



حفظ کیفیت پسته تر با کاربرد پس از برداشت کربوکسی متیل سلولز همراه با

اسانس میخک (*Syzygium aromaticum*)

Maintaining the Quality of Fresh Pistachio by PostHarvest Application of Carboxymethyl Cellulose with Clove Essential Oil (*Syzygium aromaticum*)

فتانه موسی پور، فاطمه ناظوری*، محمدرضا پیرمرادی، سید حسین میردهقان، زهرا محمدی

گروه علوم باگبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان، ایران

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (f.nazoori@vru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۵/۸

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمار تلفیقی کربوکسی متیل سلولز (CMC) با غلظت‌های مختلف اسانس میخک هندی (M) بر عمر انباری پسته تر رقم احمدآقایی انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. عامل اول، به صورت غلظت پوشش خوارکی شامل شاهد (آب م قطر)، ۰/۵ درصد CMC به تنها و همراه با سه غلظت مختلف اسانس میخک شامل ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر، و عامل دوم طول دوره انبارمانی در دو سطح ۲۵ و ۵۰ روز، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی دوره انبارمانی، رطوبت پوست و مغز، عطر و طعم مغز در تمام تیمارها کاهش، ولی مقدار نشت یونی، فعالیت آنزیم پراکسیداز، قهقهه‌ای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی با افزایش روبرو شد. میوه‌های تیمار شده با CMC همراه با ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک، دارای بهترین طعم و مزه در مقایسه با نمونه‌های شاهد بودند. کمترین مقدار نشت یونی مربوط به تیمار تلفیقی CMC همراه با ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک بود که اختلاف معنی داری با تیمار تلفیقی CMC همراه با ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر نداشت. پسته‌های تیمار شده با آب م قطر، سطح بالاتری از پوسیدگی (۲۲ درصد)، سرمازدگی (۲۲ درصد) و فعالیت آنزیم پراکسیداز (۴۸ درصد) را نسبت به تیمارهای تلفیقی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، فعالیت آنزیمی، فساد میوه، سرمازدگی.

مقدمه

یکی از میوه‌های مهم صادراتی که در ارزآوری و فروش تولیدات غیرنفتی کشور نقش ایفا می‌کند، پسته می‌باشد. میوه پسته در سال‌های اخیر با توجه به ارزش غذایی بالایی که دارد، توجه ویژه‌ای را در صنایع غذایی، دارویی و سایر صنایع به‌خود جلب کرده است. میوه پسته بدلیل داشتن اسیدهای چرب، رنگیزه‌های کاروتونوئید، کلروفیل و ویتامین‌ها و ترکیبات فنولی، به عنوان یک منبع تغذیه‌ای با خواص ضد اکسیداسیونی شناخته شده است (Pumilia et al., 2014).

پسته تازه از جمله میوه‌هایی است که سوخت و ساز سریع داشته و به خاطر تنفس زیاد و پوسیدگی میکروبی، عمر پس از برداشت کوتاهی دارد (Gheysarbigi et al., 2020). پسته تر به دلیل سالم بودن و ارزش غذایی بالای آن، از اهمیت زیادی برخوردار است و منبع سرشار از پروتئین، چربی و کربوهیدرات است (Nazoori et al., 2022). با وجود ارزش غذایی و اهمیت اقتصادی چشمگیر پسته به دلیل ساختار فیزیکی و نبود روش‌های مناسب برای نگهداری میوه تازه، بیشتر به صورت خشک مصرف می‌شود و مصرف تازه‌خوری آن به فصل برداشت و دوره کوتاهی بعد از آن محدود است (Nazoori et al., 2015). در سال‌های گذشته، به دلیل کاهش کیفیت خوارکی پسته خشک در اثر فرآوری، به پسته تر توجه ویژه‌ای شده است. بنابراین، صادرات پسته تر به دلیل ارزش افزوده بیشتر، ارزش غذایی بالا و طعم مطلوب‌تر بر پسته خشک ترجیح داده شده است. پسته تر، همانند سایر میوه‌های آبدار، طی نگهداری با برخی مشکلات روبرو است. تنفس بالا و تجمع آب، تخریب

پوست نرم و قهقههای شدن آن، آلودگی به باکتری‌ها و قارچ‌ها، از جمله مواردی است که در اکثر پژوهش‌ها به آن اشاره شده است (Sheikhi *et al.*, 2020 و Nazoori *et al.*, 2019 و Gheysarbigi *et al.*, 2022).

در سال‌های اخیر، توجه به پوشش‌های خوراکی به منظور کاهش مواد سنتزی بسته‌بندی و مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصرف پلاستیک‌ها افزایش پیدا کرده است. استفاده از پوشش‌های خوراکی، از جمله روش‌های جلوگیری از رشد قارچ‌ها و تولید افلاتوکسین در میوه‌های آجیلی می‌باشد (Maghsodlo and Razavi, 2015). از جمله این پوشش‌ها، کربوکسی متیل سلولز (CMC) می‌باشد که یکی از مشتقات سلولز و پلی‌ساقارید طبیعی زیست‌تخریب‌پذیر محسوب می‌شود. این ماده می‌تواند برای پوشش‌دهی میوه‌ها و مغزها و جهت حفظ کیفیت آن‌ها در طول دوره نگهداری در انبار به کار بrede شود، زیرا نسبت به اکسیژن، نفوذ‌پذیری پائینی دارد. همچنین به عنوان یک سد در برابر خروج رطوبت از میوه‌ها عمل می‌کند. این پوشش به تنها‌ی خواص ضدآسایشی و ضدمیکروبی ضعیفی داشته، بنابراین لازم است که همراه با یک ماده ضدآسایشی و ضدمیکروبی سنتزی یا طبیعی مانند اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به کار بrede شود. استفاده از کاربرد همزمان کربوکسی متیل سلولز با یک ماده ضدآسایشی و ضدمیکروبی، سبب می‌شود تا عمر ماندگاری محصول افزایش پیدا کند (Razavi *et al.*, 2015). گزارش شده است که استفاده از پوشش CMC به همراه اسانس آویشن شیرازی روی میوه پسته، منجر به حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی پسته تر، به مدت ۳۲ روز در شرایط انبار سرد شده است (Hashemi *et al.*, 2018). تیمار میوه گلابی با پوشش CMC در شرایط انبار سبب کاهش قابل‌توجهی در رشد قارچ‌هایی نظیر *Monilinia fructigena* و *Rhizopus nigricans* *Botrytis cinerea* شده است (Kowalczyk *et al.*, 2017).

پژوهش‌های متعددی نشان داده است که استفاده از گیاهان و مشتقات آنها با ساز و کارهای مختلفی، همانند توقف در سنتز پپتیدوگلیکان‌ها، آسیب به ساختمان غشایی و یا تغییر در خاصیت آب‌گریزی غشاء، سبب آسیب رساندن به میکروگانسیم‌های بیماری‌زا و در نهایت از بین رفتن آنها می‌شوند (Rahimi and Davari, 2016). قهقههای شدن آنژیمی در میوه و سبزی‌ها، سبب تغییرات نامطلوبی در بافت محصول شده، که این امر سبب کاهش بازارپسندی محصول می‌شود. این واکنش در اثر فعالیت آنژیم پلی‌فنول اکسیداز و پراکسیداز انجام می‌شود. کاربرد اسانس‌های گیاهی با توجه به نقش آنتی‌اکسیدانی، از قهقههای شدن آنها جلوگیری می‌کند (Askari *et al.*, 2016 و Ghafouri *et al.*, 2016). آثار محافظت‌کننده‌گی برخی از اسانس‌های طبیعی، از دیرباز مورد گزارش قرار گرفته است. برای مثال، نگهداری میوه‌ها با استفاده از غوطه‌ور نمودن آنها در پودر میخک و نمک پیشنهاد شده است (Lambert *et al.*, 2001). از میان انواع پوشش‌های خوراکی مختلف، استفاده از مواد طبیعی نظیر اسانس‌ها برای افزایش عمر انبارمانی گزارش شده است. اسانس‌ها، متabolیت‌های ثانویه‌ای هستند که در گیاهان معطر یافت می‌شوند و به عنوان ترکیبات طبیعی، متنوع و با خصوصیات پیچیده شناخته می‌شوند و نقش مهمی در حفاظت گیاهان بهدلیل خصوصیات ضد باکتریایی، ضد ویروسی، قارچ‌کشی و حشره‌کشی ایفا می‌کنند (Joshi *et al.*, 2017 و Askari *et al.*, 2016). اسانس‌ها به عنوان متabolیت‌های ثانویه گیاهی، ماندگاری محصول‌های باگبانی را بهدلیل داشتن فعالیت ضد قارچی و ضد میکروبی خود افزایش می‌دهند. توانایی اسانس‌ها در کاهش خسارت‌های پس از برداشت و همچنین بهدلیل ترکیب‌های طبیعی و اثرات مضر کمتر بر بدن انسان، برای سلامتی انسان نیز مفید هستند از این روند استفاده از این ترکیبات در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (Ghafouri *et al.*, 2016 و Joshi *et al.*, 2017).

میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) گیاهی است چندساله از تیره Mirtaceae، که برگ‌های آن همیشه سبز و دائمی است. این گیاه بومی نواحی شرق اندونزی است (Khoshdoni Farahani and Khoshdoni Farahani, 2017). میخک هندی یکی از منابع مهم ترکیبات فنولی همچون فلاونوئیدها می‌باشد. از میان انواع مختلف فلاونوئیدهای این گیاه، کوئرستین^۱، کاتچین^۲ و کامفرول^۳، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده و از روغن‌های فرار این گیاه نیز، ترکیبات اوژنول^۴، کارواکرول، تیمول و منتول را می‌توان نام برد (Joshi *et al.*, 2017). اسانس میخک هندی شامل ۲۳ ترکیب می‌باشد که در میان این ترکیبات اوژنول با ۷۶ درصد، سپس بتا کاریوفیلین^۵ با ۱۷ درصد، آلفا هومولین با ۲ درصد و اوژنول استات با ۱/۲ درصد، به ترتیب از عمده‌ترین ترکیبات موجود در اسانس این گیاه می‌باشد (Razafimamonjison *et al.*, 2014). در پژوهشی، Hosseini و همکاران (2008) طی

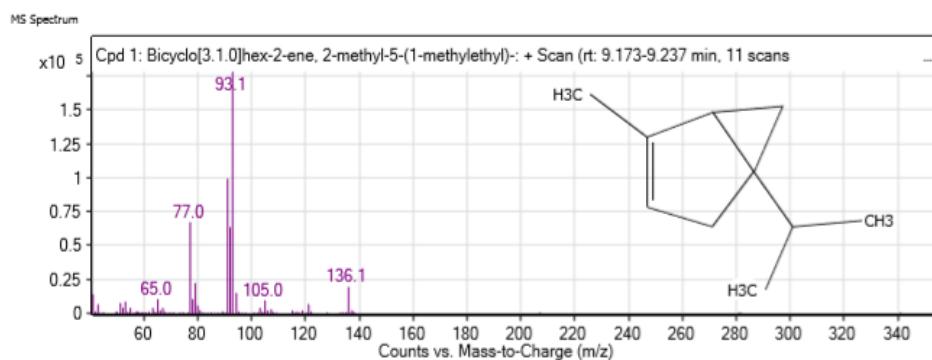
بررسی روی عصاره هگزانی جوانه‌های میخک هندی، نشان دادند که مهم‌ترین ترکیبات عصاره این گیاه شامل اوزنول و اوزنول استات است. استفاده از اسانس میخک روی میوه پاپایا در شرایط انبار، سبب شده که جوانه زنی قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* به طور چشم‌گیری کاهش یابد (Joshi *et al.*, 2017). کارواکول^۱ یک ترکیب ترپنی بوده که در اسانس آویشن، میخک و برخی گیاهان دیگر وجود دارد و موجب حذف ATP^۲ داخل یاخته باکتری، به‌سبب کاهش سنتز، یا هیدرولیز بدون تغییر در نفوذپذیری غشاء نسبت به ورود ATP می‌شود (Askari *et al.*, 2016). با توجه به ویژگی‌های مثبت اسانس‌های گیاهی بر حفظ خصوصیات محصول‌های باغبانی در طی دوره انبارمانی، این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تیمار جدأگانه و تلفیقی CMC با غلظت‌های مختلف اسانس میخک بر انبارمانی پسته تر رقم احمدآقایی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

اواخر شهریور ماه ۱۳۹۷ میوه‌های پسته رقم احمدآقایی در مرحله بلوغ تجاری میوه، زمانی که ۷۰-۸۰ درصد پوست رویی آنها از پوست استخوانی به‌راحتی جدا شده و پوست سبز پسته به رنگ کرم و صورتی تغییر رنگ داده بود، از درختان پسته یکی از باغ‌های اطراف شهرستان ساوه واقع در استان مرکزی جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده، پس از شش ساعت به دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان حمل و به آزمایشگاه پس از برداشت این دانشکده کشاورزی منتقل شدند.

نحوه اجرای آزمایش

نمونه‌های سالم و یکنواخت از پسته‌های صدمه دیده و نارس جدا شده و تحت تیمارهای مورد نظر در تحقیق قرار گرفتند. تیمارها شامل: الف- اسانس میخک (M) در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۵/۰ درصد (CMC+ M 400 mgL⁻¹). ب- اسانس میخک در غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۵/۰ درصد (CMC+ M 800 mgL⁻¹). پ- اسانس میخک در غلظت ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۵/۰ درصد (CMC+ M 1200 mgL⁻¹). ت- کربوکسی متیل سلولز ۵/۰ درصد (CMC). ث- آب مقطر و زمان انبارمانی شامل: الف- در فاصله ۲۵ روز بعد از انبارمانی ب- در فاصله ۵۰ روز بعد از انبارمانی، اعمال شدند. برای تهیه مقدار کل محلول کربوکسی متیل سلولز ۵/۰ درصد مورد نیاز، ۱۷/۵ گرم از این ماده در ۳/۵ لیتر آب حل شد و روی هیتر گذاشته شد تا کاملاً در آب حل شود. برای تهیه اسانس میخک هندی (شکل ۱، جدول ۱)، ۵۰ گرم از بذر این گیاه، آسیاب شده و به روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر اسانس‌گیری انجام و با استفاده از دستگاه GC/MS (مدل ۸۸۹۰ Agilent ساخت آمریکا) تجزیه و ترکیبات موجود در اسانس مشخص شد. تیمار نمونه‌ها با محلول‌های فوق به صورت محلول‌پاشی انجام گرفت. سپس اجازه داده شد تا رطوبت سطحی روی نمونه‌ها در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سلسیوس) خشک شود. پس از آن نمونه‌ها وزن شده و در هر واحد آزمایشی ۱۵۰-۲۰۰ گرم پسته تر قرار داده شد. برای بسته‌بندی، از ظرف‌های یکبار مصرف پلی‌اتیلن درب‌دار که در رو و زیر آنها سوراخ‌هایی (شش عدد منفذ که ۰/۵ درصد مساحت ظرف را در بر می‌گرفت) ایجاد شده بود، استفاده شد. نمونه‌ها، پس از بسته‌بندی در ظرف‌های یکبار مصرف پلی پروپیلینی (طول: ۲۲۰، عرض: ۱۲۵، قطر: ۴۵ میلی‌متر)، در سردخانه با دمای ۲±۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسیی ۸۵±۵ درصد به مدت ۲۵ و ۵۰ روز قرار داده شدند. اعمال تیمارها در آزمایش فوق در چهار تکرار صورت گرفت. اندازه‌گیری صفات مورد نظر در طول مدت زمان نگهداری در سه مرحله شامل روز صفر، یعنی بلافاصله پس از برداشت و قبل از اعمال تیمارها و ۲۵ و ۵۰ روز بعد از انبارمانی انجام گرفت. در پایان هر دوره انبارمانی، اثر تیمارها بر صفات کیفی میوه‌ها اندازه‌گیری و مقایسه شدند.

شکل ۱ - نمونه نتایج تجزیه اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) به روش GC/MSFig. 1. Example of analysis results of Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil by GC/MS method.جدول ۱ - نوع و درصد مواد موثره اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*)Table 1. Type and percentage of the Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil.

Compounds ترکیبات	Retention time زمان بازداری	Percentage درصد
Cpd 1: Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1methylethyl)	9.205	0.49
Cpd 2: (1R)-2,6,6-Trimethylbicyclo[3.1.1]hept-2-ene	9.409	0.49
Cpd 3: Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2methylene-, (1S)	10.357	2.69
Cpd 4: .beta.-Myrcene	10.439	0.81
Cpd 5: o-Cymene	11.323	23.24
Cpd 6: .beta.-Phellandrene	11.438	0.55
Cpd 7: .gamma.-Terpinene	12.023	21.14
Cpd 8: (Z)-sec-Butyl propenyl disulfide	14.249	1.59
Cpd 9: (E)-sec-Butyl propenyl disulfide	14.32	1.31
Cpd 10: Thymol	16.508	41.91
Cpd 11: Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)	16.56	0.57
Cpd 12: Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)	16.635	0.85
Cpd 13: Eugenol	17.735	3.15
Cpd 14: Caryophyllene	19.249	1.1

درصد رطوبت پوست و مغز

ابتدا وزن نمونه‌های تر توسط ترازوی دیجیتال اکستج مدل EXTECH SC600 اندازه‌گیری شد. با استفاده از آون، نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و دوباره وزن آنها مشخص شد. سپس محاسبه درصد رطوبت از طریق رابطه ۱ انجام شد:

رابطه ۱:

$$100 \times \text{وزن نمونه پیش از خشک کردن} / (\text{وزن نمونه بعد از خشک کردن} - \text{وزن نمونه پیش از خشک کردن}) = (%) \text{ درصد رطوبت}$$

لیپید مغز

برای اندازه‌گیری میزان لیپید مغز، از روش Bligh and Dyer استفاده شد (Bligh and Dyer, 1959). روش کار به این صورت بود که یک گرم بافت تازه با ۳ میلی‌لیتر محلول استخراج حاوی کلروفرم و متانول (با نسبت یک به دو) همگن شده و آنگاه یک میلی‌لیتر کلروفرم دیگر به آن اضافه شد. مخلوط به دست آمده از کاغذ صافی عبور داده شد. سپس ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به مخلوط اضافه و نمونه‌ها به حال خود رها شده تا لایه (فاز)‌های آبی و آلی از هم جدا شوند. لایه آبی با احتیاط از روی لایه آلی برداشته شد. یک میلی‌لیتر از لایه آلی به لوله تمیزی که وزن آن ثبت می‌شود انتقال یافت. لوله‌ها به مدت یک شب در زیر هود شیمیایی قرار گرفته تا کلروفرم تبخیر شود، صبح روز بعد، لوله‌های خالی با استفاده از ترازویی با دقیق توزین شده و میزان لیپیدهای کل موجود در بافت‌ها بر پایه اختلاف وزن محاسبه و نتایج بر پایه میلی‌گرم در گرم بافت تازه گزارش شد.

نشت یونی پوست

به منظور اندازه‌گیری نشت یونی، از پوست میوه‌های موجود در هر واحد آزمایشی ۶ عدد دیسک به قطر ۱۰ میلی‌متر گرفته شد. پس از شستشوی دیسک‌های تهیه شده با محلول مانیتول، دیسک‌ها در ظرف حاوی ۵۰ میلی‌لیتر مانیتول ۰/۱ مولا قرار گرفتند و روی دستگاه شیکر به مدت ۴ ساعت قرار داده شدند. سپس اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اولیه توسط دستگاه سنجش نشت یونی انجام شد. بعد از آن، ظروف حاوی محلول مانیتول و دیسک‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس اتوکلاو شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت و خنک شدن ظروف، مجدداً نشت یونی اندازه‌گیری و نشت یونی با استفاده از رابطه ۲ تعیین گردید (Nazoori et al., 2022).

$$100 \times (\text{اولیه الکتریکی هدایت}) / (\text{ثانویه الکتریکی هدایت}) = (\text{درصد}) \text{ نشت یونی}$$

فعالیت آنزیم پلیفنول اکسیداز پوست

فعالیت آنزیم پلیفنول اکسیداز نمونه‌ها بر اساس روش نیکول و همکاران (Nicoli et al., 1991) اندازه‌گیری شد. در این روش از پیروگالل به عنوان پیش ماده آنزیم استفاده شد. در این واکنش مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مolar $pH = 7$ ، ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولا و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۲۰ نانومتر و بعد از ۳ دقیقه خوانده شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی پیروگالل معادل ۶/۲٪ محاسبه شد. فعالیت آنزیمی بر حسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلیگرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به دست آمده از روش Bradford (1976) محاسبه شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز پوست

فعالیت آنزیم پراکسیداز با استفاده از پیش ماده گایاکول اندازه‌گیری شد. در این روش سه میلی‌لیتر مخلوط واکنش حاوی ۲/۷۷ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌molar ($pH = 7$)، ۱۰۰ میکرولیتر پراکسیدهیدروژن یک درصد، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول 1 درصد و ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی استفاده شد. افزایش جذب به دلیل اکسیداسیون گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری گردید. با استفاده از ضریب خاموشی تتراگایاکول ($25/5 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)، مقدار تتراگایاکول تشکیل شده محاسبه شد (Plewa et al., 1991). در این روش ارزیابی، یک واحد فعالیت آنزیمی برابر مقدار آنزیمی است که یک

میلی مول گایاکول را در مدت یک دقیقه اکسید کند.

ارزیابی حسی، قهوهای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی

برای ارزیابی حسی از روش نمره دادن صفر تا پنج و چشیدن و نظرخواهی از افراد مختلف استفاده شد. ده نفر ارزیاب‌ها، از بین دانشجویان و اساتید انتخاب شدند. از هر تیمار، تعدادی پسته درون ظروف پلاستیکی که به صورت کدگذاری تفکیک شده بودند، قرار داده شدند. سپس ارزیاب‌ها طعم و مزه و عطر و بو را مورد ارزیابی قرار دادند. وضعیت بسیار عالی با نمره پنج، بسیار خوب با نمره چهار، خوب با نمره سه، متوسط با نمره دو، ضعیف با نمره یک و بسیار بد با نمره صفر مشخص شد. در نهایت با محاسبه میانگین امتیازدهی ده ارزیاب‌ها، اثر تیمارهای مورد استفاده بر ویژگی‌های حسی معز میوه مورد بررسی قرار گرفت (Nazoori et al., 2022).

به منظور اندازه‌گیری قهوهای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی در هر زمان نمونه‌برداری، مقداری پسته به دمای آزمایشگاه منتقل شد. وجود لکه‌های قهوهای سطحی، لکه‌های فرو رفته و لکه‌های تاول‌مانند و آبکی به ترتیب به عنوان علائم قهوهای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی در نظر گرفته شد. شدت قهوهای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$\text{رابطه } 3: \sum(n_i \times i) / (N \times 6)$$

در این رابطه، n_i تعداد میوه‌هایی که علائم قهوهای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی درجه i را نشان دادند، N تعداد میوه‌های کل در هر تیمار و i درجه قهوهای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی (بر اساس میزان قهوهای شده، لکه‌های تاول‌مانند، فرو رفته و لکه‌ها تاول‌مانند) از صفر تا پنج است. صفر: بدون علائم قهوهای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی، یک: ۱-۲۰ درصد، دو: ۴۰-۶۰ درصد، سه: ۶۰-۸۰ درصد، چهار: ۸۰ درصد و پنج: بیشتر از ۸۰ درصد است (Sheikhi et al., 2019).

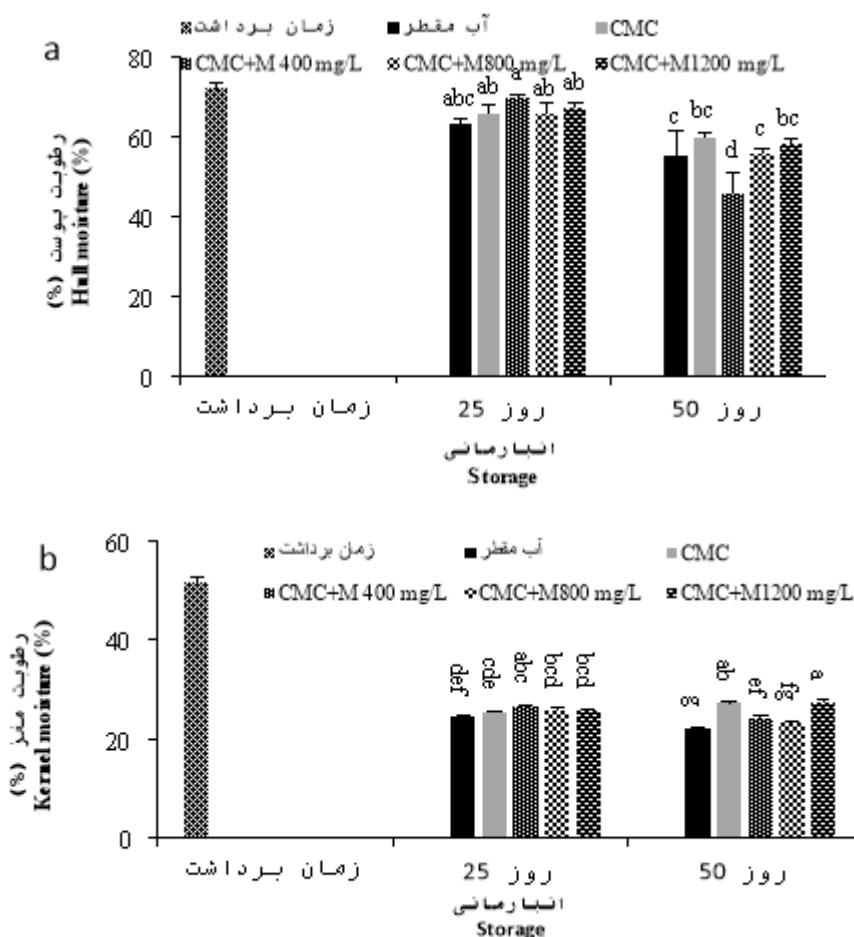
طرح آزمایشی

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۲ تجزیه و تحلیل آماری شدند و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دان肯 صورت گرفتند. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار EXCEL رسم و نتایج تفسیر شدند.

نتایج و بحث

درصد رطوبت پوست و مغز

نتایج مقایسه میانگین در شکل ۲ بین تیمارها نشان داد که رطوبت پوست میوه پسته با افزایش زمان انبارمانی در تمام تیمارها کاهش یافت. همچنین ۲۵ روز بعد از انبارمانی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین تیمارها و نمونه شاهده نشد، ولی در پایان دوره انبارمانی، کمترین مقدار رطوبت پوست در تیمار $\text{CMC+M1200 mgL}^{-1}$ ثبت شد. کاربرد CMC+M400 mgL^{-1} در روز ۵۰ انبارمانی، سبب حفظ مقدار رطوبت مغز در مقایسه با میوه‌های تیمار شده با آب مقطر شد، ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار CMC نداشت (شکل ۲ a, b).



شکل ۲- تأثیر تیمار CMC در ترکیب با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر مقدار رطوبت پوست (a) و مغز (b) پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه ای دان肯 می باشد.

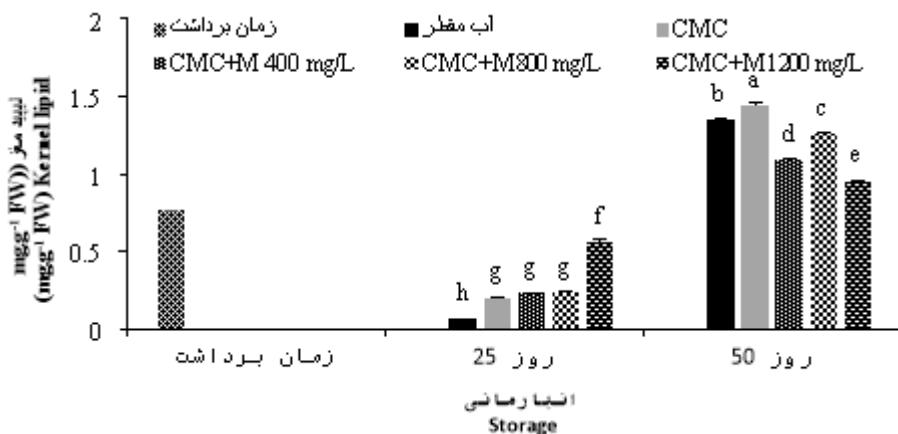
Fig. 2. The effect of CMC treatment in combination with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the hull (a) and kernel (b) moisture of pistachio cv. Ahmad Aghaei at storage conditions .Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range test.

کاهش آب یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت محصول‌ها است. به طور معمول، کاهش وزن در طول دوره انبارمانی میوه به دلیل فرآیند تبخیر و تعرق از سطح میوه اتفاق می‌افتد. با گذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به دلیل عدم یکسان بودن فشار بخار آب در فضای بین یاخته‌ای بافت‌ها و اتمسفر احاطه کننده میوه از یک سو، و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن میوه طی زمان، امری طبیعی است (Kowalczyk *et al.*, 2017 و Jiang *et al.*, 2005). البته در مرحله بلوغ میوه به دلیل پوشانده شدن روزنده‌ها و منفذ‌های سطح میوه توسط واکس و مو، عمدۀ فرآیند انتقال آب از سطح میوه (و نه به دلیل تعرق از روزنده‌ها) صورت می‌گیرد. همچنین افزایش دما به دنبال افزایش تنفس فراورده نیز، سبب کاهش وزن طی انبارمانی می‌شود (Hosseini and Ebrahimzadeh Mossavi, 2008 و Hashemi *et al.*, 2018) و Sheikhi *et al.*, 2019). نیروی ناشی از اختلاف فشار بخار آب بین بافت میوه و هوای اطراف و مقاومت بافت در برابر این نیرو تأثیر مستقیم بر از دست دادن آب میوه و در نتیجه کاهش وزن دارد. کاهش مقدار آب میوه طی انبار به طور قابل توجهی سبب کاهش وزن میوه می‌شود (Yinzhe and Vergis *et al.*, 2015 و Shaoying, 2013). کاهش مقدار رطوبت مغز و پوست پسته تر توسط محققین دیگری روی محصول پسته ثابت شده است (Nazoori *et al.*, 2022 و Gheysarbigi *et al.*, 2020) که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در پژوهشی، Sheikhi و همکاران (2019) نشان دادند که کاهش رطوبت و کاهش وزن میوه در طی انبار ناشی از کاهش رطوبت پوست تر می‌باشد که می‌تواند ناشی از افزایش تنفس بافت باشد. در پژوهشی دیگر، Ghaderi و همکاران (2018) نیز نشان دادند که

روطوبت میوه با افزایش زمان انبارمانی کاهش می‌یابد، که این کاهش می‌تواند ناشی از تبخیر آب از سطح میوه بوده که در این بین، استفاده از پوشش CMC و اسانس بنه (*Pistacia atlantica*)، میزان تبخیر از سطح میوه را به طور معنی‌داری کاهش داده است. این گزارش، با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کاهش مقدار از دست‌رفتن رطوبت بافت میوه در شرایط انبار در میوه‌های پوشش داده شده با CMC مطابقت دارد. همچنین دیده شده است که CMC روی میوه انگور، از طریق کاهش مقدار رادیکال‌های آزاد و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، سبب حفظ پایداری غشاء یاخته در طی انبارمانی شده و در نهایت، میوه‌های پوشش داده شده از بافت محکم‌تری در مقایسه با میوه‌های پوشش داده نشده برخوردار بودند (Yinzhe and Shaoying, 2013). کاربرد CMC نیز از طریق کاهش تنفس میوه هلو، سبب کاهش تبخیر و تعرق از بافت میوه می‌شود، که این امر سبب حفظ رطوبت بافت میوه در شرایط انبار گزارش شده است (Mafsoonazad et al., 2008). به طور کلی، استفاده از واکسن یا پوشش روی میوه، سبب تغییر در اتمسفر اطراف میوه شده و این شرایط سبب می‌شود که اختلاف بخار بین آب میوه و اتمسفر اطراف میوه کم‌تر شود و در نتیجه تبخیر و تعرق کاهش یابد، در همین زمینه Barzaman et al., (Barzaman et al., 2018) با استفاده از پوشش کیتوزان و Khatib and Mirdehghan, 2012 (Khatib and Mirdehghan, 2012) با کاربرد پوشش CMC روی میوه پسته تازه، نشان دادند که میوه‌های تیمارشده، از مقدار رطوبت بیش‌تری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده برخوردار بودند. در پژوهشی، Bakhtiari and Mirdehghan, 2018 (Bakhtiari and Mirdehghan, 2018) نشان دادند که میوه‌های پسته تیمار شده با CMC از میزان رطوبت میوه بیش‌تر و درصد کاهش وزن در میوه‌های پوشش داده شده کم‌تر بود. بنابراین، با توجه به نتایج حاصل از پژوهش حاضر به نظر می‌رسد کاربرد CMC از طریق کاهش تبخیر و تعرق از سطح میوه سبب حفظ مقدار رطوبت بافت میوه در شرایط انبار شده است.

لیپید مغز

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها در شکل ۳ نشان داد که لیپید مغز میوه پسته در طی انبارمانی کاهش و سپس افزایش یافت. به طوری که در میوه‌های بدون تیمار، در زمان ۲۵ روز بعد از انبارمانی، کم‌ترین مقدار لیپید نسبت به بقیه تیمارها ثبت شد و در روز ۵۰ پس از انبارمانی، تیمار CMC بیش‌ترین مقدار لیپید را نشان داد و کم‌ترین میزان لیپید نیز، متعلق به تیمار CMC+M1200 mgL⁻¹ بود (شکل ۳).



شکل ۳- تأثیر تیمار CMC در ترکیب با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر مقدار لیپید مغز پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دان肯 می‌باشد.

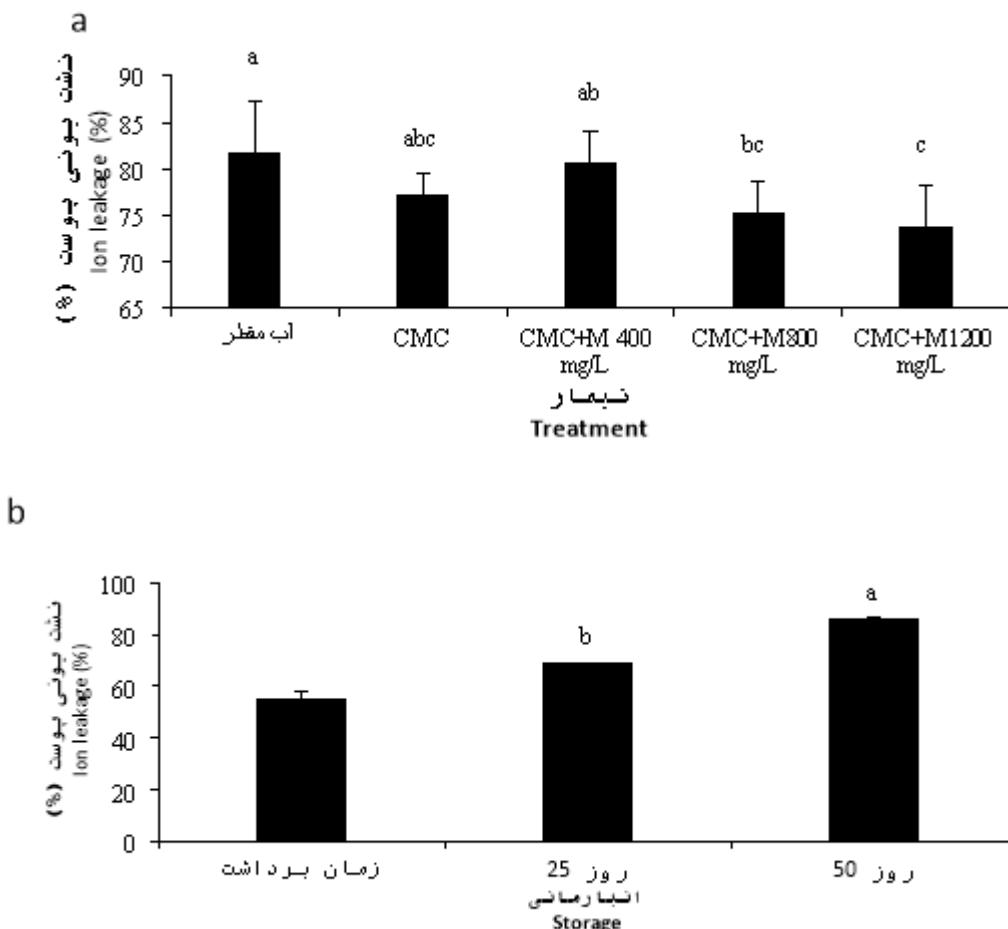
Fig. 3. The effect of CMC treatment in combination with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the amount of kernels lipid pistachio cv. Ahmad Aghaei at storage conditions. Similar letters indicate no significant difference at 1% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت میوه پسته تر، استفاده از پوشش خوارکی، نوع بسته‌بندی و شرایط انبارمانی مناسب می‌باشد. پسته به دلیل داشتن چربی مستعد به اکسیداسیون می‌باشد. تغییرات شیمیایی که طی دوره انبارمانی رخ می‌دهد، اکسیداسیون لیپیدها را تسريع و باعث توسعه طعم و رنگ نامطلوب، تندی و کاهش خواص تغذیه‌ای

پسته و در نتیجه کاهش عمر انبارمانی آن می‌شود (Nazoori *et al.*, 2020 و Gheysarbigi *et al.*, 2022). استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی، دستاورد جدیدی برای حل این مشکل است. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از نفوذ رطوبت جلوگیری و انتقال گازها شامل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن را محدود می‌کنند. استفاده از آنتی‌اکسیدان‌ها نیز مانع از سوختن چربی پسته شده و باعث افزایش عمر انبارمانی آن می‌شود (Hashemi *et al.*, 2015 و Nazoori *et al.*, 2018). چربی پسته سرشار از اسیدهای چرب ضروری می‌باشد که در تغذیه و رژیم غذایی انسان نقش مهمی را ایفا می‌کند. شرایط انبارمانی می‌تواند خواص تغذیه‌ای پسته را تحت تأثیر قرار دهد. مهم‌ترین واکنش تخریبی پسته که در طول دوره انبارمانی منجر به افت کیفیت محصول می‌شود، مکانیسم اکسایشی و تشکیل هیدروپراکسیدها است (Sheikhi *et al.*, 2019 و Pumilia *et al.*, 2014). اکسیداسیون چربی مستلزم وجود اکسیژن می‌باشد و داشتن فشار اکسیژن کم، سرعت اکسیداسیون را آهسته خواهد کرد، بنابراین با حذف اکسیژن یا با کاهش ورود اکسیژن، کیفیت پسته حفظ خواهد شد. این عمل با استفاده از پوشش‌دار کردن فرآورده با واکس‌های خوراکی انجام می‌گیرد (Nazoori *et al.*, 2022). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در روز ۲۵ انبارمانی پوشش‌دهی با CMC در ترکیب با اسانس‌های میخک به‌طور معنی‌داری میزان لیپید میوه را نسبت به نمونه‌های بدون پوشش در سطح بالاتری نگه داشت، که با نتایج خطیب و میردهقان (Khatib and Mirdehghan, 2012) مطابقت داشت. در روز ۵۰ انبارمانی نیز در این تحقیق تیمار CMC توانست از تجزیه لیپیدها جلوگیری کند. نتایج پژوهشی دیگر که در آن مغز پسته‌های خشک شده رقم احمدآقایی به مدت ۵ دقیقه توسط پروتئین آب پنیر پوشش‌دهی شده بودند، نشان داد که اکسیداسیون لیپیدها به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه‌های پوشش‌دهی نشده کمتر است (Javanmard, 2007). گزارش شده است که استفاده از پوشش‌های خوراکی با نفوذپذیری پایین نسبت به اکسیژن یا با بسته‌بندی غیرقابل نفوذ به اکسیژن برای فندق، سبب افزایش ماندگاری آن شده است (Razavi *et al.*, 2015). اساس علمی پوشش‌دهی میوه بر این اصل استوار است که با ایجاد یک سد در اطراف میوه، از ورود اکسیژن به بافت میوه جلوگیری شده و از این طریق با کاهش اکسیداسیون لیپیدها، شروع فساد در پسته به تأخیر خواهد افتاد.

نشت یونی پوست

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که فعالیت نشت یونی پوست میوه پسته با افزایش زمان انبارمانی افزایش یافت (شکل ۴b). همان‌طور که در شکل ۴a نشان داده شده است میوه‌های تیمار شده با CMC به‌همراه ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک هندی توانست میزان نشت یونی را در سطح پایین‌تری نسبت به نمونه شاهد قرار دهد. تنش سرما از طریق تأثیر بر نفوذپذیری سبب افزایش نشت محلول‌های یاخته‌ای می‌شود. نشت یونی بیان‌کننده شدت آسیدیدگی غشای یاخته‌ای است که در اثر سرما میزان گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن افزایش می‌یابد و نشت یونی زیاد می‌شود (Yinzhe and Shaoying, 2013). رادیکال‌های آزاد درون یاخته در غلظت‌های زیاد، اثر سمیت داشته، و سبب پراکسیده‌شدن لپیدهای غشای یاخته‌ای و اندامک‌ها می‌شوند و نتیجه آن، ظهور صدمات ناشی از تنش سرما در گیاهان است. ضمن اینکه این رادیکال‌ها بسیار واکنش‌گر بوده و می‌توانند با خارج کردن H^+ از فسفولیپیدها، موجب تشکیل رادیکال فعال اسید چرب شوند و رادیکال اسید چرب، در حضور اکسیژن با تولید پراکسید اسید چرب، ضمن تخریب چربی‌ها و پروتئین‌ها، رادیکال بیشتری تولید می‌کند (Plewa *et al.*, 1991 و Nicoli *et al.*, 1991). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی نشت یونی در بافت میوه افزایش یافت که این افزایش نشت یونی به‌دلیل تأثیر دمای پایین انبار بر بافت میوه بوده است. این نتایج به‌احتمال زیاد به سبب تغییر در اسیدهای چرب غشاء پوست نرم میوه و در نهایت تولید پراکسید هیدروژن و رادیکال آزاد ایجاد شده است (Nicoli *et al.*, 1991). در تیمارهای CMC با غلظت‌های ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک هندی، کمترین مقدار نشت یونی میوه پسته در شرایط انبار ثبت شد که این نتایج با نتایج رضوی و همکاران (Razavi *et al.*, 2015) روی میوه فندق مطابقت دارد.

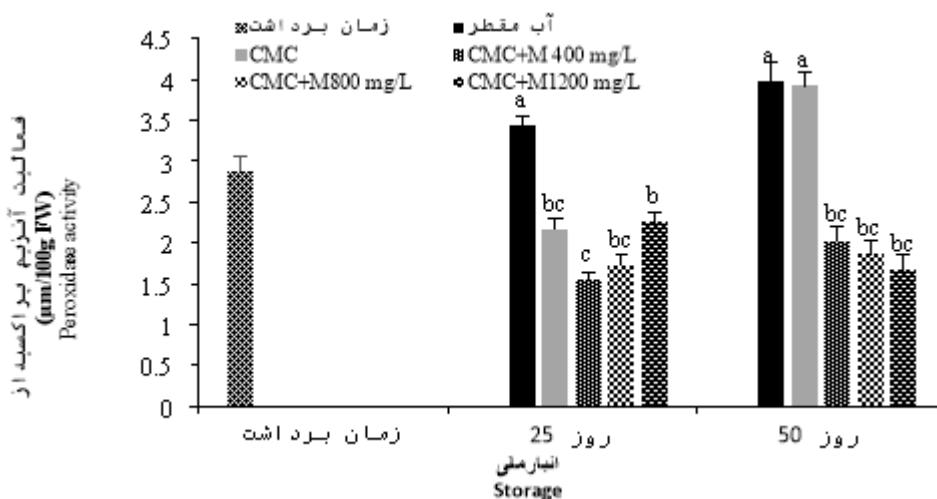


شکل ۴- تأثیر دوره انبارمانی و تیمار تلفیقی CMC با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر نشت یونی پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 4. The effect of storage period (b) and CMC treatment with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil (a) on the hull ion leakage of pistachio cv Ahmad Aghaei at storage conditions .Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range test.

فعالیت آنزیم پلیفنول اکسیداز و پراکسیداز پوست

نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم پلیفنول اکسیداز پوست تحت تأثیر تیمار CMC و زمان انبارمانی و برهمکنش بین آنها قرار نگرفت. نتایج بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز در شکل ۵ نشان داد که تفاوت معنی داری بین میوه های تیمار شده با CMC به تنهایی و نمونه شاهد در مرحله پایانی انبارمانی وجود ندارد و آنزیم پراکسیداز در میوه های تیمار شده با CMC به همراه اسانس میخک هندی در تمامی غلظت ها، مقدار فعالیت کمتری نسبت به نمونه تیمار شده با آب مقطر داشتند.



شکل ۵- تأثیر تیمار CMC در ترکیب با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز پوست پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

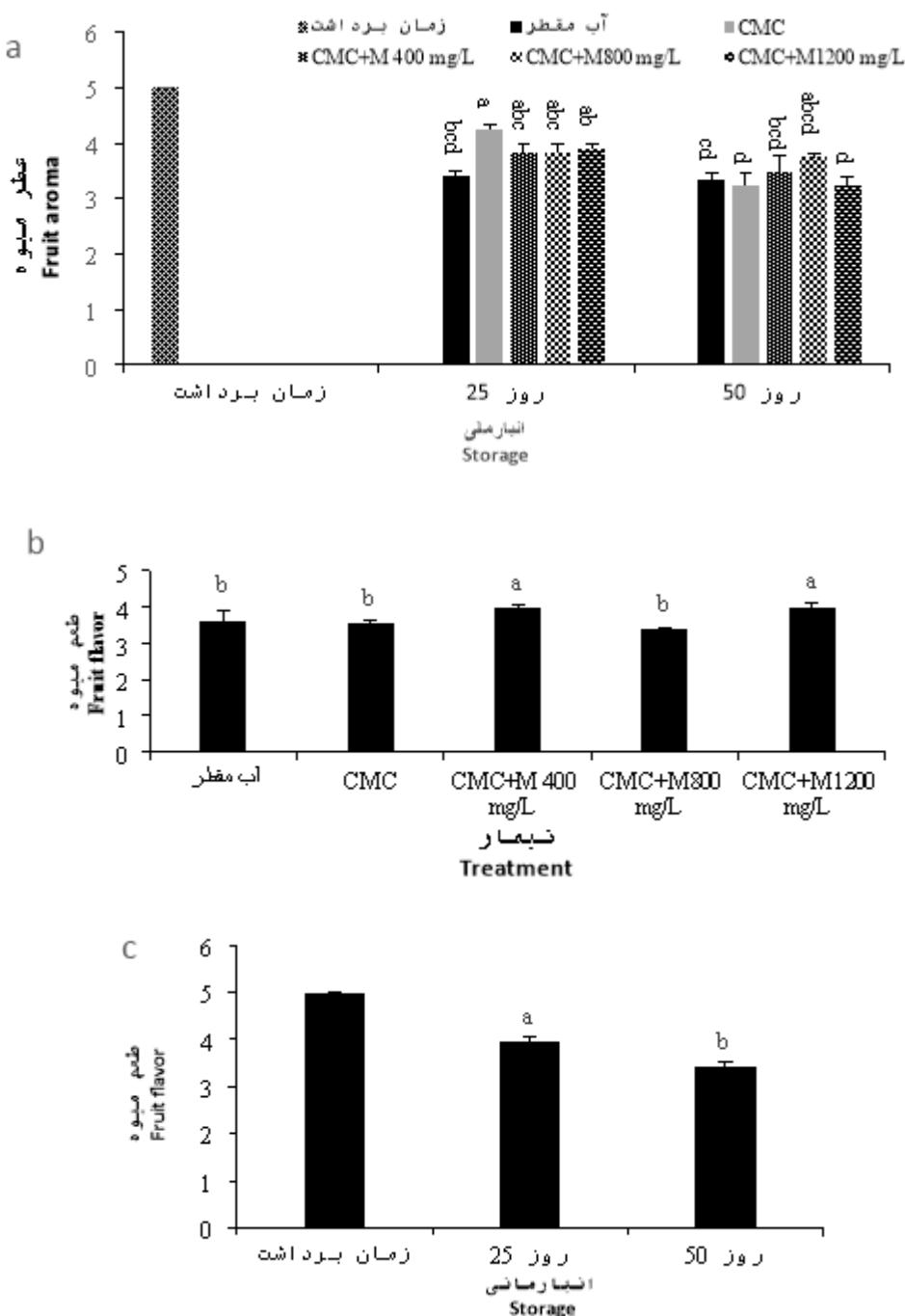
Fig. 5. The effect of CMC treatment in combination with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the hull peroxidase enzyme activity of pistachio cv Ahmad Aghaei at storage conditions. Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range test.

سنتر رنگدانه‌های قهوه‌ای به واسطه پلی‌فنول اکسیداز و پراکسیداز، اکسید شدن فنولیک و در نتیجه قهوه‌ای شدن سطحی است (Pumilia et al., 2014 و Plewa et al., 1991). سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی، شامل آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و غیره است که با افزایش سطح آنها برای مقابله با تنفس اکسیداتیو، توازن احیایی یاخته حفظ می‌شود (Yinzhe and Shaoying, 2013). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیدازها، H_2O_2 تولید شده ناشی از تنفس سرمایی را با اکسیداسیون ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان‌های حاوی گروه CO^- (اسید آسکوربیک، فلاونوئیدها و ...) مض محل کرده و اثر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده را خنثی می‌کنند (Jiang et al., 2005). در آزمایش حاضر در روز ۵۰ انبارمانی در تیمار CMC به همراه تمامی غلظت‌های اسانس‌های میخک هندی، کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز و نمونه شاهد و CMC به تهایی بالاترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مشاهده شد. مطابق با نتایج این آزمایش، کاهش فعالیت آنزیم پراکسیداز در میوه‌های پوشش‌دار لیچی در طول انبارمانی در دمای پایین مشاهده و گزارش شده است (Jiang et al., 2005).

عطر و طعم، قهوه‌ای شدن، سرمآذگی و فساد میوه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میوه‌های پوشش داده با CMC به تهایی از عطر بهتری نسبت به میوه‌های تیمار نشده تا روز ۲۵ انبارمانی برخوردار بودند و اختلاف معنی داری با تیمارهای تلفیقی مشاهده نشد. در انتهای دوره انبارمانی بیشترین امتیاز متعلق به تیمار $CMC+M800 \text{ mgL}^{-1}$ بود (شکل ۶).

نتایج بررسی نشان داد که شاخص طعم میوه تحت تأثیر اثرات متقابل تیمار و دوره انبارمانی قرار نگرفت، ولی اثرات جداگانه آنها معنی دار شد. مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی، مقدار طعم میوه کاهش یافت (شکل ۶) و میوه‌های تیمار شده با CMC به همراه ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک هندی، طعم بهتری نسبت به نمونه شاهد داشتند (شکل ۶).



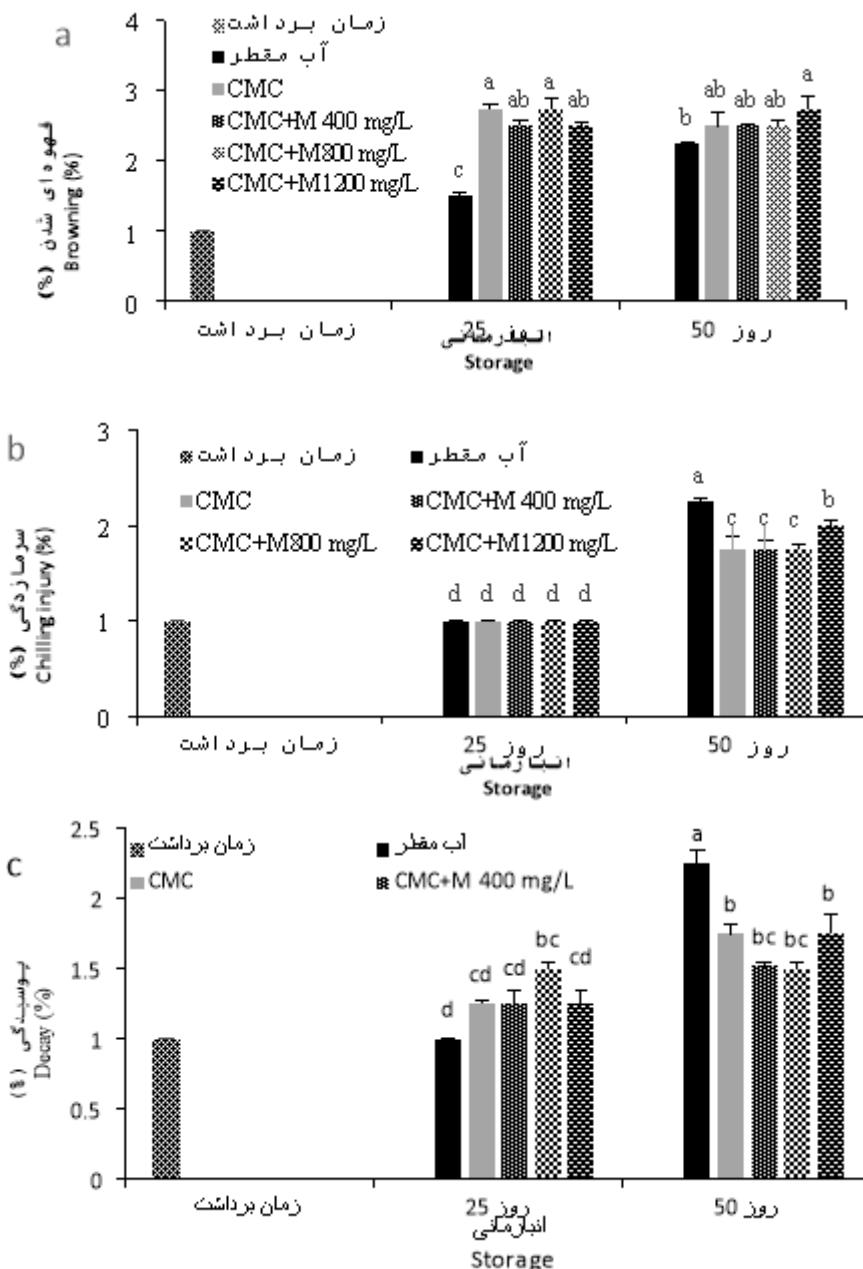
شکل ۶- تأثیر دوره انبارمانی و تیمار تلفیقی CMC با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر عطر و طعم میوه پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

Fig. 6. The effect of storage period and CMC treatment with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the aroma and flavor of pistachio cv Ahmad Aghaei at storage conditions. . Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range test.

مقایسه میانگین نشان داد که میوه های تیمار شده با CMC به تنهایی و همراه با اسانس میخک هندی در تمام مراحل انبارمانی نتوانست جلوی قهوه ای شدن میوه را نسبت به نمونه تیمار شده با آب مقطر بگیرد (شکل a). نظر به اینکه شدت این شاخص نسبت به زمان برداشت چندان قابل توجه نبود، ولی این احتمال وجود دارد که پوشش استفاده شده باعث تیرگی و تغییر در رنگ پوست تر میوه پسته شده است.

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میزان سرمادگی پسته با گذشت زمان انبارمانی افزایش یافت. ۲۵ روز بعد از انبارمانی اختلاف قابل توجهی بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد. بیشترین میزان سرمادگی پسته در ۵۰ روز بعد از انبار متعلق به نمونه تیمار شده با آب مقطر بود و تیمار CMC به تنهایی و با تمامی غلظت‌های اسانس میخک هندی توانستند جلوی پیشرفت سرمادگی میوه‌های پسته را بگیرند (شکل ۷).

نتایج مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که میزان پوسیدگی پسته با گذشت زمان انبارمانی افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان پوسیدگی پسته در ۵۰ روز بعد از انبار متعلق به نمونه تیمار شده با آب مقطر بود و تیمار CMC به تنهایی و با تمامی غلظت‌های اسانس میخک هندی توانستند از پوسیدگی میوه‌های پسته جلوگیری کنند (شکل ۷).



شکل ۷- تأثیر تیمار CMC در ترکیب با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر قهوهای شدن (a)، سرمادگی (b) و پوسیدگی (c) میوه پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

Fig. 7. The effect of CMC treatment in combination with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the browning (a) chilling injury (b) and decay (c) of pistachio cv Ahmad Aghaei at storage conditions. Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range test.

تغییر در ویژگی ظاهری میوه ممکن است به دلیل تغییر بیوشیمیایی و فیزیکی بافت میوه باشد به طوری که چروکیده شدن بافت میوه به دلیل افزایش از دست دادن آب میوه می باشد، به طوری که میوه هایی که با تأخیر خنک شدند و در دمای اتاق نگهداری شدند، میزان از دست دادن آب میوه به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین افزایش از دست دادن آب به دلیل افزایش تنفس در فرآورده می باشد (*Nazoori et al., 2020* و *Gheysarbigi et al., 2022*). براساس نتایج به دست آمده، میوه هایی که با CMC و اسانس میخک هندی تیمار شده بودند، به طور قابل توجهی در طی انبار عطر و طعم بهتری نشان دادند. استفاده از پوشش دهنده سبب کاهش سرعت تنفس و منجر به افزایش عمر انبارمانی میوه ها و سبزی ها می شود. کاهش سرعت تنفس منجر به حفظ طعم و پهاش مطلوب، کاهش دگرگونی اسیدهای آلی و جلوگیری از ضایع شدن قند می شود (*Razavi et al., 2015*). همچنین قهوه ای شدن بافت میوه نیز در میوه ممکن است به دلیل تغییر در ترکیبات فنولی باشد. ثابت شده است که قهوه ای شدن میوه ها به دلیل اکسیداسیون ترکیبات فنولی است (*Gheysarbigi et al., 2020*). در این آزمایش نمونه های تیمار شده با CMC و اسانس میخک هندی میزان ترکیبات فنولی کمتری داشتند که می تواند دلیل قهوه ای شدن بیشتر نمونه های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد باشد. در اثر کاهش ترکیبات ضد اکسیداسیونی مقدار و فعالیت رادیکال های آزاد در میوه به طور قابل توجهی افزایش می یابد که رادیکال های آزاد به دلیل تغییر در ماهیت فسفولیپیدها و همچنین اکسید کردن برخی از ترکیبات سبب ایجاد طعم تند در بافت میوه می شود (*Jiang et al., 2005* و *Guerra et al., 2014*). از طرف دیگر افزایش تنفس و تولید اتیلن و نرم شدن بافت ها و در نهایت فعالیت میسیلیوم های قارچ سبب ایجاد یک بدبویی در فرآورده در طی انبار می گردد (*Razavi et al., 2015*). دما نقش مهمی در متابولیسم محصول های باغبانی دارد. کاهش دما سبب کاهش فرآیندهای متابولیکی و در نتیجه افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت میوه و سبزی ها است، لیکن در برخی از میوه ها، بافت ها به درجه حرارت پایین حساس بوده و دچار سرمازدگی می شوند (*Rahimi and Davari, 2016* و *Razafimamonjison et al., 2014*). سرمازدگی در بافت های گیاهی باعث تغییر در لیپیدهای غشاء شده، در نتیجه موجب افزایش نفوذ پذیری غشاء می شود (*Bligh and Dyer, 1959*). بر اساس گزارش محققین پوشش های خوراکی از طریق القای سیستم های دفاعی و تحریک تولید پروتئین های شوک حرارتی در هلو (*Mafsoonazad et al., 2008*) و کاهش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در انار (*Ghafouri et al., 2016*)، خسارت سرمازدگی را کاهش داد. با توجه به جدول ۱ و حضور ترکیبات ضد میکروبی قوی موجود در اسانس میخک، می توان دلیل کاهش فساد میوه های تیمار تلفیقی را، به وجود این ترکیبات نسبت داد. در این آزمایش تیمارهای CMC و اسانس میخک هندی سبب کاهش سرمازدگی نمونه ها شدند. کاربرد پوشش های خوراکی به افزودن خصوصیات حسی، جلوگیری از رشد میکروبی، بهبود اینمنی محصول، افزایش عمر ماندگاری و حفظ کیفیت محصول کمک می کند (*Razavi et al., 2015*).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این آزمایش، در مدت انبارمانی نشت یونی، فعالیت آنزیم پراکسیداز، قهوه ای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی افزایش و درصد رطوبت پوست و مغز، عطر و طعم کاهش یافت. تیمار ترکیبی CMC با اسانس های میخک، به دلیل داشتن خواص ضد میکروبی از طریق حفظ فاکتورهایی چون میزان درصد رطوبت مغز، لیپید رطوبت مغز و کاهش پوسیدگی و سرمازدگی منجر به افزایش عمر انبارمانی پسته تر تا ۵۰ روز شد. CMC به همراه ۴۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک منجر به حفظ فاکتورهایی همچون رطوبت مغز، طعم و قهوه ای شدن و کاهش میزان از دست دهی آب مغز شد. CMC به همراه ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک کمترین فعالیت آنزیم پراکسیداز، پوسیدگی و سرمازدگی را داشت. CMC به همراه ۱۲۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک هندی، بالاترین درصد رطوبت پوست و طعم و کمترین میزان نشت یونی پوست و فعالیت آنزیم پراکسیداز را نشان داد. در مجموع استفاده از تیمار CMC به همراه ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر اسانس میخک هندی، عملکرد بهتری برای حفظ ویژگی های کمی و کیفی پسته تر داشت.

References

- Askari, A., Mehrjerdi, A., Dehkordi, S., Bahadran, Sh., & Mohebbi, A. (2016). Evaluation of the effect of clove volatile oil on lead oxidation and biological aggregation index in Japanese quail. *Yazd School of Health Research Monthly*, 15 (5), 167-153. (In Persian)

منابع

- Bakhtiari, S. & Mirdehghan, S.H.(2018). Effects of carboxymethyl cellulose edible coating on the quality indicators of fresh pistachio cv. Ahmadaghayi in different condition shelf life. *The Second Iranian Pistachio National Conference*. (in Persian)
- Barzaman, M., Mirdeghan, S.H., & Nazoori, F. (2018). Combined application of polyamines and chitosan on bioactive compound and browning of fresh pistachio. *Food Science and Technology*, 15(81), 359-376. (in Persian).
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.
- Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-25
- Ghafoori, M., Soleimani, A., & Rabi'i, V. (2016). Effect of application of clove and cinnamon essential oils on maintain quality post-harvest of pomegranate. *Journal of Crop Improvement*, 18(2), 389-401. (in Persian)
- Ghaderi, N., Shokri, B., & Javadi, T. (2018). The effect of carboxymethyl cellulose and pistachio (*Pistacia atlantica* L.) essential oil coating on fruit quality of cold-stored grape cv. Rasheh. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48, 63-78. (in Persian)
- Guerra, I.C.D., de Oliveira, P.D.L., de Souza Pontes, A.L., Lucio, A.S.S.C., Tavares, J.F., Barbosa-Filho, J. M., & de Souza, E.L. (2015). Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha × villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. *International Journal of Food Microbiology*, 214, 168-178.
- Gheysarbigi, S., Mirdehghan, S.H., Ghasemnezhad, M., Nazoori, F. (2020). The inhibitory effect of nitric oxide on enzymatic browning reactions of in-package fresh pistachios (*Pistacia vera* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 159, 110998. <https://ma.x-mol.com/paperRedirect/5880064>.
- Hashemi, M., Mirzaaleian Dastjerdi, A., Shakerardekani, A., & Mirdehghan, S.H. (2018). Effect of carboxymethyl cellulose edible coating enriched with Zataria multiflora essential oil on the quality and shelf-life of fresh pistachio (*Pistacia vera* L.) fruit. *Pistachio and Health Journal*, 1 (1), 6-12.
- Hosseini, S.M.H., & Ebrahimzadeh Mossavi, S.M.A. (2008). Investigate antimicrobial, physical and mechanical properties edible films produced from chitosan contains thyme and clove essential oils. *Journal of Food Sciences and Industries*, 5(2), 41-50. (in Persian).
- Javanmard, M. (2007). Shelf life of whey protein-coated pistachio kernel (*Pistacia vera* L.). *Journal Food Process Engineering*, 31, 259-274.
- Joshi, A. V., Baraiya, N.S., Vyas, P.B., & RAO, T. (2017). Gum ghatti based edible coating emulsion with an additive of clove oil improves the storage life and maintains the quality of papaya (*Carica papaya* L., cv. Madhubindu). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 160-174.
- Jiang, Y., Li, J., & Jiang, W. (2005). Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT Food Science and Technology*, 38, 757-761.
- Khatib, H., & Mirdehghan, S.H. (2012). Effects of chitosan edible coating on the quality and shelf life of fresh pistachio cv Ohadi. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 13(1), 83-100. (in Persian)
- Khoshdoni Farahani, Z., & Khoshdoni Farahani, F. (2017). Identification of the compounds in the extract and essential oil of clove plant. *Applied Biology Scientific Research Quarterly*, 7(3), 1-7.
- Kowalczyk, D., M. Kordowska-Wiater, E. Zięba and B. Baraniak. 2017. Effect of carboxymethyl cellulose/candelilla wax coating containing potassium sorbate on microbiological and physicochemical attributes of pears. *Scientia Horticulturae*, 218, 326-333.
- Lambert, R.J.W., Skandamis, P.N., Coote, P.J., & Nychas, G.J. (2001). A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91, 453-462.
- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., & Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 951-957.
- Maghsodlo, Y., & Razavi, R. (2015). Effects of carboxymethyl cellulose edible coating including antioxidant on the oxidative stability of edible pine nuts during the storage period. *Journal of Food Processing and Preservation*, 8(1), 67-85. (In Persian)
- Nazoori, F., Kalantari, S., Doraki, N., Talaie, A.R., & Javanshah, A. (2015). Effect of harvest time, processing type and storage condition on preservation fresh and dried pistachios nuts. *Journal of Crop Improvement*, 16(4), 795-807. (in Persian)
- Nazoori, F., Afrashteh, S., & Mirdehghan, S.H. (2022). Impacts of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium oxide and GABA on storage life and quality maintenance of fresh pistachio fruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, DOI: 10.1080/14620316.2022.2134058
- Nicoli, M.C., Elizalde, B.E., Pitotti, A., & Lerici, C.R. (1991). Effects of sugars and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. *Journal of Food Biochemistry*, 15, 169-184.

- Plewa, M.J., Smith, S.R., & Wanger, E.D. (1991). Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation Reserch*, 247, 57-64.
- Pumilia, G., Cichon, M.J., Cooperstone, J.L., Giuffrida, D., Dugo, G., & Schwartz, S.J. (2014). Changes in chlorophylls, chlorophyll degradation products and lutein in pistachio kernels (*Pistacia vera L.*) during roasting. *Food Research International*, 65, 193–198.
- Rahimi, V., & Davari, M. (2016). Recognition of plant defense mechanisms and their use in plant disease management. *Journal of Biosafety Scientific-Extension*, 10 (3), 44- 37. (in Persian).
- Razafimamonjison, G., Jahiel, M., Duclos, T., Ramanolima, P., Fawbush, F., & Danthu, P. (2014). Bud, leaf and stem essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from Madagascar, Indonesia and Zanzibar. *International Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 224.
- Razavi, R., Maghsoudloo, Y., Ghorbani, M., & Alami, M. (2015). The antifungal effects of hydroalcoholic extract of thyme (*Thymus vulgaris*) and carboxy methyl cellulose edible coating on the shelf life of fresh hazelnut. *Food Science and Nutrition*, 12, 39-48. (in Persian).
- Sheikhi, A, Mirdehghan, S.H., & Ferguson, L. (2019). Extending storage potential of de-hulled fresh pistachios in passive-modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99, 3426-3433.
- Vergis, J., Gokulakrishnan, P., Agarwal, R.K., & Kumar, A. (2015). Essential oils as natural food antimicrobial agents: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 1320-1323.
- Yinzhe, R., & Shaoying, Z. (2013). Effect of carboxymethyl cellulose and alginate coating combined with brewer yeast on postharvest grape preservation. *ISRN Agronomy*, 6, 1-7.

Maintaining the Quality of Fresh Pistachio by Post-Harvest Application of Carboxymethyl Cellulose with Clove Essential Oil (*Syzygium aromaticum*)

Fataneh Mousapour¹, Fatemeh Nazoori^{*2}, Mohammadreza Pirmoradi³, Seyed Hossien Mirdehghan⁴, Zahra Mohammadi¹

Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,
Rafsanjan, Iran.

Corresponding Author, Email: (f.nazoori@vru.ac.ir)

A study was carried out to investigate the effect of combined treatment of carboxymethyl cellulose (CMC) with different concentrations of Inian clove essential oil (M) on the storage life of Ahmad Aghaei pistachio cultivar. This research was carried out as a factorial experiment based on completely randomized design. Treatments in two levels, one concentration of edible coating: control (distilled water), 0.5% CMC along with three different concentrations of M oil including; 400, 800 and 1200 mgL⁻¹ and the second factor of the storage period was investigated at two levels (25 and 50 days). The results showed that during storage period, hull and kernel moisture, aroma and taste decreased in all treatments, but the amount of ion leakage, peroxidase activity, browning, decay and chilling injury were increased. The application of CMC along with 400 and 1200 mgL⁻¹ of M recorded the best taste compared to the control sample. The lowest of ion leakage was related to the combined treatment of CMC with 1200 mg, which was not significantly different from the combined treatment of CMC with 800 mgL⁻¹. Pistachios treated with distilled water showed a higher level of decay (22%), chilling injury (22%) and peroxidase enzyme activity (48%), compared to the combined treatments.

Keywords: Chilling injury, Enzyme activity, Fruit decay, Sensory evaluation.