مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۴ شماره ۳ صفحه‌های ۳۱۷ تا ۳۳۲ (۱۴۰۲)
مقاله پژوهشی

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 موسی‌پور، فاطمه ناظوری*، محمدرضا پیرمرادی، سید حسین میردهقان، زهرا محمدی

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

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۸، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۹

چکیده

این پژوهش به‌منظور 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 به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. عامل اول، به صورت غلظت پوشش خوراکی شامل شاهد (آب مقطر)، ۰/۵ درصد CMC به تنهائی و همراه با سه غلظت مختلف اسانس میخک شامل ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم 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، قهوه‌ای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی با افزایش روبه‌رو شد. میوه‌های تیمار شده با CMC همراه با ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم 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 میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک بود که اختلاف معنی داری با تیمار تلفیقی CMC همراه با ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نداشت. پسته‌های تیمار شده با آب مقطر، سطح بالاتری از پوسیدگی (۲۲ درصد)، سرمازدگی (۲۲ درصد) و فعالیت آنزیم پراکسیداز (۴۸درصد) 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 باتوجه به ارزش غذایی بالایی که دارد، توجه ویژه‌ای را در صنایع غذایی، دارویی و سایر صنایع به‌خود جلب کرده است. میوه پسته به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب، رنگیزه‌های کاروتنوئید، کلروفیل و ویتامین‌ها و ترکیبات فنولی، به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای با خواص ضداکسیداسیونی شناخته شده است (Pumilia *et al.*, 2014).

پسته تازه از جمله میوه‌هایی است که سوخت و ساز سریع داشته و به‌خاطر تنفس زیاد و پوسیدگی میکروبی، عمر پس از برداشت کوتاهی دارد (Gheysarbigi *et al.*, 2020). پسته تر به‌دلیل 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). باوجود ارزش غذایی و اهمیت اقتصادی چشمگیر پسته به‌دلیل ساختار فیزیکی و نبود روش‌های مناسب برای نگه‌داری میوه تازه، بیشتر به‌صورت 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، به‌دلیل کاهش کیفیت خوراکی پسته خشک در اثر فرآوری، به پسته تر توجه ویژه‌ای شده است. بنابراین، صادرات پسته تر به‌دلیل 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 روبه‌رو است. تنفس بالا و تجمع آب، تخریب

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

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

در سال‌های اخیر، توجه به پوشش‌های خوراکی به منظور کاهش مواد سنتزی بسته‌بنـدی 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 پلی‌ساکارید طبیعی زیست‌تخریب‌پذیر محسوب می‌شود. این ماده می‌تواند بـرای پوشـش‌دهـی میـوه‌هـا و مغزها و جهت حفظ کیفیت آن‌ها در طول دوره نگه‌داری در انبار به کار برده شود، زیرا نسبت به اکسیژن، نفوذپذیری پائینی دارد. همچنین به عنوان یک سد در برابر خروج رطوبت از میوه‌ها عمل می‌کند. این پوشش به تنهایی خواص ضداکسایشی و ضدمیکروبی ضعیفی داشته، بنابراین لازم است که همراه با یک ماده ضداکسایشی و ضدمیکروبی سنتزی یا طبیعی مانند اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی به کار برده شود. استفاده از کاربرد همزمان کربوکسی متیل سلولز با یک ماده ضداکسایشی و ضدمیکروبی، سبب می‌شود تا عمر ماندگاری محصول افزایش پیدا کند (Razavi *et al*., 2015). گزارش شده است که استفاده از پوشش CMC به‌همراه 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 *Botrytis cinerea*، *Rhizopus nigricans* و *Monilinia fructigena* شده است (Kowalczyk *et al.*, 2017).

پژوهش‌های متعددی نشان داده است که استفاده از گیاهان و مشتقات آنها با ساز وکارهای مختلفی، همانند توقف در سنتز پپتیدوگلیکان‌ها، آسیب به ساختمان غشایی و یا تغییر در خاصیت آب‌گریزی غشاء، سبب آسیب رساندن به میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا و در نهایت از بین رفتن آنها می‌شوند (Rahimi and Davari, 2016). قهوه‌ای شدن آنزیمی در میوه و سبزی‌ها، سبب تغییرات نامطلوبی در بافت محصول شده، که این امر سبب کاهش بازارپسندی محصول می‌شود. این واکنش در اثر فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز و پراکسیداز انجام می‌شود. کاربرد اسانس‌های گیاهی با توجه به نقش آنتی‌اکسیدانی، از قهوه‌ای شدن آنها جلوگیری می‌کند (Askari *et al.*, 2016 و Ghafouri *et al.*, 2016). آثار محافظت‌کنندگی 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، متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که در گیاهان معطر یافت می‌شوند و به‌عنوان 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 به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی، ماندگاری محصول‌های باغبانی 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 رو 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 مقادیر را به‌خود 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، به‌ترتیب از عمده‌ترین ترکیبات موجود در اسانس این گیاه می‌باشد (Razafimamonjison *et al.*, 2014). در پژوهشی، Hosseini و همکاران (2008) طی

۱- Quercetin ۲- Catechin ۳- Kaempferol ۴- Eugenol ۵- β-caryophyllene

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

بررسی روی عصاره هگزانی جوانه‌های میخک هندی، نشان دادند که مهم‌ترین ترکیبات عصاره این گیاه شامل اوژنول و اوژنول استات است. استفاده از اسانس میخک روی میوه پاپایا در شرایط انبار، سبب شده که جوانه زنی قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* به‌طور 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 به‌منظور بررسی تاثیر تیمار جداگانه 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 ۸۰-۷۰ 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.

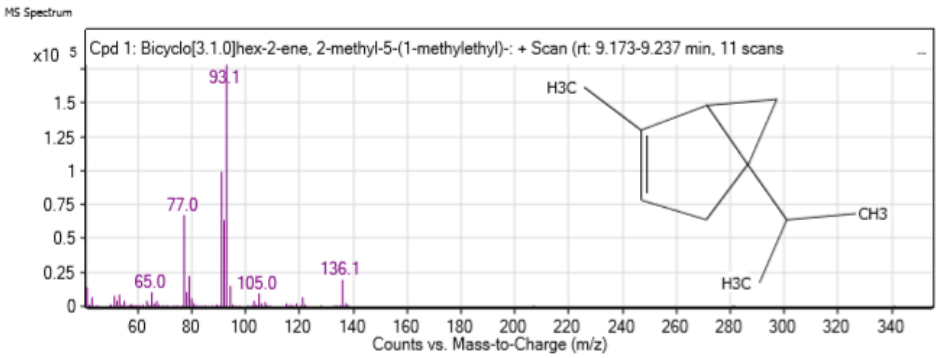
نحوه اجرای آزمایش

نمونه‌های سالم و یکنواخت از پسته‌های صدمه دیده و نارس جدا شده و تحت تیمارهای مورد نظردر تحقیق قرار گرفتند. تیمارها شامل: الف- اسانس میخک (M) در غلظت ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد (CMC+ M 400 mgL^{-1}). ب - اسانس میخک در غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد (CMC+ M 800 mgL^{-1}). پ- اسانس میخک در غلظت ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد (CMC+ M 1200 mgL^{-1}). ت- کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ 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 ۰/۵ درصد مورد نیاز؛ ۱۷/۵گرم 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 به‌وسیله دستگاه کلونجر اسانس‌گیری انجام و با استفاده از دستگاه GC/MS (مدل ۸۸۹۰ اجیلنت ساخت آمریکا) تجزیه و ترکیبات موجود در اسانس مشخص شد. تیمار نمونه‌ها با محلول‌های فوق به‌صورت 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 ۲۰۰-۱۵۰ 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 ۱±۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۸۵ 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.

۱- Carvacrol

۲- Adenosine triphosphate

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]



شکل ۱- نمونه نتایج تجزیه اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) به روش GC/MS.

Fig. 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

درصد رطوبت پوست و مغز

ابتدا وزن نمونه‌های تر توسط ترازوی دیجیتال اکستچ مدلEXTECH 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:

۱۰۰× وزن نمونه پیش از خشک کردن / (وزن نمونه بعد از خشک کردن - وزن نمونه پیش از خشک کردن) = (٪) 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 به‌دست 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 به‌مدت یک شب در زیر هود شیمیایی قرار گرفته تا کلروفرم تبخیر شود، صبح روز بعد، لوله‌های خالی با استفاده از ترازویی با دقت میکروگرم 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

به‌منظور 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 مولار 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).

رابطه ۲: ۱۰۰× (اولیه الکتریکی هدایت)/(ثانویه الکتریکی هدایت) = (درصد) 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 به‌عنوان پیش ماده آنزیم استفاده شد. در این واکنش مخلوط واکنش شامل ۲/۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار pH =۷، ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالل ۰/۰۲ مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۴۲۰ نانومتر و بعد از ۳ دقیقه خوانده شد. فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی پیروگالل معادل (۶/۲) محاسبه شد. فعالیت آنزیمی برحسب واحد آنزیم در مقدار پروتئین کل (میلیگرم) موجود در ۱۰۰ میکرولیتر عصاره به‌دست 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 میلی‌مولار (pH = ۷)، ۱۰۰ میکرولیتر پراکسیدهیدروژن یک درصد، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول[1] ۴ درصد و ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی استفاده شد. افزایش جذب به‌دلیل اکسیداسیون گایاکول در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر به‌مدت ۳ دقیقه اندازه‌گیری گردید. با استفاده از ضریب خاموشی تتراگایاکول (۲۵/۵ mM^{-1} cm)، مقدار تتراگایاکول تشکیل شده محاسبه شد (Plewa *et al.*, 1991). در این روش ارزیابی، یک واحد فعالیت آنزیمی برابر مقدار آنزیمی است که یک

۱- Guaiacol

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

میلی‌مول 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).

به‌منظور 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 و لکه‌های تاول‌مانند و آبکی به ترتیب به‌عنوان علائم قهوه‌ای شدن، پوسیدگی و سرمازدگی درنظر گرفته شد. شدت قهوه‌ای شدن پوست بیرونی، پوسیدگی و سرمازدگی با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

رابطه ۳: $\sum(ni \times i)/(N \times 6)$

در این رابطه، ni 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: ۲۰-۱ درصد، دو: ۴۰-۲۰ درصد، سه: ۶۰-۴۰ درصد، چهار: ۸۰-۶۰ درصد و پنج: بیشتر از ۸۰ درصد است (Sheikhi *et al.*, 2019).

طرح آزمایشی

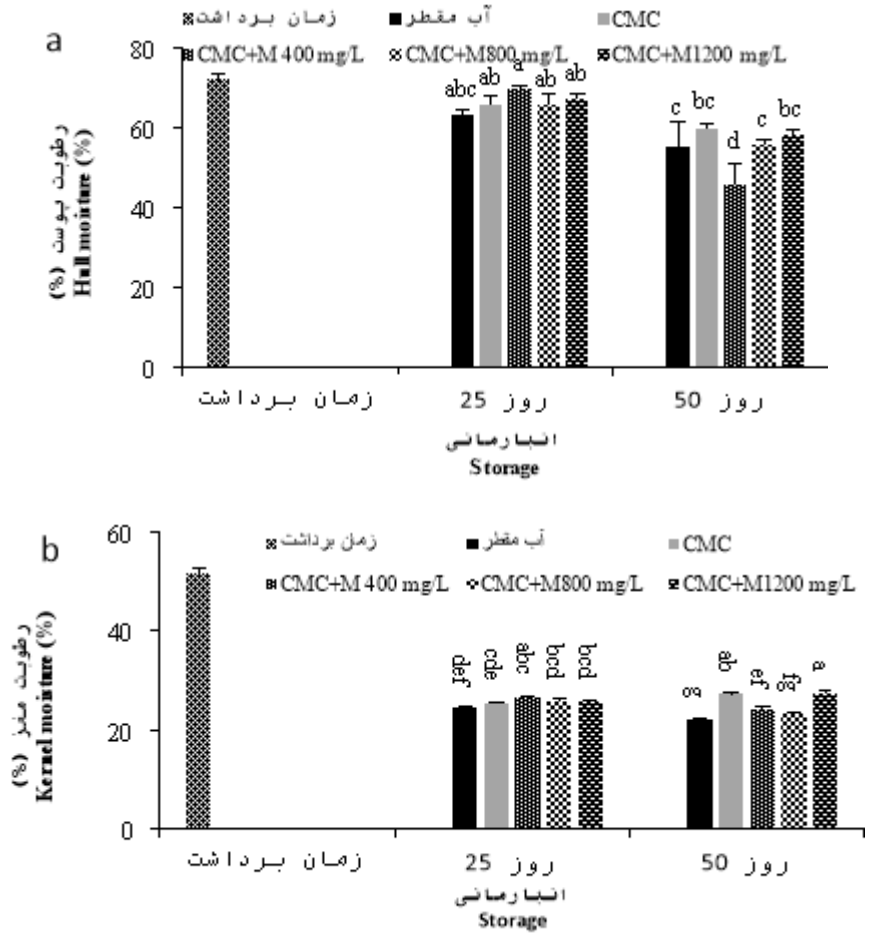
این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۲ تجزیه و تحلیل آماری شدند و مقایسه میانگین داده‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفتند. نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار EXCEL رسم و نتایج تفسیر 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 شاهد مشاهده نشد، ولی در پایان دوره انبارمانی، کم‌ترین مقدار رطوبت پوست در تیمار mgL^{-1} CMC+ M400 ثبت شد. کاربرد CMC+M1200 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).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]



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 معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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.

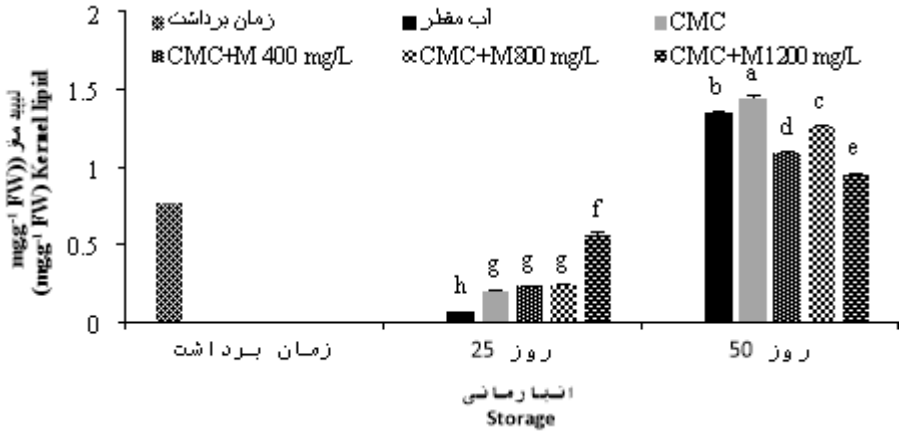
کاهش آب یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت محصول‌ها است. به‌طور معمول، کاهش وزن در طول دوره انبارمانی میوه به‌دلیل فرآیند تبخیر و تعرق از سطح میوه اتفاق می‌افتد. با گذشت زمان و تشدید تبخیر و تعرق به‌دلیل عدم یکسان بودن فشار بخارآب در فضای بین یاخته‌ای بافت‌ها و اتمسفر احاطه‌کننده میوه از یک سو، و نیز تشدید فرآیندهای تنفسی از سوی دیگر، کاهش وزن میوه طی زمان، امری طبیعی است (Jiang *et al.*, 2005 و Kowalczyk *et al.*, 2017). البته در مرحله بلوغ میوه به‌دلیل پوشانده شدن روزنه‌ها و منفذهای سطح میوه توسط واکس و موم، عمده فرآیند انتقال آب از سطح میوه (و نه به دلیل تعرق از روزنه‌ها) صورت می‌گیرد. همچنین افزایش دما به‌دنبال افزایش تنفس فرآورده نیز، سبب کاهش وزن طی انبارمانی می‌شود (Hashemi *et al.*, 2018 و Hosseini and Ebrahimzadeh Mossavi, 2008). 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 به‌طور قابل‌توجهی سبب کاهش وزن میوه می‌شود (Vergis *et al.*, 2015 و Yinzhe and Shaoying, 2013). کاهش مقدار رطوبت مغز و پوست پسته تر توسط محققین دیگری روی محصول پسته ثابت شده است (Gheysarbigi *et al.*, 2020 و Nazoori *et al.*, 2022، Sheikhi *et al.*, 2019) 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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

رطوبت 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 به‌طور 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 (Maftoonazad *et al*., 2008). به‌طور کلی، استفاده از واکس 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 و همکاران (Barzaman *et al.*, 2018) با استفاده از پوشش کیتوزان و Khatib و Mirdehghan (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 و Mirdehghan (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 به‌نظر می‌رسد کاربرد CMC از طریق کاهش تخیر 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. به‌طوری 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 دانکن 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 خوراکی، نوع بسته‌بندی و شرایط انبارمانی مناسب می‌باشد. پسته به‌دلیل داشتن چربی مستعد به اکسیداسیون می‌باشد. تغییرات شیمیایی که طی دوره انبارمانی رخ می‌دهد، اکسیداسیون لیپیدها را تسریع و باعث توسعه طعم و رنگ نامطلوب، تندی و کاهش خواص تغذیه‌ای

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

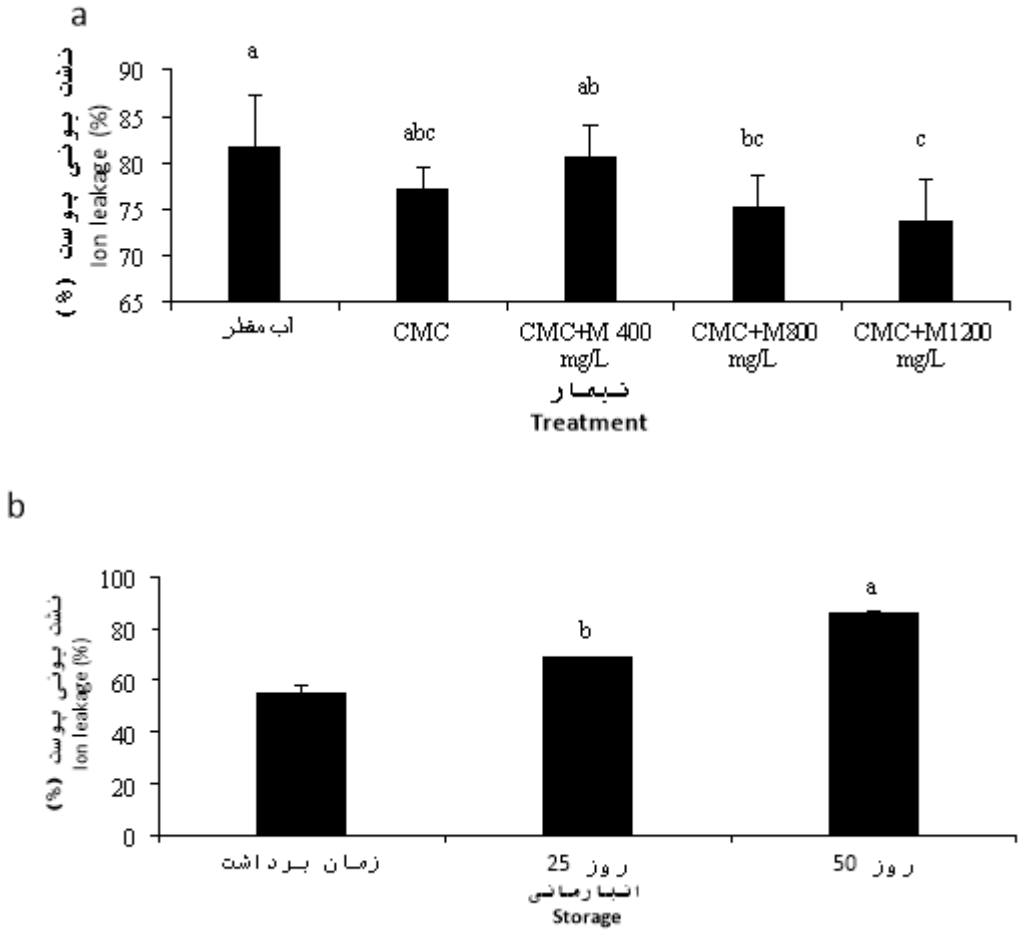
پسته و در نتیجه کاهش عمر انبارمانی آن می‌شود (Gheysarbigi *et al.*, 2020 و Nazoori *et al.*, 2022). استفاده از پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی، دستاورد جدیدی برای حل این مشکل است. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از نفوذ رطوبت جلوگیری و انتقال گازها شامل اکسیژن و دی‌اکسیدکربن را محدود می‌کنند. استفاده از آنتی‌اکسیدآن‌ها نیز مانع از سوختن چربی پسته شده و باعث افزایش عمرانبارمانی آن می‌شود (Hashemi *et al.*, 2018 و Nazoori *et al.*, 2015). 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 (Pumilia *et al.*, 2014 و Sheikhi *et al.*, 2019). 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 آسیب‌دیدگی 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 پراکسیده-شدن 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 می کند (Nicoli *et al.*, 1991 و Plewa *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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]



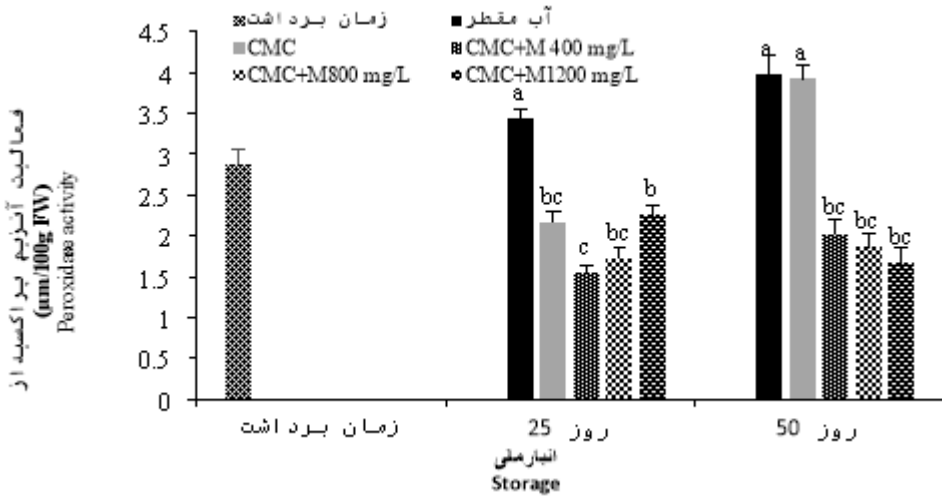
شکل ۴- تأثیر دوره انبارمانی و تیمار تلفیقی CMC با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر نشت یونی پسته رقم احمدآقایی در شرایط انبار. حروف مشابه نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

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 معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده با CMC به‌تنهایی و نمونه شاهد در مرحله پایانی انبارمانی وجود ندارد و آنزیم پراکسیداز در میوه‌های تیمار شده با CMC به‌همراه اسانس میخک هندی در تمامی غلظت‌ها، مقدار فعالیت کم‌تری نسبت به نمونه تیمار شده با آب مقطر داشتند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]



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 معنی‌دار 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.

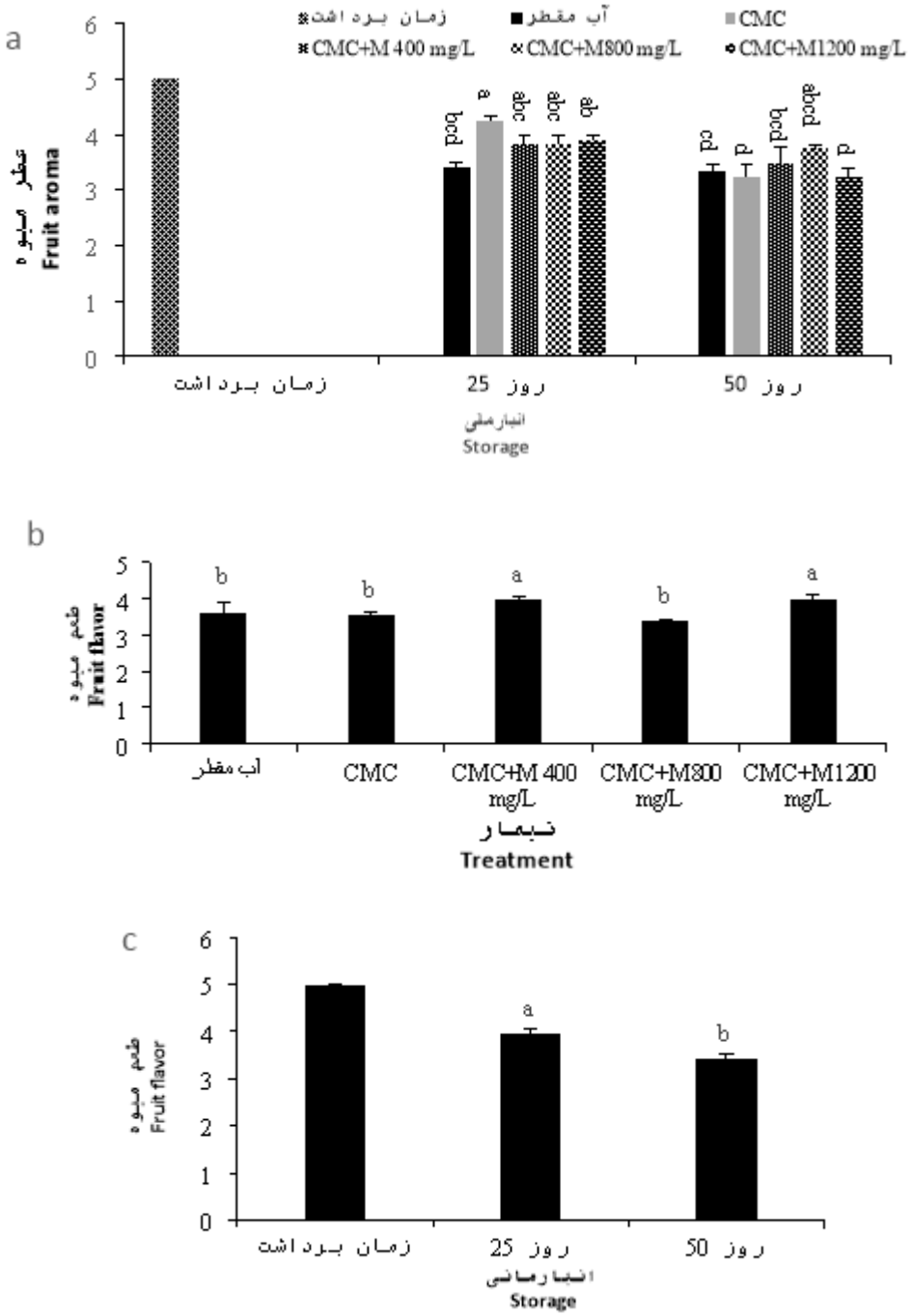
سنتز رنگدانه‌های قهوه‌ای به واسطه پلی‌فنول‌اکسیداز و پراکسیداز، اکسید شدن فنولیک و در نتیجه قهوه‌ای شدن سطحی است (Plewa *et al.*, 1991 و Pumilia *et al.*, 2014). سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی، شامل آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و غیره است که با افزایش سطح آنها برای مقابله با تنش اکسیداتیو، توازن احیایی یاخته حفظ می‌شود (Yinzhe and Shaoying, 2013). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند پراکسیدازها، H_2O_2 تولید شده ناشی از تنش سرمایی را با اکسیداسیون ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان‌های حاوی گروه CO^- (اسید آسکوربیک، فلاونوئیدها و ...) مضمحل کرده و اثر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده را خنثی می‌کنند (Jiang *et al.*, 2005). در آزمایش حاضر در روز ۵۰ انبارمانی در تیمار CMC به‌همراه تمامی غلظت‌های اسانس‌های میخک هندی، کم‌ترین فعالیت آنزیم پراکسیداز و نمونه شاهد و CMC به‌تنهایی 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، سرمازدگی و فساد میوه

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

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]



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 معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

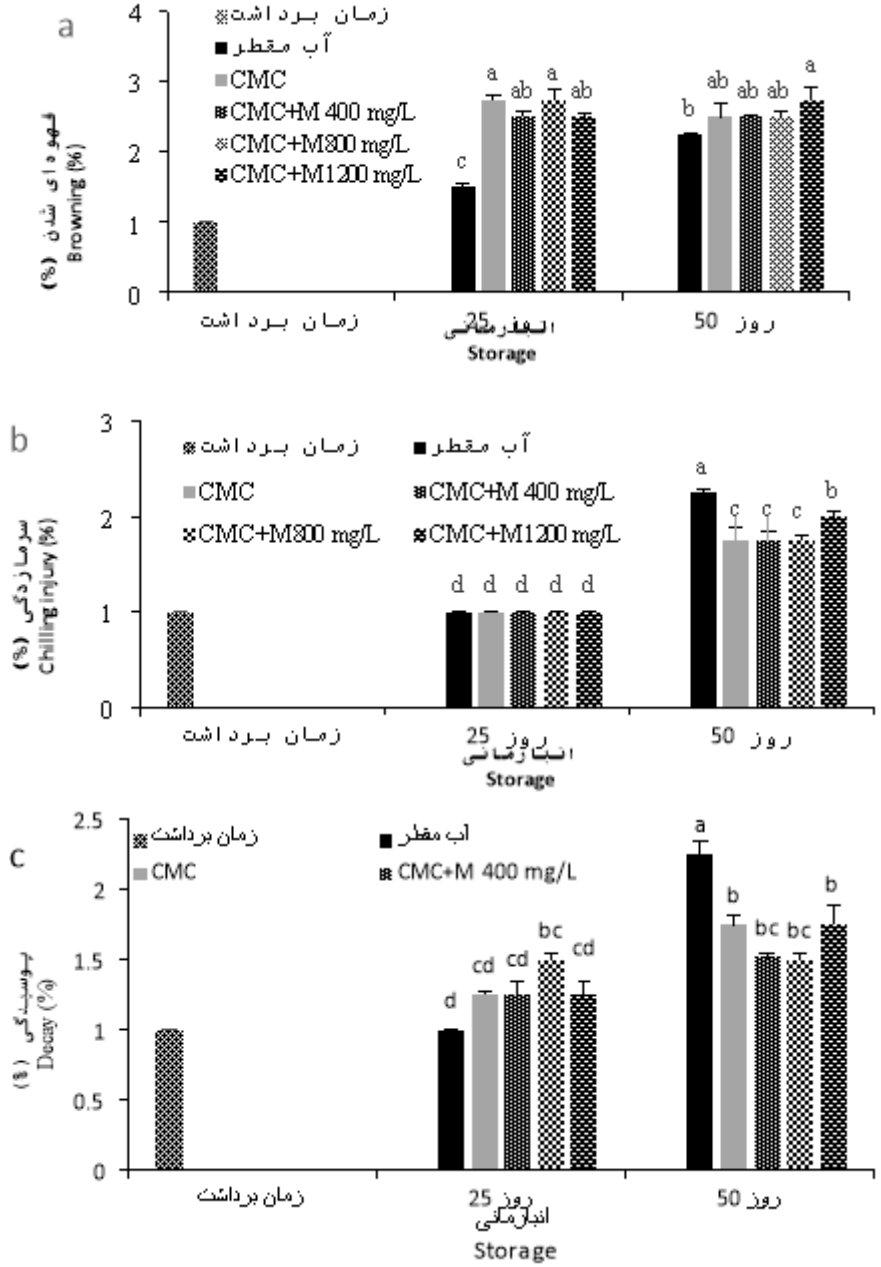
Fig. 6. The effect of storage period and CMC treatment with Indian clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the aroma and flavor of pistachio cv Ahmad Aghaei at storage conditions. . Similar letters indicate no significant difference at the one percent probability level for Duncan's multiple range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

مقایسه میانگین نشان داد که میوه‌های تیمار شده با CMC به‌تنهایی و همراه با اسانس میخک هندی در تمام مراحل انبارمانی نتوانست جلوی قهوه‌ای شدن میوه را نسبت به نمونه تیمار شده با آب مقطر بگیرد (شکل a ۷). 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

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

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



شکل ۷- تأثیر تیمار CMC در ترکیب با اسانس میخک هندی (*Syzygium aromaticum*) بر قهوه‌ای شدن (a)، سرمازدگی (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. 8. 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

تغییر در ویژگی ظاهری میوه ممکن است به‌دلیل تغییر بیوشیمیایی و فیزیکی بافت میوه باشد به‌طوری که چروکیده شدن بافت میوه به‌دلیل افزایش از دست دادن آب میوه می‌باشد، به‌طوری که میوه‌هایی که با تأخیر خنک شدند و در دمای اتاق نگهداری شدند، میزان از دست دادن آب میوه به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. همچنین افزایش از دست دادن آب به‌دلیل افزایش تنفس در فرآورده می‌باشد (Gheysarbigi *et al.*, 2020 و Nazoori *et al.*, 2022). براساس نتایج به‌دست‌آمده، میوه‌هایی که با CMC و اسانس میخک هندی تیمار شده بودند، به‌طور قابل‌توجهی در طی انبار عطر و طعم بهتری نشان دادند. استفاده از پوشش‌دهی سبب کاهش سرعت تنفس و منجر به افزایش عمر انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود. کاهش سرعت تنفس منجر به حفظ طعم و پ‌هاش مطلوب، کاهش دگرگونی اسیدهای آلی و جلوگیری از ضایع شدن قند می‌شود (Razavi *et al.*, 2015). همچنین قهوه‌ای شدن بافت میوه نیز در میوه ممکن است به‌دلیل تغییر در ترکیب‌های فنولی باشد. ثابت شده است که قهوه‌ای شدن میوه‌ها به‌دلیل اکسیداسیون ترکیبات فنولی است (Gheysarbigi *et al.*, 2020). در این آزمایش نمونه‌های تیمار شده با CMC و اسانس میخک هندی میزان ترکیبات فنولی کم‌تری داشتند که می‌تواند دلیل قهوه‌ای شدن بیش‌تر نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد باشد. در اثر کاهش ترکیبات ضداکسیداسیونی مقدار و فعالیت رادیکال‌های آزاد در میوه به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد که رادیکال‌های آزاد به‌دلیل تغییر در ماهیت فسفولیپیدها و همچنین اکسیدکردن برخی از ترکیبات سبب ایجاد طعم تند در بافت میوه می‌شود (Guerra *et al.*, 2014 و Jiang *et al.*, 2005). از طرف دیگر افزایش تنفس و تولید اتیلن و نرم شدن بافت‌ها و در نهایت فعالیت میسیلیوم‌های قارچ سبب ایجاد یک بدبویی در فرآورده در طی انبار می‌گردد (Razavi *et al.*, 2015). دما نقش مهمی در متابولیسم محصول‌های باغبانی دارد. کاهش دما سبب کاهش فرآیندهای متابولیکی و در نتیجه افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت میوه و سبزی‌ها است، لیکن در برخی از میوه‌ها، بافت‌ها به درجه حرارت پایین حساس بوده و دچار سرمازدگی می‌شوند (Rahimi and Davari, 2016 و Razafimamonjison *et al.*, 2014). سرمازدگی در بافت‌های گیاهی باعث تغییر در لیپیدهای غشاء شده، در نتیجه موجب افزایش نفوذپذیری غشاء می‌شود (Bligh and Dyer, 1959). بر اساس گزارش محققین پوشش‌های خوراکی از طریق القای سیستم‌های دفاعی و تحریک تولید پروتئین‌های شوک حرارتی در هلو (Maftoonazad *et al.*, 2008) و کاهش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز 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، می‌توان 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 نمونه‌ها شدند. کاربرد پوشش‌های خوراکی به افزودن خصوصیات حسی، جلوگیری از رشد میکروبی، بهبود ایمنی محصول، افزایش عمر ماندگاری و حفظ کیفیت محصول کمک می‌کند (Razavi *et al.*, 2015).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این آزمایش، در مدت انبارمانی نشت یونی، فعالیت آنزیم پراکسیداز، قهوه‌ای 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 مغز و کاهش پوسیدگی و سرمازدگی منجر به افزایش عمر انبارمانی پسته تر تا ۵۰ روز شد. CMC به‌همراه ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک منجر به حفظ فاکتورهایی همچون رطوبت مغز، طعم و قهوه‌ای شدن و کاهش میزان از دست‌دهی آب مغز شد. CMC به‌همراه ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز، پوسیدگی و سرمازدگی را داشت. CMC به‌همراه ۱۲۰۰ میلی‌گرم 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 به‌همراه ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس میخک هندی، عملکرد بهتری برای حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی پسته تر داشت.

منابع

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)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

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 Biochemestry*, *72*, 248-25

Ghafouri, 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 Biochemestry*, *15*, 169-184.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

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., Ramanoelina, 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 24 (3): 317-332 (2023)
Research article

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

Fataneh Mousapour[1], Fatemeh Nazoori*[2], Mohammadreza Pirmoradi[3], Seyed Hossien Mirdehghan[4], Zahra Mohammadi[1]

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, peroxidas 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2024-04-28]