Environ Biotechnol. 49(4): 244-252.

Chaabane D, Yakdhane A, Gyula V, András K, Arijit N. 2022. Microencapsulation of olive oil. Periodica Polytechnica Chemical Engineering, 66(3): 354-366.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

Chavan PS, Tupe SG. 2014. Antifungal activity and mechanism of action of carvacrol and thymol against vineyard and wine spoilage yeasts. Food Control. 46: 115-120.

Chudasama KS, Thaker VS. **2014.** Biological control of phytopathogenic bacteria *Pantoea agglomerans* and *Erwinia chrysanthemi* using 100 essential oils. Archives of Phytopathology and Plant Protection. 47(18): 2221-2232.

Darvishnia M, Mirzaei-najafgholi H, Aeini M, Joshaghani A. 2021. Identification and genotypic characteristics of *Erwinia amylovora* isolates, the causal agents of fire blight on pome fruit trees in Hamadan province. Scientific Journal of Agriculture. 43(4): 1-18. (In Farsi with English abstract).

De Oliveira A, Denise D, de Souza E, da Cruz A, Erika T, da Silva AL, Oliveira HML, Cavalcanti MT. 2022. Microencapsulation of *Cymbopogon citratus* DC stapf essential oil with spray drying: Development, characterization, and antioxidant and antibacterial activities. Foods. 11(8): 1111.

Ding Z, Tao T, Yin X, Prakash S, Wang X, Zhao Y, Han J, Wang, Z. 2020. Improved encapsulation efficiency and storage stability of spray dried microencapsulated lutein with carbohydrates combinations as encapsulating material. Food Science and Technology, 124: 109139.

Donelian A, Carlson LHC, Lopes TJ, Machado RAF. 2009. Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO_2 and by steam distillation. The Journal of Supercritical Fluids. 48(1): 15-20.

Eastgate JA. 2000. *Erwinia amylovora*: The molecular basis of fire blight disease. Molecular Plant Pathology. 1(6): 325-329.

Esmaeilzadeh Kenari R, Razavi R. 2022. Phenolic profile and antioxidant activity of free/bound phenolic compounds of sesame and properties of encapsulated nanoparticles in different wall materials. Food Science Nutrition. 10(2): 525-535.

Fathi R, Mohebodini M, Chamani E, Sabaghnia N. 2021. Morphological and phytochemical variability of *Satureja hortensis* L. accessions: An effective opportunity for industrial production. Industrial Crops Products. 162: 113232.

Fernandes RVB, Borges SV, Botrel DA. 2013. Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. Food Science Technology. 33: 171-178.

Fierascu I, Dinu-Pirvu CE, Fierascu RC, Velescu BS, Anuta V, Ortan A, Jinga V. 2018. Phytochemical profile and biological activities of *Satureja hortensis* L.: A review of the last decade. Molecules. 33(10): 24-58.

Galus S, Mikus M, Ciurzyńska A, Domian E, Kowalska J, Marzec A, Kowalska H. 2021. The effect of whey protein-based edible coatings incorporated with lemon and lemongrass essential oils on the quality attributes of fresh-cut pears during storage. Coatings. 11(7): 745.

Ganji Moghadam E, Nikkhah SH. 2005. Investigation on the effects of plant oils on the shelf life extending, qualitative and quantitave properties of golden delicious apples. Journal of Agricultural Engineering Research. 6(23): 85-98. (In Farsi with English abstract).

Ghafir SA, Gadalla SO, Murajei BN, El-Nady MF. 2009. Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions. African Journal of Plant Science. 3(6): 133-138.

Grande Tovar CD, Chaves-Lopez C, Serio A, Rossi C, Paparella A. 2018. Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungal decay of fruits and mechanisms of action. Trends in Food Science Technology. 78: 61-71.

Hadj Sadok T, Ghezali H, Hatab Bey R, Hamdani S. 2019. Evolution of bioactive components of prickly pear juice (*Opuntia ficus* indica) and cocktails with orange juice. Nature Technology. 20: 45-53.

Hafez YM, Salama AM, Kotb H, Moussa Z, Elsaed N, El-Kady EM, Hassan FA. 2021. The influence of nano-copper and safety compounds on vegetative growth, yield and fruit quality of "Le Conte" pear trees under infection with fire blight. Fresenius Environ. Bull. 30: 6237-6247.

Hajnajari H. 2012. Results of screening on 89 apple cultivars for fire blight resistance using USDA system in Karaj conditions. Journal of Plant Protection. 26(3): 261-268. (In Farsi without English abstract).

Hervieux V, Yaganza ES, Arul J, Tweddell RJ. 2002. Effect of organic and inorganic salts on the development of *Helminthosporium solani*, the causal agent of potato silver scurf. Plant Disease. 86(9): 1014-1018.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

Hohen E, Gasser F, Gugyenbuhl B, Kunsch U. 2003. Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. Post harvest Biology and Technology. 7: 27-37.

Jabbari M, Sharifani MM, Yamchi A. 2019. Relationship of color indices with some chemical characteristic in red and white apple cultivars. Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture). 42(3): 359-372.

Jang-Hyuk A, Young-Pil K, Yu-Mi L, Eun-Mi S, Ki-Woong L, Hak-Sung K. 2008. Optimization of microencapsulation of seed oil by response surface methodology. Food Chemistry. 107(1): 98-105.

Kapotis G, Zervoudakis G, Veltsistas T, Salahas G. 2003. Comparison of chlorophyll meter readings with leaf chlorophyll concentration in *Amaranthus vlitus*: Correlation with physiological processes. Russian Journal of Plant Physiology. 50(3): 395-397.

Khazaiy pool E, Shahidi F, Mortazavi SA, Mohebbi M. 2015. The effect of different levels of *Spirulina platensis* microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. Journal of Food Science Technology. 48(12): 1-13. (In Farsi with English abstract).

Kolniak-Ostek J. 2016. Chemical composition and antioxidant capacity of different anatomical parts of pear (*Pyrus communis* L.). Food chemistry. 203: 491-497.

Liu X, Chen L, Kang Y, He D, Yang B and Wu K. 2021. Cinnamon essential oil nanoemulsions by high-pressure homogenization: Formulation, stability, and antimicrobial activity. Food Science and Technology. 147: 111660.

Mansouri S, Babalar M, Kalantari S, Askary Sarcheshmeh MA. 2017. Effect of the foliar spraying of iron and soil application of the ammonium nitrate, on postharvest quality of apple 'Delbar stival'. Iranian Journal of Horticultural Science. 48(3): 503-515. (In Farsi with English abstract).

Mariem B, MarcosA N, Hanen F, Hiroko I, Riadh K, Mitsutoshi N. 2018. Nanoencapsulation of *Thymus capitatus* essential oil: formulation process, physical stability characterization and antibacterial efficiency monitoring. Industrial Crops Products. 113: 414-421.

Mazrouei A, Saeidi K, Izadi Z, Mohammadkhani A. 2021. Effect of encapsulation of *Satureja bachtiarica* essential oil with chitosan on the shelf life and qualitative traits of pomegranate seeds. Journal of Crop Production and Processing. 11(4): 1-12.

McManus PS, Stockwell VO, Sundin GW, Jones AL. 2002. Antibiotic use in plant agriculture. Annual Review of Phytopathology. 40(1): 443–465.

Michiu D, Socaciu MI, Fogarasi M, Jimborean AM, Ranga F, Mureşan V, Semeniuc CA. 2022. Implementation of an analytical method for spectrophotometric evaluation of total phenolic content in essential oils. Molecules. 27(4): 1345.

Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry. 31(3): 426-428.

Mirhosseini A. Sadeghi H, Moradi H. 2017. Prediction of some pomegranate fruit quality characteristics by non-destructive image processing technique. Iranian Journal of Horticultural Science. 49(2): 443-451.

Mutlu-Ingok A, Catalkaya G, Capanoglu E, Karbancioglu-Guler F. 2021. Antioxidant and antimicrobial activities of fennel, ginger, oregano and thyme essential oils. Food Frontiers. 2(4): 508-518.

Nikkhah M, Hashemi M, Najafi Mohammad BH, Farhoosh R. 2017. Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. International Journal of Food Microbiology. 257: 285-294.

Paraschivu M, Ciobanu A, Cotuna O, Paraschivu M. 2020. Assessment of the bacterium *Erwinia amylovora* attack on several pear varieties (*Pyrus communis* L.) and the influence on fruits sugar content. Agricultural Sciences and Veterinary Medicine University, Bucharest. Scientific Papers. Series B. Horticulture. 64(1): 163-168.

Proto MR, Biondi E, Baldo D, Levoni M, Filippini G, Modesto M, Di Vito M, Bugli F, Ratti C, Minardi P. 2022. Essential oils and hydrolates: potential tools for defense against bacterial plant pathogens. Microorganisms. 10(4): 702-421.

Puterka G, Glenn DM, Sekutowski D, Unruh T. 2000. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. Environmental Entomology. 29(2): 329-339.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

Rocculi P, Romani S, Dalla Rosa M. 2004. Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. Food Research International. 37(4): 329-335.

Romo Chacón A, Berlanga Reyes DI, Guerrero Prieto VM, Martínez Campos R, Romero Gómez S, Ramírez Legarreta MR. 2011. Management of *Erwinia amylovora* with oregano (*Lippia berlandieri*) essential oil and resistance study to streptomycin on apple trees cv. 'Golden delicious'. Revista Mexicana de Fitopatología. 29(2): 119-132.

Sadat Razavi M, Golmohammadi A, Nematollahzadeh A, Ghanbari A, Davari M, Rovera C, Carullo D, Farris S. 2022. Impact of bacterial cellulose nanocrystals-gelatin/cinnamon essential oil emulsion coatings on the quality attributes of 'Red Delicious' Apples. Coatings. 12(6): 741.

Shishir MRI, Xie L, Sun C, Zheng X, Chen W. 2018. Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters. Trends in Food Science and Technology. 78: 34-60.

Takallouzadeh M, Mohebbi M, Taghizadeh M. 2022. Study on the possibility of physical assessment and grading of Mazafati dates using digital image processing and Support vector machine. The Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology. 11: 1-15. (In Farsi with English abstract).

Trinchera A, Parisi B, Baratella V, Roccuzzo G, Soave I, Bazzocchi C, Fichera D, Finotti M, Riva F, Mocciaro G. 2020. Assessing the origin of phosphonic acid residues in organic vegetable and fruit crops: The biofosf project multi-actor approach. Agronomy. 10(3): 421-430.

Turek C, Stintzing FC. 2013. Stability of essential oils: A review. Comprehensive reviews in food. Science and Food Safety. 12(1): 40-53.

Vélez-Erazo E, Consoli L, Hubinger MD. 2021. Spray drying of mono-and double-layer emulsions of PUFA-rich vegetable oil homogenized by ultrasound. Drying Technology. 39(7): 868-881.

Wang Y, Li B, Zhang X, Peng N, Mei Y, Liang Y. 2017. Low molecular weight chitosan is an effective antifungal agent against Botryosphaeria sp. and preservative agent for pear (Pyrus) fruits. International Journal of Biological Macromolecules. 95: 1135-1143.

Wyckhuys KA, Lu Y, Morales H, Vazquez LL, Legaspi JC, Eliopoulos PA, Hernandez LM. **2013.** Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. Biological Control. 65(1):152-167.

Xu J, Zhou F, Ji BP, Pei RS, Xu N. 2008. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. Letters in Applied Microbiology. 47(3): 174-179.

Xylia P, Chrysargyris A, Ahmed Z, Tzortzakis N. 2021. Application of rosemary and eucalyptus essential oils and their main component on the preservation of apple and pear fruits. Horticulturae. 7(11): 479.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]

Investigating the Protective Effect of Microcapsules *Satureja hortensis* and Calcium Propionate on the Quantitative and Qualitative Characteristics of Pear Fruit "Spadona"

Rouhollah Faramarzi Dozein[1], Saeed Tarighi[2], Aram Bostan[3], Ehsan Oskoueian[4], Elaheh motamedi[5*]

1- Ph.D. Student, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

2- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

3- Assistant Professor, Food Nanotechnology Department, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.

4- Assistant Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

5- Assistant Professor, Department of Nanotechnology Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

e.motamedi@abrii.ac.ir

Abstract

The encapsulation of bioactive compounds not only causes the slow and targeted release of these substances, but also increases the shelf life, improves the taste and aroma of fruits. In the current study, the microcapsules containing effective compounds of savory essential oil and calcium propionate as core, and shell of Hi-Cap 100 and maltodextrin, were prepared by spray-drying method, and compared with commercial formulation to evaluate their effects on the physical and chemical characteristics of pear fruit. The results of GC/MS analysis showed that O-cymene (25 %) and terpinolene (18.5 %) were the most important compounds in savory essential oil. The zeta potential value of the produced microcapsules was -35.23. The encapsulation efficiency was found to be 93.02%. The efficiency of this formulation with three different concentrations (1 g/L (T1), 2 g/L (T2), and 3 g/l (T3) were compared and contrasted with copper oxychloride on the pear fruit in the form of a randomized complete block design with three replications. The results of coliremetre evaluation using Image processing techniques showed that the effect of copper oxychloride treatment on any of the L*a*b* color parameters was not significant, while the effect of all three concentrations of the encapsulated powder were significant ($p<0.05$) on color parameters of pear fruits in T3 treatment compared to T1 and T2 treatments. Moreover, T3 had the greatest effect on fruit skin color, fruit texture color, quality and flavor index of fruit. It seemed that the prepared microcapsules not only prevented the spoilage of fruit in storage or cold storage, but also maintained the quality of the fruit and improved the taste and aroma of the fruit.

Keywords: Encapsulation, Bio-pesticide, O-cymene, Calcium propionate, Pear fruit, Fire blight.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-07-11]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1401.15.2.4.0]