

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب قرمز لبنانی

مرضیه رضائی^a، ناصر صداقت^{b*}

^a دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^b استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۱۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۱۱

DOI: 10.30495/jftn.2023.69773.11225

<https://doi.org/10.30495/jftn.2023.69773.11225>

چکیده

مقدمه: سیب از میوه‌هایی است که نگهداری آن در سردخانه بسیار متداول می‌باشد و از مهم‌ترین عوارض معمول در دوره نگهداری سیب در سردخانه می‌توان به از دست دادن آب و پژمردگی، کاهش وزن و سفتی بافت، تغییرات در مزه و بو و قهوه‌ای شدن اشاره کرد. استفاده از پوشش‌های خوراکی بر روی میوه‌ها و سبزی‌ها موجب کاهش افت رطوبت، سرعت تنفس و ترکیبات مغذی شده و به طور کلی باعث افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت محصولات تازه می‌شود. هدف از این مطالعه استفاده از دو نوع پوشش خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا به منظور کاهش شدت تنفس به همراه بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت سیب درختی بود.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر سیب تازه با دو نوع پوشش خوراکی (متیل سلولز و موم کارنوبا) پوشش‌دهی شده و سپس در بسته‌هایی از جنس فیلم پلاستیکی سه لایه PE/PA/PE، تحت درصد مشخص گاز (۱- هوای معمولی در بسته منفذدار (نمونه شاهد)، ۲- ۶٪ اکسیژن + ۴٪ دی اکسید کربن و ۹۰٪ نیتروژن و ۳- هوای معمولی در بسته نفوذ ناپذیر، اتمسفر اصلاح شده غیرفعال) بسته‌بندی گردید. نمونه‌ها در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪ برای مدت سه ماه نگهداری شدند. آزمون‌های تغییرات وزن، سفتی بافت، تغییرات رنگ، مواد جامد محلول و تغییرات درصد گاز اکسیژن و کربن دی‌اکسید بسته‌بندی در زمان یک، دو و سه ماه پس از شروع انبارمانی انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد پوشش خوراکی متیل سلولز اثر مثبت و معنی‌داری بر کاهش وزن و تغییرات رنگ در سیب‌ها داشته و سفتی بافت در نمونه‌های پوشش‌دار بیشتر از نمونه شاهد بود ($p \leq 0.05$). در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها بیشترین سفتی (۹۵۸/۲) مربوط به نمونه با پوشش متیل سلولز و کمترین سفتی (۷۸۰/۲) مربوط به نمونه بدون پوشش (شاهد) بود پوشش به عنوان یک مانع برای تبادل گاز بین میوه و محیط عمل کرد. در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با متیل سلولز افت وزن نمونه‌ها به طور معنی‌داری کمتر از سایر نمونه‌ها بوده و افت وزن با سرعت آهسته‌تری صورت گرفت ($p \leq 0.05$). در پایان ماه سوم بیشترین (۷/۶) و کمترین (۴/۷) میزان افت وزن به ترتیب مربوط به نمونه بدون پوشش و نمونه با پوشش متیل سلولز بود. در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها به ترتیب نمونه بدون پوشش (شاهد) دارای بیشترین بریکس (۱۷/۲) و نمونه با پوشش موم کارنوبا (۱۶/۱) دارای کمترین میزان بریکس بود. در تمامی نمونه‌ها میزان L^* در پایان زمان انبارمانی کاهش یافت. در تمام طول مدت انبارمانی سیب‌ها، میزان L^* نمونه‌های پوشش‌دار بیشتر از نمونه‌های شاهد بود. میزان L^* در نمونه‌های شاهد کاهش پیدا کرد و به (۱۹/۲) رسید، در حالیکه در نمونه‌های دارای پوشش متیل سلولز به (۲۵/۶) رسید.

نتیجه‌گیری: متیل سلولز پوشش مناسبی برای حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری سیب درختی واریته رد دلشیز بود. این پوشش باعث جلوگیری از افت وزن، حفظ سفتی بافت، کاهش تغییرات رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، پوشش خوراکی، سیب، کیفیت

مقدمه

سیب از متداول‌ترین میوه‌هایی است که به صورت تازه در سطح جهان مصرف می‌شود. سیب ایرانی در بازارهای اروپایی از جایگاه خاصی برخوردار است اما مشکلات حمل و نقل و بسته‌بندی محدودیت‌هایی را در این عرصه ایجاد کرده است. سیب رد دلشیز^۱ از مهم‌ترین ارقام تجاری دنیا است و در ایران بعد از گلدن دلشیز^۲ قرار دارد. میوه سیب حاوی مقادیر زیادی ترکیبات فنولی، ویتامین‌ها و اسیدهای آلی است. با این وجود، سیب به دلیل فسادپذیری نسبتاً بالا، بسیار مستعد کاهش کیفیت در طی نگهداری طولانی مدت است. این میوه پس از برداشت به مدت چند ماه در سردخانه، به منظور کاهش ضایعات پس از برداشت و حفظ کیفیت نگهداری می‌شود. اما سردخانه طولانی مدت باعث ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی مانند سوختگی سطحی، آبریزش و قهوه‌ای شدن داخلی خواهد شد (Mditshwa et al., 2020; Rashid et al., 2020). اگرچه سردخانه به طور گسترده‌ای برای کند کردن روند خرابی استفاده می‌شود، اما اغلب لازم است با روش حفاظتی دیگری ترکیب شود تا ویژگی‌های کیفی پس از برداشت بهتر حفظ شود. روش اتمسفر اصلاح شده^۳ جایگزین مناسبی است زیرا به سرمایه‌گذاری و سطح فناوری پایینی نیاز داشته و امکان ذخیره طولانی مدت با حفظ کیفیت محصول را فراهم می‌نماید (Fante et al., 2014).

با به‌کارگیری روش‌های مختلف جهت افزایش ماندگاری میوه‌های تازه می‌توان این محصولات را در بازه زمانی طولانی‌تر و بدون مشاهده افت کیفیت محصول، در اختیار مصرف‌کننده قرار داد و یا به مناطق دوردست منتقل نمود. استفاده از پوشش‌های خوراکی بر روی میوه‌ها و سبزی‌ها در طول انبارمانی با کنترل سرعت انتقال رطوبت، شدت تنفس و اکسیداسیون، موجب حفظ کیفیت پس از برداشت و افزایش ماندگاری محصول خواهد شد (Maringgal et al., 2020; Guimaraes et al., 2018). از جمله پوشش‌های قابل استفاده، سلولز و مشتقات آن است. سلولز فراوان‌ترین منبع پلیمری تجدیدپذیر موجود در طبیعت بوده و به دلیل تجدیدپذیری، هزینه پایین، غیرسمی بودن، زیست‌سازگاری، زیست‌تخریب‌پذیری و

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

پایداری شیمیایی آن، به طور گسترده‌ای در تولید فیلم و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساده‌ترین مشتق سلولز، متیل سلولز است. متیل سلولز دارای خواص عالی برای تولید فیلم و پوشش از جمله: حلالیت بالا، نفوذپذیری پایین در برابر اکسیژن و چربی است. (Mohamed et al., 2020). فیلم‌ها و پوشش‌های لیپیدی به دلیل قطبیت کم، آبریزند، بنابراین برای کاهش از دست دادن رطوبت بسیار موثر خواهند بود (Yousuf et al., 2021). در میان لیپیدها، موم کارنوبا که یک موم گیاهی است، نقطه ذوب بالا (۸۲-۸۶ درجه سانتی‌گراد) و حلالیت کم دارد. اجزای این موم نسبتاً بی‌اثر و پایدار هستند و می‌توان به طور گسترده در مواد غذایی از آن استفاده کرد. (de Freitas et al., 2019).

مطالعات متعددی در زمینه استفاده از پوشش‌های خوراکی مختلف به منظور افزایش کیفیت و زمان ماندگاری پس از برداشت میوه‌های تازه مانند میوه سیب انجام شده است، از جمله: پوشش کیتوزان و پوشش مرکب کیتوزان حاوی عصاره پوست موز (Zhuang et al., 2020)، کیتوزان حاوی آلژینات سدیم (Zhang et al., 2019)، ایزوله پروتئین آب پنیر و سیتریک اسید (Azevedo et al., 2018)، اسید فرولیک و ایزوله پروتئین سویا (Alves et al., 2017)، کیتوزان حاوی ماده ضد میکروبی (Khalifa et al., 2016)، کربوکسی متیل سلولز، کیتوزان و اسید آسکوربیک (Koushesh and Banin, 2016)، موم پارافین (Hayat et al., 2015)، اثر سالیسیلیک اسید بر شاخص‌های کیفی سیب گلاب (Hadian-Deljou, and Sarikhani, 2012)، پوشش خوراکی صمغ کتیرا (Jahanshahi et al., 2018)، پوشش‌های پلی‌ساکاریدی شنبلیله و بذركتان (Turhan and Şahbaz, 2004). اگرچه ترکیبی از روش‌های مختلف برای حفظ ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه‌های تازه استفاده می‌شود، مطالعات محدودی در مورد استفاده از ترکیب پوشش خوراکی به همراه بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده انجام شده است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پوشش خوراکی متیل سلولز، موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر کیفیت و زمان ماندگاری سیب درختی واریته رد دلشیز است.

¹ Red Delicious

² Golden Delicious

³ Modified Atmosphere (MA)

مواد و روش‌ها

- مواد اولیه

سیب درختی قرمز لبنانی واریته رد دلشیز^۱ از باغی در مشهد تهیه شد. پودر متیل سلولز، موم کارنوبا از شرکت سیگما آلدريج، فیلم پلاستیکی سه لایه PE^۲/PA^۳/PE از شرکت تحول کالای نوین تهیه شد. در ضمن سایر مواد شیمیایی مورد نیاز آزمون‌ها از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

- تهیه پوشش متیل سلولز

مقدار ۳ گرم پودر متیل سلولز در ۱۰۰ میلی لیتر مخلوط آب - اتانول (نسبت ۱ به ۱) حل شده و تحت دمای ۷۵°C به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت. سپس گلیسرول اضافه شده و روی همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه همزده شد (Turhan and Şahbaz, 2004).

- تهیه پوشش موم کارنوبا

محلول ۵/۰ درصد وزنی - وزنی موم کارنوبا تهیه و امولسیفایر توئین ۸۰ به آن افزوده شد. محلول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۷۵°C (دمای ذوب ترکیبات لیپیدی) روی هیتر شیکر با سرعت ۱۲۰۰ دور در دقیقه، همزده شد تا کاملاً یکنواخت شود (Bai et al., 2002).

- پوشش دهی، بسته بندی و شرایط نگهداری نمونه ها

برای پوشش دهی ابتدا نمونه ها با آب شستشو شده و بعد از خشک شدن با پوشش های مختلف پوشش دهی شدند. برای پوشش دهی از روش غوطه وری استفاده گردید. نمونه ها به مدت ۳۰ ثانیه در محلول های مورد نظر قرار گرفته و سپس در دمای اتاق خشک شد (Shariatifar and Jafarpour, 2013). نمونه های پوشش داده شده و همچنین یک نمونه به عنوان شاهد که هیچ گونه تیماری روی آن اعمال نشده بود، در بسته های با اتمسفر اصلاح شده از جنس فیلم پلاستیکی سه لایه PE/PA/PE با ضخامت ۸۰ میکرون، تحت درصد مشخص گاز (۱- هوای معمولی در بسته منفردار (نمونه شاهد)، ۲- ۶٪ اکسیژن + ۴٪ دی اکسید کربن + ۹۰٪ نیتروژن و ۳- هوای معمولی در بسته نفوذ

ناپذیر، اتمسفر اصلاح شده غیرفعال) به وسیله ی دستگاه بسته بندی مدل هنکلن^۴ ۲۰۰A، بسته بندی کرده و نمونه ها در دمای ۲°C برای مدت سه ماه نگهداری شدند (۶ عدد میوه در هر بسته بندی با ابعاد ۳۰×۲۵ قرار گرفت) (Babich et al., 2019).

- آزمون ها

- تغییرات وزن

اندازه گیری توسط ترازو مدل ۱px3000 دقت ۰,۰۱ گرم، انجام شده و برای هر اندازه گیری از سه عدد سیب استفاده شد. درصد افت وزن با کمک فرمول زیر محاسبه گردید (Liu et al., 2017).

$$\%weight\ loss = \frac{W_f - W_s}{W_f} \times 100$$

%weight loss: درصد افت وزن

W_f: وزن اولیه (گرم)

W_s: وزن ثانویه (گرم)

- سفتی بافت میوه

سفتی نمونه های سیب با استفاده از دستگاه تکسچر آنالایزر^۵ مدل TA.XT-plus اندازه گیری شد. آزمون بافت بر اساس تست نفوذ صورت گرفت. سفتی توسط نیروی لازم پروب استوانه ای^۶ شکل (به قطر ۵ میلی متر) برای نفوذ در برش سیب تا عمق ۵ میلی متر و با سرعت ۳/۳ mm/s مشخص گردید. برای هر اندازه گیری سه برش سیب استفاده شد (Jo et al., 2014).

- مواد جامد محلول (بریکس)

میزان مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال مدل PR-101 تعیین شده و مقدار آن برحسب درجه بریکس بیان شد (Jo et al., 2014).

- تغییرات رنگ

از روش پردازش تصویر کامپیوتری^۷ برای بررسی رنگ استفاده شد. اندازه گیری رنگ نمونه با استفاده از مدل L* a* b* (CIE LAB) صورت گرفت. دوربین در فاصله ی

¹ Red Delicious

⁵ Texture Analyzer

² Polyethylene

⁶ Cylinder probe

³ Polyamid

⁷ Computer Vision System (CVS)

⁴ Henkelman 200A

۳۰ سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن‌ها روی پایه ثابت شده و سپس دوربین با پورت USB به رایانه متصل شده و تصویربرداری با نرم‌افزار ZoomBrowser EX 5.0 انجام گرفت. تصاویر گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره و توسط نرم‌افزار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Yam and Papadakis, 2004).

- تغییرات درصد ترکیب گازی بسته بندی

محتوی گاز بسته‌ها از جنبه تغییرات اکسیژن و دی‌اکسیدکربن توسط دستگاه گاز آنالایزر^۱ (Gases analysers model oxybaby, WITT company Germany) اندازه‌گیری شد (Hyun and Lee, 2018). میزان اکسیژن و کربن دی‌اکسید بسته‌ها در طی نگهداری یا همان تنفس ظاهری اندازه‌گیری شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

آزمون‌ها در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی با استفاده از طرح فاکتوریل با سه نوع پوشش متیل سلولز (۳٪)، موم کارنوبا (۰/۵٪) و فاقد پوشش (۰٪) و سه نوع بسته‌بندی (منفذدار، MAP فعال و MAP غیرفعال)، سه زمان نگهداری (ماه اول، دوم و سوم) و در سه تکرار انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار Minitab 16 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی و در سطح اطمینان ۹۵٪ انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 رسم شدند.

۱۸

یافته‌ها

- سفتی بافت میوه

شکل ۱، اثر متقابل نوع پوشش خوراکی و زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت سیب را نشان می‌دهد. نتایج نشان داده شده در شکل ۱ بیان می‌کند که با گذشت زمان سفتی بافت نمونه‌های سیب کاهش یافت و این کاهش، در نمونه‌های بدون پوشش بیشتر بود. نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه‌های بدون پوشش، سفتی بافت خود را بهتر حفظ کردند، به طوری که در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها بیشترین سفتی (gr) ۹۵۸/۲ مربوط به نمونه با پوشش متیل سلولز و پس از آن پوشش موم کارنوبا با میزان

(gr) ۹۴۵/۴ و کمترین سفتی (gr) ۷۸۰/۲ مربوط به نمونه بدون پوشش (شاهد) بود. اثر نوع بسته‌بندی بر میزان سفتی بافت نشان داد که نمونه‌های بسته‌بندی هوای معمولی (منفذدار) در طی دوره انبارمانی، سفتی کمتری نسبت به دو نوع بسته‌بندی دیگر داشتند (شکل ۲). شکل ۳، نشان می‌دهد که بیشترین سفتی (gr) ۱۱۴۴/۰ مربوط به نمونه با پوشش متیل سلولز و بسته‌بندی MAP فعال بود. کمترین میزان سفتی (gr) ۹۹۵/۴ را نیز نمونه بدون پوشش (شاهد) با بسته‌بندی هوای معمولی داشت.

تغییرات وزن

شکل ۴، اثر متقابل نوع پوشش خوراکی و نوع بسته‌بندی در طی زمان انبارمانی بر میزان افت وزن نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴-A مشخص است، در طی زمان انبارمانی افت وزن افزایش یافته ولی تا ماه دوم نگهداری، تفاوت معنی‌داری میان پوشش‌ها وجود نداشت، اما در پایان ماه سوم بیشترین (۷/۶) و کمترین (۴/۷) درصد افت وزن به ترتیب مربوط به نمونه بدون پوشش و نمونه با پوشش متیل سلولز بود. در مورد نوع بسته‌بندی نیز همان‌طور که در شکل ۴-B، مشخص است، در پایان زمان نگهداری، نمونه‌های بسته‌بندی شده در بسته‌ی هوای معمولی (منفذدار) بیشترین (۷/۲) و نمونه‌های بسته‌بندی شده در MAP فعال کمترین درصد افت وزن را داشتند.

- مواد جامد محلول (بریکس)

در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها به ترتیب نمونه بدون پوشش (شاهد) دارای بیشترین بریکس (۱۷/۲) و نمونه با پوشش موم کارنوبا (۱۶/۱) دارای کمترین میزان بریکس بود. همان‌گونه که در شکل ۵-A، مشخص است، در طی زمان انبارمانی میزان بریکس تمام پوشش‌ها در طی زمان افزایش یافته و این افزایش در نمونه‌های بدون پوشش (شاهد) بیشتر است. در بین سایر پوشش‌ها نیز، پوشش موم کارنوبا دارای کاهش بریکس کمتری در پایان زمان نگهداری بود. شکل ۵-B، نشان می‌دهد که نمونه‌های بسته‌بندی شده در هوای معمولی (بسته‌ی منفذدار) بریکس بالاتری نسبت به نمونه‌های دو نوع بسته‌بندی دیگر داشتند. با گذشت زمان نگهداری میوه‌ها، بریکس نمونه‌های بسته‌بندی شده در این

¹ Gas Analyser

نوع بسته‌بندی افزایش بیشتری داشت.

– تغییرات رنگ

نتایج نشان داد که در طی زمان انبارمانی به طور پیوسته میزان a^* در تمام نمونه‌ها کاهش یافت. از لحاظ فاکتور a^* بین نمونه بدون پوشش (شاهد) و نمونه‌های پوشش‌دار تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. در پایان زمان نگهداری بیشترین میزان a^* مربوط به نمونه شاهد (۳۸/۵) و کمترین میزان آن مربوط به پوشش متیل سلولز (۳۰/۸) بود. شکل (۶) اثر پوشش خوراکی بر میزان a^* در طی زمان نگهداری سیب را نشان می‌دهد.

بررسی نتایج نشان داد به طور کلی روشنایی رنگ سیب وارسته رد دلشیز بر حسب سفیدی – سیاهی در طول زمان نگهداری کاهش می‌یابد. میزان روشنایی سیب

پوشش‌دار با شدت و مقدار کمتری نسبت به نمونه شاهد افت نمود. همانطور که شکل A ۸ نشان می‌دهد، در تمامی نمونه‌ها میزان L^* در پایان زمان انبارمانی کاهش یافت. در تمام طول مدت انبارمانی سیب‌ها، میزان L^* نمونه‌های پوشش‌دار بیشتر از نمونه‌های شاهد است. پس از تنفس فرازگرا، میزان L^* در نمونه‌های شاهد کاهش پیدا کرد و به (۱۹/۲) رسید، در حالیکه در نمونه‌های دارای پوشش متیل سلولز به (۲۵/۶) رسید. اثر نوع بسته‌بندی بر میزان L^* نمونه‌ها نشان داد که دونوع بسته‌بندی MAP غیرفعال و MAP فعال موجب کاهش روشنایی (تیرگی) سیب‌ها شدند. در پایان زمان نگهداری بیشترین میزان L^* (۲۷/۴) مربوط به بسته‌بندی منفذدار بود. در این نوع بسته‌بندی به دلیل وجود منافذ اشکالی در تنفس میوه‌ها به وجود نیامد. (Liu et al., 2010; Li et al., 2014)

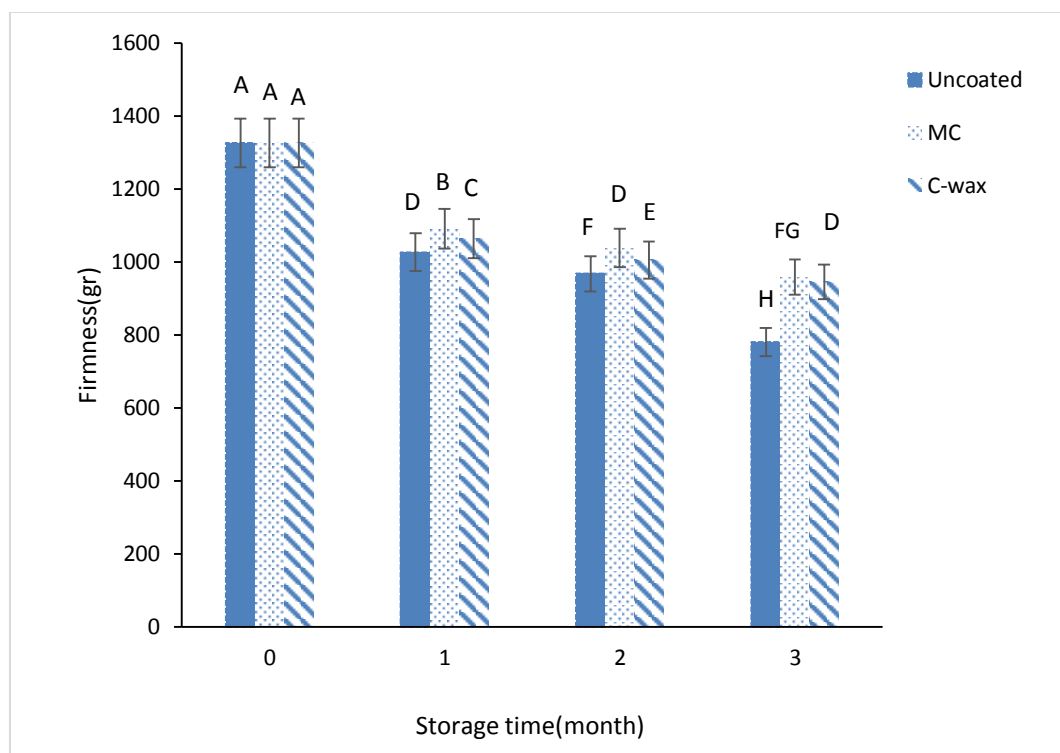


Figure 1- Effect of Edible coating on the firmness of Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۱- اثر متقابل پوشش خوراکی و زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت سیب قرمز لبنانی در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

اثر مستقل انواع پوشش و زمان نگهداری (به طور کلی، صرف نظر از نوع بسته بندی)

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

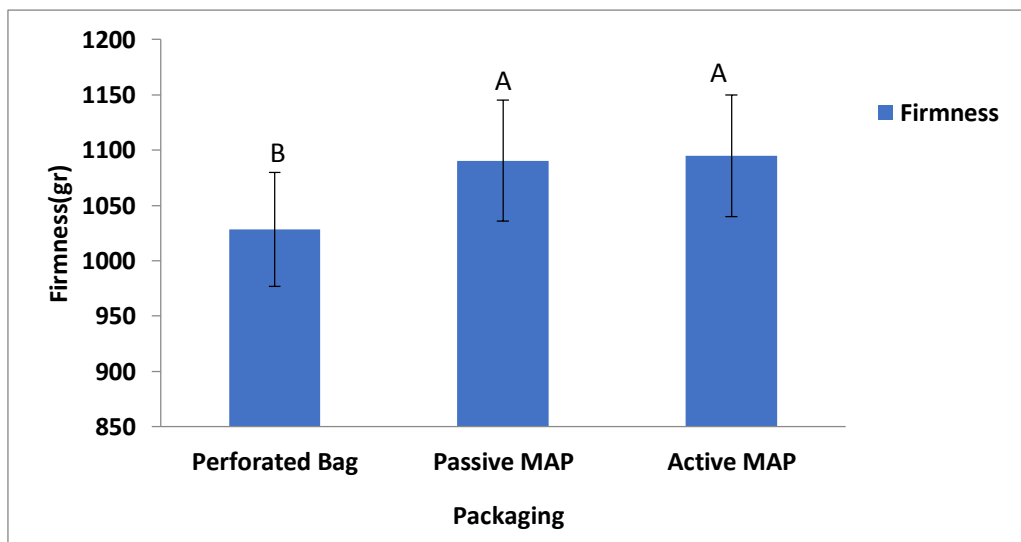


Figure 2- Effect of packaging on the firmness of *Red Delicious* apple stored 3 months at 2°C and 85%RH. Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۲- اثر بسته بندی بر میزان سفتی بافت سیب قرمز لبنانی در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪
اثر مستقل بسته بندی (به تنهایی و صرف نظر از نوع پوشش‌ها)

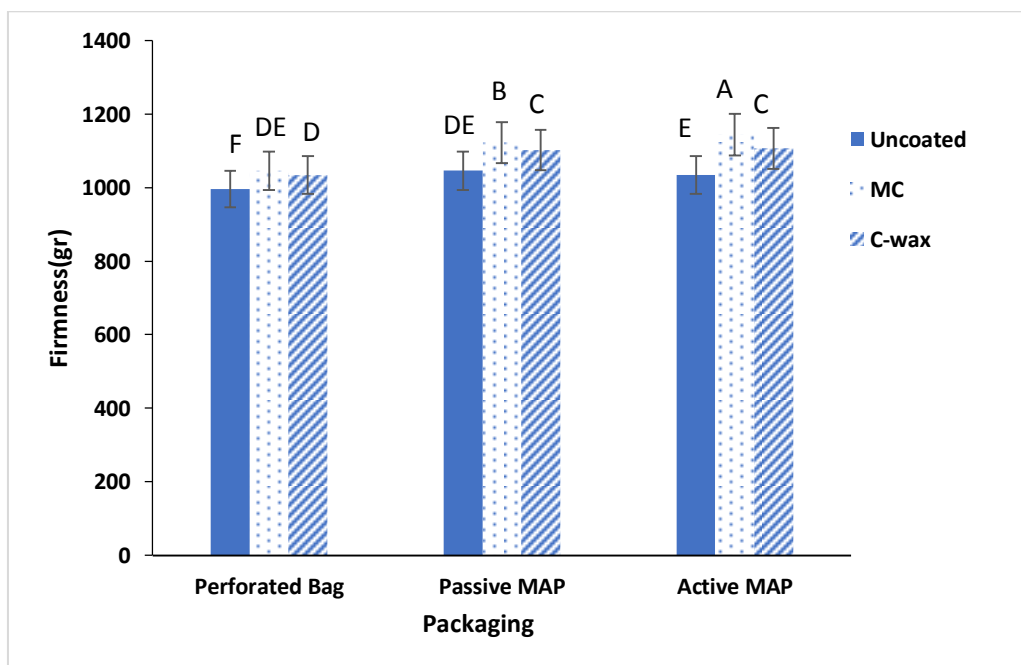


Figure 3- Interaction of edible coating and packaging on the firmness of *Red Delicious* apple stored 3 months at 2°C and 85%RH. (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-Wax: carnauba wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۳- اثر متقابل پوشش خوراکی و بسته بندی بر میزان سفتی بافت سیب قرمز لبنانی در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

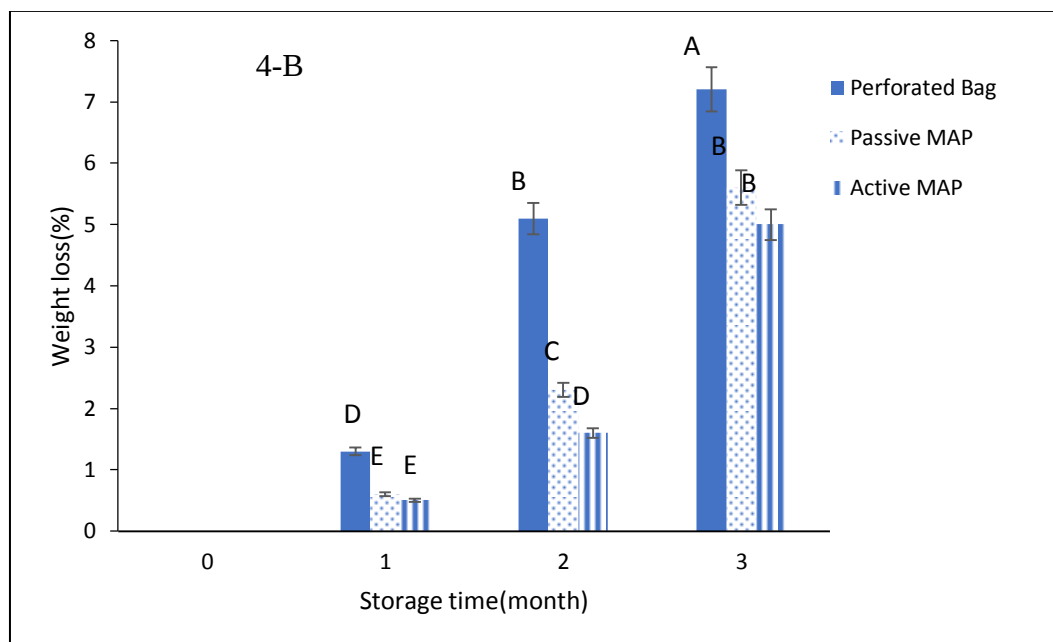
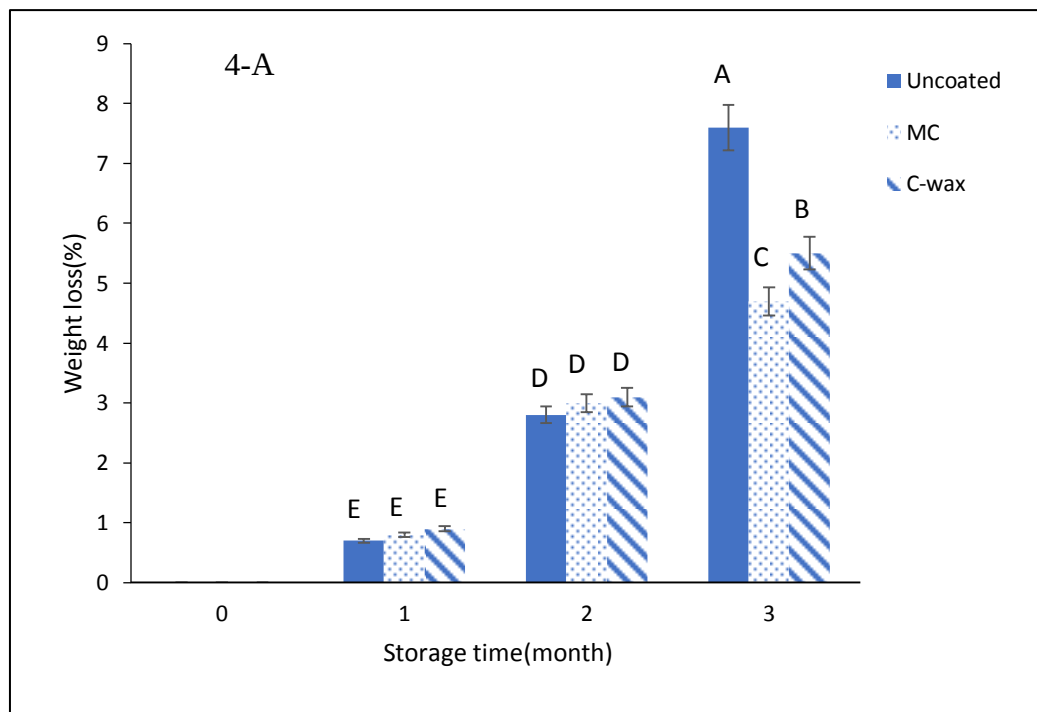


Figure 4- Effect of (A) Edible coating (B) Packaging on the Weight loss of Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean ± SE) with different letters are significantly different (p<0.05).

شکل ۴- اثر (A) پوشش خوراکی و (B) بسته بندی بر میزان افت وزن بافت سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

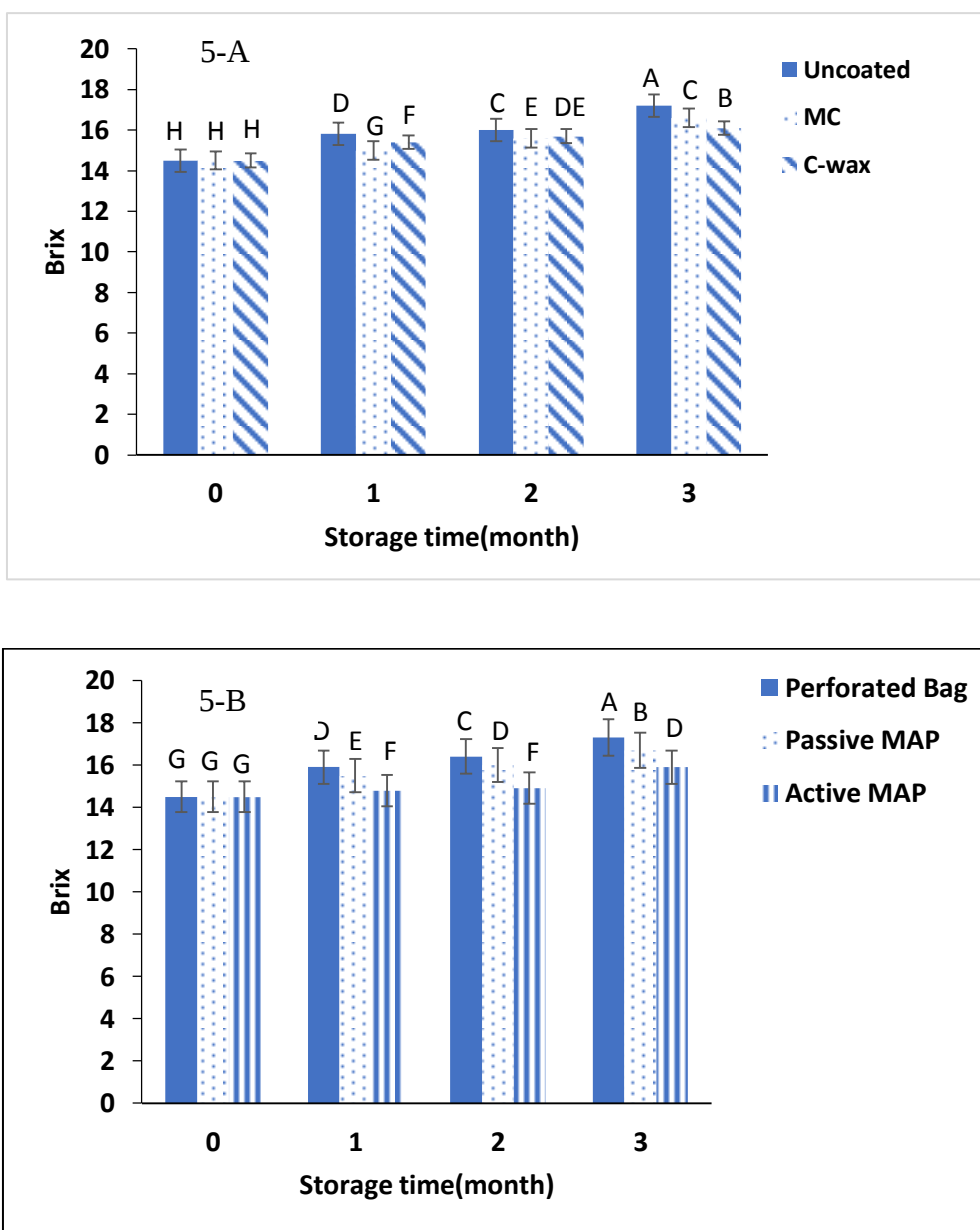


Figure 5- Effect of (A) Edible coating (B) Packaging on the Brix of Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۵- اثر (A) پوشش خوراکی و (B) بسته بندی بر میزان مواد جامد محلول سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

پوشش (شاهد) نسبت به نمونه‌های پوشش‌دار بیشترین میزان تغییر رنگ را داشتند. پوشش‌دهی موجب کاهش تغییرات رنگ نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری شد. بیشترین تأثیر را پوشش متیل سلولز داشت. در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها بیشترین (۹۵/۶) و کمترین (۸۳/۵) میزان تغییرات رنگ به ترتیب مربوط به نمونه بدون پوشش (شاهد) و پوشش متیل سلولز بود. در مورد اثر بسته‌بندی بر

در طی زمان نگهداری نمونه‌ها میزان b^* افزایش داشت. اثر نوع پوشش خوراکی بر میزان b^* نشان داد که در پایان زمان نگهداری کمترین میزان b^* (۳۰/۶) متعلق به پوشش متیل سلولز و بیشترین (۵۳/۹) مربوط به نمونه بدون پوشش بود. بررسی نتایج نشان داد که اثر پوشش خوراکی بر فاکتور ΔE^* نمونه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. با گذشت زمان تغییرات رنگ افزایش می‌یابد. نمونه‌های بدون

تغییرات ΔE نمونه‌ها، مشخص شد که بیشترین تغییرات رنگ (۹۱/۸) مربوط به بسته‌بندی MAP فعال و کمترین تغییرات ΔE (۷۳/۶) را بسته‌بندی هوای معمولی داشت.

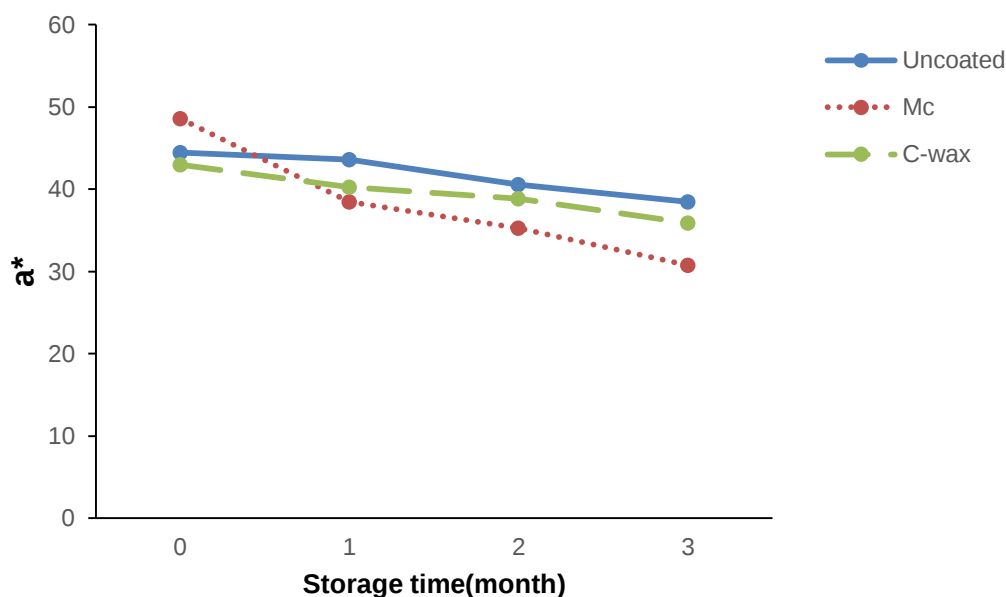


Figure 6- Effect of Edible coating (a^*) *Red Delicious* apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۶- اثر پوشش خوراکی بر میزان a^* سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

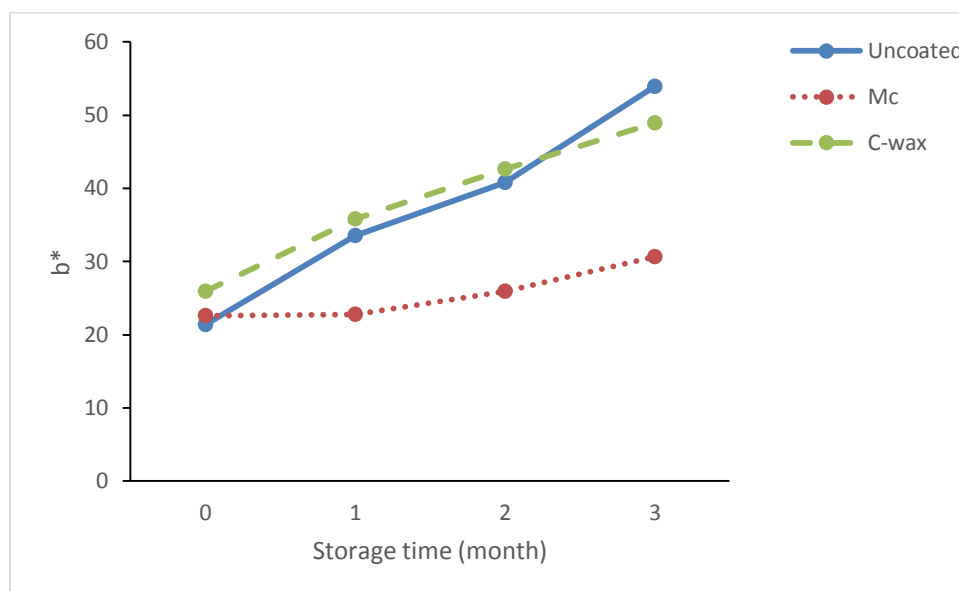


Figure 7- Effect of Edible coating (b^*) *Red Delicious* apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۷- اثر پوشش خوراکی بر میزان b^* سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

استفاده از پوشش های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

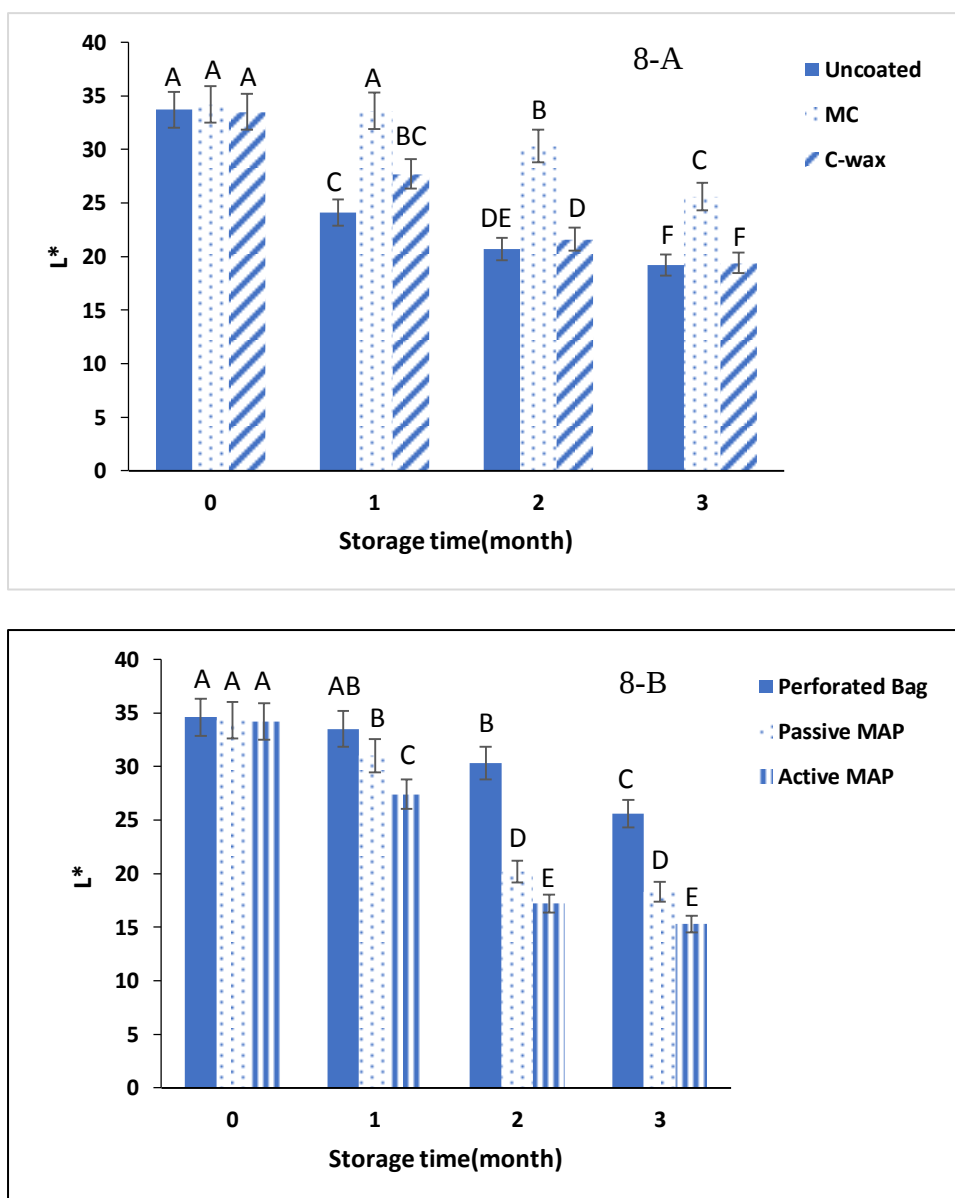


Figure 8- Effect of (A) Edible coating (B) Packaging on the amount of (L*) Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax). Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۸- اثر (A) پوشش خوراکی و (B) بسته بندی بر میزان L^* سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

بی‌هوای، فعالیت‌های متابولیک متوقف شده، رنگ نمونه‌ها در زمان‌های بعد به تیرگی متمایل گردید. بسته‌های MAP غیرفعال نسبت به MAP فعال افزایش کربن‌دی‌اکسید بیشتری داشتند. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که این بسته‌ها (MAP غیرفعال) از ابتدا دارای میزان CO_2 بیشتری نسبت به بسته‌های MAP فعال بودند. بیشترین میزان درصد کربن‌دی‌اکسید (۲۸/۱) مربوط به نمونه بدون پوشش (شاهد) و کمترین میزان آن (۲۳/۷) مربوط به نمونه

تغییرات درصد ترکیب گازی بسته بندی
شکل ۱۰، تغییرات میزان کربن‌دی‌اکسید و اکسیژن بسته‌ها در طی زمان نگهداری نمونه‌ها را نشان می‌دهد. در طی زمان نگهداری، با گذشت زمان میزان کربن‌دی‌اکسید افزایش و بر عکس میزان اکسیژن کاهش یافت. در بسته‌های با اتمسفر اصلاح شده فعال و غیرفعال میزان اکسیژن تمام بسته‌ها در ماه اول نگهداری به پایان رسید. پس از آن تنفس بی‌هوای نمونه‌ها آغاز شد. با تنفس

قسمت بحث ها توضیح داده شده که مقادیر گاز استفاده شده در دونوع بسته بندی فعال و غیرفعال در این بررسی و برای این نوع میوه مناسب نبود

با پوشش متیل سلولز بود (شکل ۱۱- A). با توجه به اینکه میوه ها در دمای ۲ درجه سانتی گراد نگهداری میشدند و بررسی منابع مشابه و قبلی ، انجام آزمون ها ماهانه صورت گرفت. شرایط تخمیری برای نگهداری مطلوب نیست و در

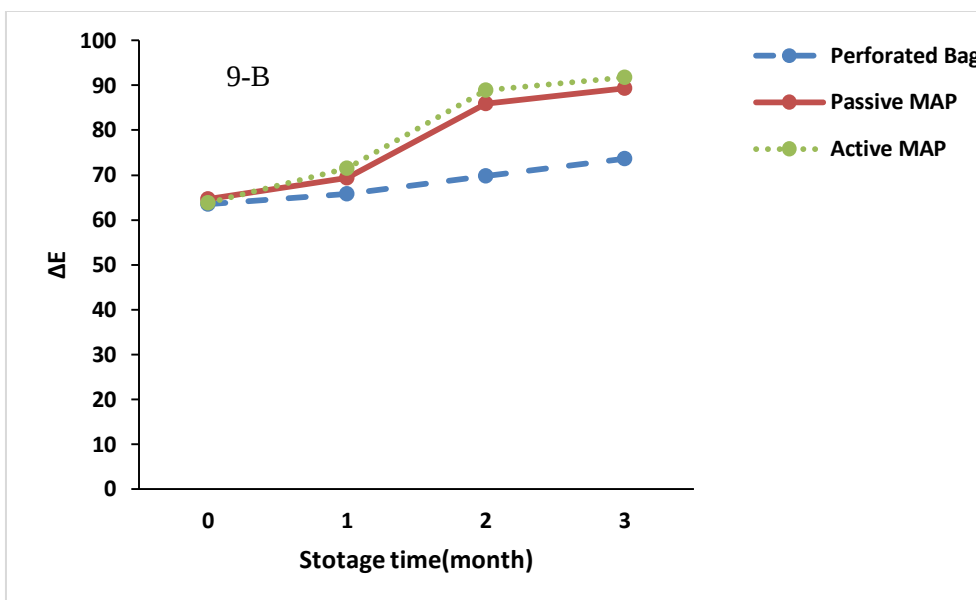
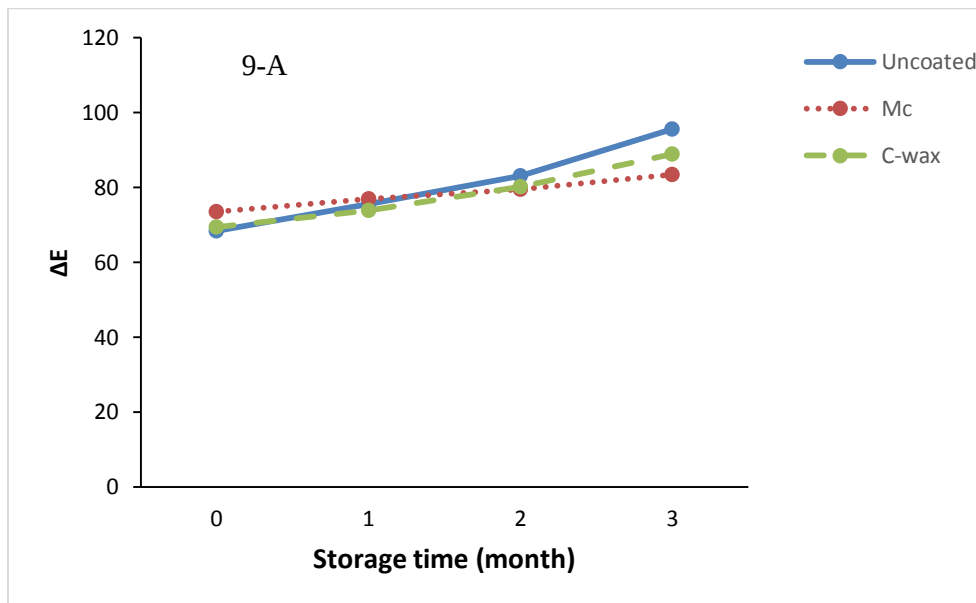


Figure 9- Effect of (A) Edible coating (B) Packaging on the amount of (ΔE) Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, C-wax: Carnauba Wax).

Data (mean $\pm$ SE) with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

شکل ۹- اثر (A) پوشش خوراکی و (B) بسته بندی بر میزان ΔE سیب قرمز لبنانی طی نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

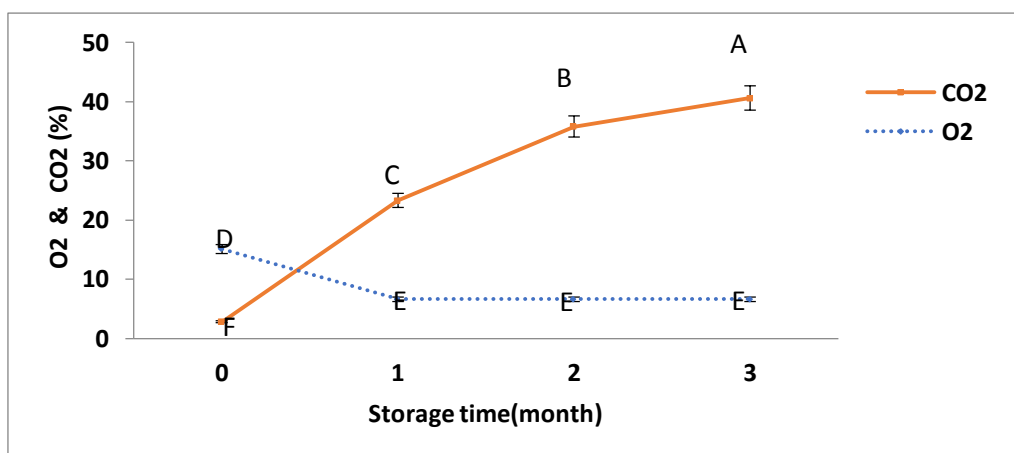
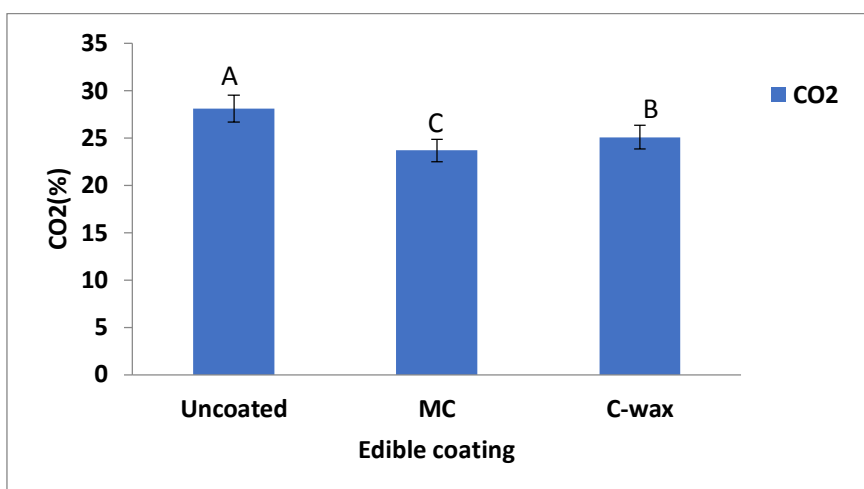


Figure 10- CO₂ and O₂ change of Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85%RH, (CO₂: carbon dioxide, O₂: oxygen).

Data (mean ± SE) with different letters are significantly different (p<0.05).

شکل ۱۰- درصد تغییرات اکسیژن و دی اکسید کربن در بسته بندی سیب قرمز لبنانی، طی سه ماه نگهداری در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

11-A



11-B

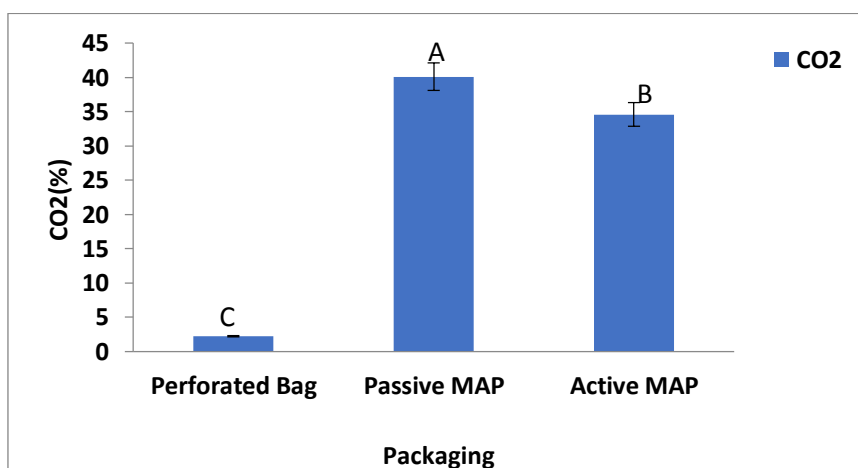


Figure 11- Effect of (A) Edible coating (B) packaging on CO₂ Percentage of Red Delicious apple stored 3 months at 2°C and 85% RH, (Uncoated: control, MC: Methylcellulose, MC-WAX: Methylcellulose-carnauba wax). Data (mean ± SE) with different letters are significantly different (p<0.05).

شکل ۱۱- اثر (A) پوشش خوراکی و (B) بسته بندی بر میزان دی اکسید کربن بسته های سیب قرمز لبنانی در دمای ۲°C و رطوبت نسبی ۸۵٪

بحث

- سفتی بافت میوه

سفتی میوه نقش کلیدی در پذیرش مشتری دارد. کاهش سفتی سیب در طی انبارمانی به دلیل از دست دادن آب و پیری است (Ahmadi-Afzadi et al., 2013). در طی انبارمانی به تدریج پکتین نامحلول میوه توسط آنزیم سلولاز به پکتین محلول تجزیه می‌شود، بنابراین، گوشت میوه (پالپ) سست شده و استحکام آن کاهش می‌یابد (Liu et al., 2017). هر عاملی که بتواند تنفس میوه را کند نماید، می‌تواند موجب حفظ یکپارچگی آن شود و در نتیجه سفتی بافت بهتر حفظ خواهد شد (Qian et al., 2019). در میوه‌های دارای پوشش احتمالا به دلیل استفاده از پوشش، تنفس و اتلاف رطوبت کاهش یافته و بافت سفتی خود را بهتر حفظ کرده است (Chen et al., 2020). استفاده از هر دو نوع پوشش، نقش مؤثری در حفظ سفتی بافت نمونه پوشش داده شده، نسبت به نمونه‌های بدون پوشش (شاهد) داشت که به احتمال زیاد در اثر تخریب و یا کاهش اتیلن تولید شده توسط میوه می‌باشد، زیرا در صورت حذف اتیلن، آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی تحریک نشده و سفتی دیواره سلولی تا حدی حفظ می‌شود (Sardabi et al., 2013). همچنین در مدت انبارمانی میوه، کاهش مقدار آب باعث کاهش فشار تورژسانس سلولی و کاهش سفتی بافت میوه خواهد شد (Khosh Gardesh et al., 2016). یافته‌های حاصل از این تحقیق مشابه گزارش‌های ارائه شده توسط Rocha و همکاران (۲۰۰۴) بود.

پوشش متیل‌سلولز به دلیل کند کردن تنفس و بسته‌بندی MAP فعال نیز به دلیل عدم وجود منافذ و در نتیجه تنفس کمتر، موجب حفظ بهتر سفتی بافت شدند. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های Thakur و همکاران (۲۰۱۹) و Rashid و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت. اما در مطالعات دیگر نشان داده شد که پوشش خوراکی برپایه‌ی نانومولسیون کیتوزان اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه سیب ندارد (Khosh Gardesh et al., 2016) و در مطالعه‌ای دیگر نیز محققان مشاهده کردند که سفتی بافت سیب پوشش داده شده با پوشش شلاک-کارنوبا و همین پوشش همراه با نوعی روغن در حین نگهداری تغییر نکرد

(Jo et al., 2014)، که این یافته‌ها با نتایج حاصل از پژوهش حاضر مغایرت داشت.

- تغییرات وزن

افت وزن محصولات تازه عمدتاً به دلیل کاهش رطوبت و املاح ناشی از فرآیندهای تبخیر و تنفس در این نوع محصولات می‌باشد (Cosme Silva et al., 2017). کاهش وزن کمتر در نمونه‌های دارای پوشش متیل‌سلولز احتمالاً به دلیل کاهش فرآیندهای متابولیک فعال، تعرق، تبخیر آب و تنفس است که میزان چروکیدگی و افت کیفیت را کاهش می‌دهد (Guerreiro et al., 2017). به کارگیری پوشش بر سطح میوه باعث می‌شود پوشش به صورت یک مانع نیمه نفوذپذیر در برابر اکسیژن و کربن‌دی‌اکسید، رطوبت و حرکت حلال عمل کرده، به همین دلیل باعث کاهش افت وزن در طی انبارمانی و حمل و نقل خواهد شد (Joshi et al., 2017; Petriccione et al., 2015). مکانیسم این تغییرات مثبت بر اساس ویژگی‌های هیگروسکوپیک است که باعث ایجاد مانعی در برابر انتشار رطوبت بین محیط و میوه شده و این امر از انتقال رطوبت جلوگیری می‌کند (Morillon et al., 2002).

تفاوت در میزان توانایی پوشش‌ها در جلوگیری از کاهش وزن، مربوط به نفوذپذیری متفاوت پوشش‌ها به بخار آب می‌باشد (Vargas et al., 2008). این نتایج با نتایج مطالعات دیگر که تأثیر پوشش را در کم کردن افت وزن میوه‌ی سیب نشان داده‌اند؛ مانند استفاده از پوشش شنبلیله و بذرکتان (Rashid et al., 2020)، پوشش نانوکامپوزیت (Liu et al., 2017) و پوشش ۱- متیل سیکلو پروپن (Chen et al., 2020)، تطابق دارد. بیشتر بودن میزان افت وزن در نمونه‌های بسته‌بندی شده در هوای معمولی، احتمالاً به دلیل وجود منفذ در این نوع بسته‌بندی و اتلاف رطوبت و تنفس بیشتر نمونه‌ها نسبت به دو نوع بسته‌بندی دیگر است. پژوهش‌های قبلی نیز نشان دهنده تأثیر مثبت پوشش و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در کاهش وزن میوه‌ها و سبزی‌ها مانند کیوی (Ban et al., 2011)، قارچ (Mastromatteo et al., 2014) و هویج (Leceta et al., 2015) هستند.

استفاده از پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده در بهبود کیفیت سیب

– مواد جامد محلول (بریکس)

قسمت اعظم مواد جامد محلول در میوه شامل قندها و درصد کمی نیز شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. میزان مواد جامد محلول، در طی زمان انبارمانی با گذشت زمان و افت رطوبت معمولاً افزایش می‌یابد (De León-Zapata et al., 2017; Liu et al., 2018). کاهش بریکس کمتر در نمونه پوشش موم کارنوبا می‌تواند به دلیل عدم تنفس مناسب در این نوع پوشش باشد (Chen et al., 2020). سطح پایین مواد جامد محلول در میوه‌های پوشش داده شده به این دلیل بود که پوشش‌ها با تشکیل یک لایه روی سطح میوه، فضای میوه را اصلاح کرده و موجب به تأخیر افتادن روند تخریب می‌شوند و همچنین با جلوگیری از تبادل گاز، میزان تنفس را کاهش می‌دهند (Bilawal et al., 2017). میزان مواد جامد محلول هنگام رسیدن میوه به علت شکسته شدن کربوهیدرات پلیمری به مولکول‌های کوچکتر محلول در آب، افزایش می‌یابد. با گذشت زمان مقدار آب میوه کم شده (تبخیر آب) و در نتیجه مواد جامد محلول در میزان آب کمتری قرار می‌گیرد که منجر به افزایش مواد جامد محلول می‌شود. به عبارت دیگر می‌توان گفت افزایش مواد جامد محلول با میزان افت وزن میوه که بر اثر از دست دادن آب میوه می‌باشد رابطه مستقیم دارد (Shah et al., 2015).

افزایش بیشتر مواد جامد محلول نمونه‌های بسته‌بندی شده در هوای معمولی (بسته‌ی منفذدار)، احتمالاً به دلیل تنفس بیشتر این نمونه‌ها (به دلیل منفذدار بودن بسته‌بندی) بود. افزایش مواد جامد محلول در طی زمان نگهداری در مطالعات Chen و همکاران ۲۰۲۰ و Li و همکاران ۲۰۱۷ نیز گزارش شده است. با این وجود نتایج حاصل از تحقیق حاضر با مشاهدات Selcuk و Erkan (۲۰۱۴) و Javanmard در سال ۲۰۱۱ مشابه نبود. آنها نشان دادند که استفاده از پوشش خوراکی و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده موجب کاهش مواد جامد محلول کل در پایان دوره نگهداری خواهد شد.

– تغییرات رنگ

پوشش‌دهی میوه‌های سیب وارپته رد دلشز، موجب کاهش تغییرات رنگ نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری شد. این

امر می‌تواند به دلیل عملکرد پوشش‌ها در جلوگیری از تنفس و تعلق نمونه‌ها، تأخیر در فعالیت متابولیک آن‌ها و در نتیجه کاهش تغییرات رنگ نمونه‌های دارای پوشش باشد (Velickova et al., 2013; Rocha et al., 2004). کاهش میزان a^* در طی زمان نگهداری سیب می‌تواند به دلیل تخریب آنتوسیانین میوه باشد. در پایان زمان نگهداری میوه‌های پوشش‌دار میزان کاهش a^* کمتری داشتند. این امر نشان می‌دهد که پوشش موجب تأخیر در تغییر رنگ سیب به قرمز شده است. پوشش‌ها با جلوگیری از تنفس و تعلق نمونه‌ها، فعالیت متابولیک آن‌ها را به تأخیر انداخته و این امر موجب می‌شود ظهور رنگ قرمز در سیب به تعویق افتاده و پس از ظهور رنگ قرمز، این رنگ مطلوب برای مدت بیشتری پایدار بماند. باریوس و همکاران نیز بیان کردند تغییرات میزان a^* می‌تواند به علت از دست دادن آب زیاد باشد، و کاهش a^* را به تخریب رنگدانه نسبت دادند (Barrios et al., 2014). به دلیل کاهش تنفس و فعالیت متابولیک نمونه‌های پوشش‌دار و در نتیجه کاهش تخریب رنگ، در انتهای زمان انبارمانی، میزان a^* نمونه‌های پوشش‌دار بیشتر از نمونه‌های شاهد بود. مطالعه علی و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایج حاصل از مطالعه حاضر را تایید می‌کند، آنها بیان کردند که تخریب رنگ سیب‌های قرمز پوشش داده شده، نسبت به سیب‌های بدون پوشش در طی ۳۰ روز نگهداری کمتر بود (Ali et al., 2020). اما نتایج حاصل از پژوهش حاضر برخلاف مطالعه Radi و همکاران (۲۰۱۷) بود آن‌ها بیان کردند که مولفه a^* در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش معنی‌دار نیست. همچنین برخی محققین (Serradilla et al., 2012; Mozetič et al., 2004; Gonçalves et al., 2007) افزایش میزان a^* را در طی دوره رسیدگی بیان کرده‌اند. کاهش میزان L^* در طی مدت نگهداری، با مطالعات Benitez و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. این کاهش می‌تواند به دلیل تیره شدن میوه هنگام انبارمانی باشد که در مطالعات انجام شده در مورد میوه سیب و آتمویا (Fante et al., 2014; Serradilla et al., 2012; Mozetič et al., 2004; Gonçalves et al., 2007) نیز تایید شده است نتایج مشابهی برای سیب گلاب با پوشش نانو کیتوزان و همچنین برش‌های سیب قرمز با پوشش زانتان مشاهده شد (Khosh Gardesh et al., 2016).

در نهایت شروع تنفس بی‌هوازی نمونه‌ها در این نوع بسته‌ها تغییرات رنگ نمونه‌های این نوع بسته‌ها بیشتر بود.

- تغییرات درصد ترکیب گازی بسته بندی

میوه‌ها و سبزی‌های تازه بسته‌بندی شده با مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن، ترکیب گازی درون بسته‌بندی را تغییر می‌دهند (Jayas and Jeyamkondan, 2002). تنفس محصول و نفوذپذیری فیلم نسبت به گاز، دو عامل موثر در تغییر ترکیب گازی درون بسته‌بندی می‌باشند (Mastromatteo et al., 2011). بررسی اثر پوشش خوراکی متیل سلولز بر افزایش زمان ماندگاری آووکادو نشان داد نمونه‌های پوشش داده شده سرعت تنفس کمتری نسبت به نمونه‌های بدون پوشش داشتند (Maftoonazad and Ramaswamy, 2005).

با مقایسه نتایج می‌توان دریافت که از بین سه نوع بسته‌بندی به کارگرفته شده در این پژوهش، بسته‌بندی هوای معمولی بهترین نوع بسته‌بندی از جنبه درصد گاز دی‌اکسید کربن داخل بسته بوده و نمونه‌های بسته‌بندی شده در این نوع بسته‌بندی، کمترین تغییرات منفی را داشتند. در پژوهشی دیگر محققان دریافتند که اگر میزان اکسیژن به کمتر از حد بحرانی خود برسد، تنفس هوازی مختل شده و با افزایش میزان دی‌اکسیدکربن به بالاتر از حد بحرانی، اختلالات فیزیولوژیکی در محصول رخ می‌دهند. سیستم بسته‌بندی مناسب سیستمی است که پس از رسیدن غلظت اکسیژن در بسته به حد بحرانی، خودبه‌خود اکسیژن آزاد کند (Sedaghat and Vahedi, 2015). پوشش متیل سلولز، نفوذپذیری اندکی نسبت به گازها داشته و موجب کند شدن تنفس میوه شده، بنابراین بسته‌بندی حاوی میوه با این نوع پوشش، کمترین میزان کربن‌دی‌اکسید را داشت. احتمالاً پوشش به عنوان مانعی برای تنفس نمونه‌ها عمل کرده و به همین دلیل، نمونه‌های بدون پوشش نسبت به نمونه‌های پوشش‌دار میزان تنفس بالاتری داشتند. مطالعات دیگر نیز (Khosh Gardesh et al., 2016; Benítez et al., 2013; Baldwin et al., 1996) تاثیر پوشش بر ممانعت از مصرف اکسیژن و در نتیجه تنفس کمتر را تایید می‌کنند.

کاهش روشنایی سیب‌ها در دو نوع بسته‌بندی MAP غیرفعال و MAP فعال می‌تواند به علت کمبود اکسیژن در این نوع بسته‌ها و شروع تنفس بی‌هوازی در آن‌ها باشد. وقتی که غلظت های O_2 و CO_2 خیلی پایین یا خیلی بالا باشد، به دلیل تحریک تنفس بی‌هوازی ترکیبات نامحلولی ایجاد می‌گردد، این ترکیبات باعث ایجاد رنگ در میوه خواهند شد، این امر موجب کاهش روشنایی در این دو نوع بسته‌بندی شده است. آسیب به رنگ محصول تحت شرایط MAP توسط Ghidelli و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است. Sanchis و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که با استفاده از بسته بندی MAP و پوشش خوراکی برای برش‌های میوه خرما در طی زمان نگهداری L^* و a^* آن‌ها به ترتیب افزایش و کاهش یافت.

نتایج حاصل از این بررسی با نتایج تحقیق Sedaghat و Vahedi (۲۰۱۵) و Velickova و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. آنان دریافتند که با گذر زمان به زردی نمونه‌های افزوده می‌شود که این زردی در پارامتر b^* نمایان می‌شود. Garosi و همکاران، (۲۰۱۱) بیان کردند که هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان روشنی (L^*) زردآلوهای پوشش داده شده و پوشش نداده وجود نداشت و این میزان در زردآلوهای پوشش نداده بیشتر بود. آن‌ها همچنین بیان کردند که پوشش‌ها در کاهش میزان b^* نمونه‌ها اثری نداشتند. این می‌تواند به علت بازدارندگی از تجزیه کلروفیل و یا کاهش ترکیب آنتوسیانین‌ها و یا کاروتنوئیدها باشد. پوشش‌دهی نمونه‌ها به طور موثری سبب کاهش تغییرات رنگ شد. نتایج گرفته شده در این تحقیق با نتایج Sadeghipour و همکاران، (۲۰۱۲) مطابقت داشت. آنها بیان کردند که پوشش‌دهی گوجه‌فرنگی با متیل سلولز، باعث کاهش تغییرات رنگ پوست گوجه‌فرنگی نسبت به نمونه‌های بدون پوشش شده و در گوجه‌فرنگی پوشش داده شده، میزان تغییر رنگ پوست میوه در مدت نگهداری کمتر از نمونه بدون پوشش بود. به عبارتی پوشش میزان تغییر رنگ میوه را کاهش داده است. Daraei در سال ۲۰۰۸ با پوشش‌دهی شلیل با پوشش خوراکی بر پایه متیل سلولز به نتایج مشابه رسید. یعنی پوشش تغییر رنگ میوه را کاهش داد. در پایان زمان نگهداری، تغییرات رنگ در تمام انواع بسته‌بندی، افزایش داشت. به دلیل نفوذناپذیر بودن بسته‌بندی MAP غیرفعال و MAP فعال، اتمام اکسیژن و

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر پوشش‌های خوراکی متیل سلولز و موم کارنوبا و بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده بر ماندگاری و خواص کیفی میوه سیب مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به عملکرد کلی تیمارهای مختلف مشخص شد که استفاده از پوشش خوراکی متیل سلولز می‌تواند با حفظ خصوصیات پس از برداشت سیب مانند افت وزن، سفتی بافت و کاهش تغییرات رنگ نمونه‌ها، زمان ماندگاری را افزایش داده و روند کاهش در خصوصیات کیفی را کند نماید. استفاده همزمان پوشش خوراکی و بسته‌بندی نیز نشان داد که پس از گذشت یک ماه از زمان نگهداری، اکسیژن بسته‌ها به شدت کاهش یافت. بنابراین دو نوع غلظت گاز استفاده شده در این مطالعه، برای بسته‌بندی سیب تازه مناسب نبود. با توجه به نتایج به دست آمده و سایر پژوهش‌ها در مورد میوه‌ها و سبزی‌ها، لازم است مطالعات بیشتری در مورد شرایط بسته‌بندی بهینه مورد تحقیق و بررسی قرار گیرد.

منابع

- fruit. HortScience, 37 (3), 559-563. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.3.559>
- Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Chen, X. & Hagenmaier, R.D. (1996). Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. Postharvest Biology and Technology, 9 (2), 151-163. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00044-0)
- Ban, Z., Li, L., Guan, J., Feng, J., Wu, M., Xu, X. & Li, J. (2014). Modified atmosphere packaging (MAP) and coating for improving preservation of whole and sliced *Agaricus bisporus*. Journal of food science and technology, 51 (12), 3894-390. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0935-9>
- Barrios, S., De Aceredo, A., Chao, G., De Armas, V., Ares, G., Martín, A. & Lema, P. (2014). Passive modified atmosphere packaging extends shelf life of enzymatically and vacuum-peeled ready-to-eat valencia orange segments. Journal of Food Quality, 37 (2), 135-147. <https://doi.org/10.1111/jfq.12074>
- Barman, K., Asrey, R. & Pal, R. (2011). Putrescine and carnauba wax pretreatments alleviate chilling injury, enhance shelf life and preserve pomegranate fruit quality during cold storage. Scientia Horticulturae, 130 (4), 795-800. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.005>
- Benítez, S., Achaerandio, I., Sepulcre, F. & Pujolà, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 81, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.009>
- Bilawal, A., Hashim, M., Zareen, S., Amir, N. & Khan, I. (2017). Effect of edible gum coating, glycerin and calcium lactate application on the postharvest quality of guava fruit. International Journal of Advanced Research and Publication, 1, 23-27.
- Chen, H. Y., Jiang, L. F., Zeng, J. H., Huo, Y. R. & Li, Y. X. (2020). Combination of carnauba wax-based coating and 1-methylcyclopropene (1-MCP) maintains better "Fuji" apple qualities during storage at low temperature. Journal of Food Processing and Preservation, 14 (12), e14925. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14925>
- Cosme Silva, G. M., Silva, W. B., Medeiros, D. B., Salvador, A. R., Cordeiro, M. H. M., Silva, N. M. & Mizobutsi, G. P. (2017). The chitosan affects severely the carbon

Ahmadi-Afzadi, M., Tahir, I. & Nybom, H. (2013). Impact of harvesting time and fruit firmness on the tolerance to fungal storage diseases in an apple germplasm collection. Postharvest Biology and Technology, 82, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.001>

Ali, U., Basu, S. & Mazumder, K. (2020). Improved postharvest quality of apple (Rich Red) by composite coating based on arabinoxylan and β -glucan stearic acid ester. International journal of biological macromolecules, 151, 618-627. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.081>

Babich, O., Dyshlyuk, L., Sukhikh, S., Prosekov, A., Ivanova, S., Pavsky, V., Chaplygina, T. & Kriger, O. (2019). Effects of Biopreservatives Combined with Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Apples and Tomatoes. Polish Journal of Food & Nutrition Sciences, 69(3). <https://doi.org/10.31883/pjfn/110564>

Bai, J., Baldwin, E. A. & Hagenmaier, R. H. (2002). Alternatives to shellac coatings provide comparable gloss, internal gas modification, and quality for 'Delicious' apple

- metabolism in mango (*Mangifera indica* L. cv. Palmer) fruit during storage. *Food Chemistry*, 237, 372–378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.123>
- De León-Zapata, M. A., Ventura-Sobrevilla, J. M., Salinas-Jasso, T. A., Flores-Gallegos, A. C., Rodríguez-Herrera, R., Pastrana-Castro, L. & Aguilar, C. N. (2018). Changes of the shelf life of candelilla wax/tarbutash bioactive based-nanocoated apples at industrial level conditions. *Scientia Horticulturae*, 231, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.005>
- Fante, C., A. Boas, A. C. V., Paiva, V. A., Pires, C. R. F. & Lima, L. C. d. O. (2014). Modified atmosphere efficiency in the quality maintenance of Eva apples. *Food Science and Technology*, 34 (2), 309-314. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0044>
- Garousi, F., Javanmard, M., & Hasani, F. (2011). Application of edible coating based on Whey Protein-Gellan gum for apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Iranian journal of food science and industry*, 8 (29) [In Persian].
- Ganai, S., Ahsan, H., Wani, I., Lone, A., Mir, S. & Wani, S. (2015). Colour changes during storage of apple cv. Red delicious-influence of harvest dates, precooling, calcium chloride and waxing. *International Food Research Journal*, 22 (1), 196-201.
- Ghidelli, Ch., Mateos, M., Rojas-Argudo, C. & Pérez-Gago, M.B. (2014). Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein–cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.007>
- Gonçalves, B., Silva, A., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa, E. & Meyer, A. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 103 (3), 976-984. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.039>
- Guerreiro, A. C., Gago, C. M., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. & Antunes, M. D. (2017). The effect of edible coatings on the nutritional quality of 'Bravo de Esmolfe' fresh-cut apple through shelflife. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 210-219. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.052>
- Guimaraes, A., Abrunhosa, L., Pastrana, L. M. & Cerqueira, M. A. (2018). Edible films and coatings as carriers of living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17 (3), 594-614. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12345>
- Hadian-Deljou, M. & Sarikhani, H. (2012). Effect of salicylic acid on maintaining post-harvest quality of apple cv. Golabe-Kohanz. *Journal of Crops Improvement*, 14 (2), 71-82. [In Persian] <https://doi.org/10.22059/IJHS.2018.240328.1308>
- Hyun, J. E. & Lee, S. Y. (2018). Effect of modified atmosphere packaging on preserving various types of fresh produce. *Journal of Food Safety*, 38 (1), e12376. <https://doi.org/10.1111/jfs.12376>
- Jahanshahi, B., Jafari, A., Vazifeshenas, M. R. & Gholamnejad, J. (2018). A novel edible coating for apple fruits. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1 (1), 63-72. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2018.1186.1009>
- Javanmard, M. (2011). Shelf-life of apples coated with whey protein concentrate-gellan gum edible coatings. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 1 (1), 56-62.
- Jayas, D.S. & Jeyamkondan, S. (2002). PH—postharvest technology: modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables. *Biosystems Engineering*, 82 (3), 235-251. <https://doi.org/10.1006/bioe.2002.0080>
- Jo, W. S., Song, H. Y., Song, N.B., Lee, J.H., Min, S. C. & Song, K. B. (2014). Quality and microbial safety of 'Fuji' apples coated with carnauba-shellac wax containing lemongrass oil. *LWT-Food Science and Technology*, 55 (2), 490-497. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.034>
- 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. Madhu bindu). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, Tamilnadu, 6 (5), 160-174. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.019>
- Khosh Gardesh, A. S., Badii, F., Hashemi, M., Ardakani, A. Y., Maftoonazad, N. & Gorji, A. M. (2016). Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and

postharvest shelf-life extension of apple cv. Golab Kohanz. *LWT-Food Science and Technology*, 70, 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.002>

Leceta, I., Molinaro, S., Guerrero, P., Kerry, J. & De la Caba, K. (2015). Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 142-150. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.022>

Li, Y., Ishikawa, Y., Satake, T., Kitazawa, H., Qiu, X. & Rungchang, S. (2014). Effect of active modified atmosphere packaging with different initial gas compositions on nutritional compounds of shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*). *Postharvest Biology and Technology*, 92, 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.017>

Li, L., Sun, J., Gao, H., Shen, Y., Li, C., Yi, P. & Li, J. (2017). Effects of polysaccharide-based edible coatings on quality and antioxidant enzyme system of strawberry during cold storage. *International Journal of Polymer Science*, 2017, 8p. <https://doi.org/10.1155/2017/9746174>

Liu, Z., Wang, X., Zhu, J. & Wang, J. (2010). Effect of high oxygen modified atmosphere on post-harvest physiology and sensorial qualities of mushroom. *International Journal of Food Science & Technology*, 45 (6), 1097-1103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02199.x>

Liu, R., Liu, D., Liu, Y., Song, Y., Wu, T. & Zhang, M. (2017). Using soy protein SiOx nanocomposite film coating to extend the shelf life of apple fruit. *International Journal of Food Science & Technology*, 52 (9), 2018-2030. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13478>

Maftoonazad, N. & Ramaswamy, H. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. *LWT-Food Science and Technology*, 38 (6), 617-624. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.08.007>

Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A. & Mohamed, M. T. M. (2020). Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024>

Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A. & Del Nobile, M. A. (2011). Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Food Research International*, 44 (5), 1224-1230.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.002>

Mditshwa, A., Fawole, O.A. & Opara, U.L. (2018). Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples—A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 59-68.

<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.011>

Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M. & El-Sakhawy, M. A. M. (2020). Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116-178. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>

Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M. & Voilley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42 (1), 67-89. <https://doi.org/10.1080/10408690290825466>

Mozetič, B., Trebše, P., Simčič, M. & Hribar, J. (2004). Changes of anthocyanins and hydroxycinnamic acids affecting the skin colour during maturation of sweet cherries (*Prunus avium* L). *LWT-Food Science and Technology*, 37 (1), 123-128. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(03\)00143-9](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(03)00143-9)

Nazan Turhan, K. & Şahbaz, F. (2004). Water vapor permeability, tensile properties and solubility of methylcellulose-based edible films. *Journal of Food Engineering*, 61 (3) 459-466. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00155-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00155-9)

Petriccione, M., Pasquariello, M. S., Mastrobuoni, F., Zampella, L., Di Patre, D. & Scortichini, M. (2015). Influence of a chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of loquat fruit during postharvest life. *Scientia Horticulturae*, 197, 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.051>

Qian, X., Jiang, T. & Zheng, X. (2019). Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 253, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.062>

Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H. & Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of Food Quality*, 2017 (1), 1-10. <https://doi.org/10.14674/1120-1770-IJFS699>

Rashid, F., Ahmed, Z., Hussain, S., Kausar, T., Nadeem, M., Ainee, A. & Mehmood, T. (2020). Optimization of fenugreek and flax polysaccharides based edible coating formulation to preserve the quality and storability of apple after harvesting. *Food Processing and Preservation*, 44 (10), e14812. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14812>

Rocha, A., Barreiro, M. & Morais, A. M. (2004). Modified atmosphere package for apple 'Bravo de Esmolfe'. *Food Control*, 15 (1), 61-64. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00015-X)

Sadeghipour, M., Badii, F., Behmadi, H., & Bazyar, B. (2012). The effect of methyl cellulose based active edible coatings on the storage life of tomato. *Iranian journal of food science and industry*. 35 (9) [In Persian]

Sanchís, E., Ghidelli, C., Sheth, C.C., Mateos, M., Palou, L. & Pérez-Gago, M. B. (2017). Integration of antimicrobial pectin-based edible coating and active modified atmosphere packaging to preserve the quality and microbial safety of fresh-cut persimmon (*Diospyros kaki* Thunb. cv. Rojo Brillante). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 252-260. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7722>

Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology*, 43 (3), 381-392. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.018>

Sardabi, F., Mohtadinia, J., Shavakhi, F. & Ashraf Jafari, A. (2013). Effect of 1 methylcyclopropene and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles on extending the shelf life and quality of Golden and Red Delicious apples. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8 (2), 135-144 [In Persian].

Sedaghat, N. & Vahedi, N. (2015). Evaluation of several methods for preservation and packaging of the button white mushroom to increase its shelf life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11 (1), 22-30

[In Persian]. <https://doi.org/10.22067/iftstrj.v11i1.45430>

Selcuk, N. & Erkan, M. (2014). Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.007>

Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Hernández, A. & López-Corrales, de Guía Córdoba, M. (2012). Physicochemical and sensorial characterisation of four sweet cherry cultivars grown in Jerte Valley (Spain). *Food Chemistry*, 133 (4), 1551-1559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.048>

Shah, S., Jahangir, M., Qaisar, M., Khan, S., Mahmood, T., Saeed, M. & Liaquat, M. (2015). Storage stability of kinnow fruit (*Citrus reticulata*) as affected by CMC and guar gum-based silver nanoparticle coatings. *Molecules*, 20 (12), 22645-22661. <https://doi.org/10.3390/molecules201219870>

Shariatifar, M. & Jafarpour, E. (2013). Edible coating effects on storage life and quality of apple. *Journal of Basic and Applied Science Research*, 3, 24-27.

Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. & Vuong, Q. V. (2019). Starch-based edible coating formulation: Optimization and its application to improve the postharvest quality of "Cripps pink" apple under different temperature regimes. *Food Packaging and Shelf Life*, 22, 100409. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100409>

Toloie, H. & Mohtadinia, J. (2011). Shivehay novin bastebandi mavad ghazaie. Tehran, Amozesh va tarvije keshavarzi, 296p [In Persian].

Vargas, M., Pastor, C. Chiralt, A. McClements, D.J. & Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, 496-511. <https://doi.org/10.1080/10408390701537344>

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D. & Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-*

Food Science and Technology, 52 (2), 80-92.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>

Wu, D. & Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control-A review. Trends in Food Science & Technology, 29 (1), 5-20.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>

Yam, K.L. & Papadakis S.E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61 (1), 137-142.
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00195-X)

Zhang, W. Li. X. & Jiang, W. (2020). Development of antioxidant chitosan film with banana peels extract and its application as coating in maintaining the storage quality of apple. International journal of biological macromolecules, 154, 1205-1214.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.275>

Zhuang, H., Barth, M. M. & Cisneros-Zevallos, L. (2014). Modified atmosphere packaging for fresh fruits and vegetables. Innovations in food packaging, Elsevier. pp. 445-473. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00018-7>

Effect of Methylcellulose and Carnauba Wax Coating with Modified Atmosphere Packaging on the Improvement Quality of *Red Delicious* Apple

M. Rezaie^a, N. Sedaghat^{b*}

^a PhD Student of the Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

^b Professor of the Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 2 December 2022

Accepted: 8 July 2023

Abstract

Introduction: The quality of fresh fruits and vegetables, and thus their shelf life, is reduced due to changes such as moisture loss, enzymatic browning, tissue decay, and microbial growth. The use of an edible coating on fruits and vegetables during storage will increase shelf life by controlling the moisture migration, respiration rate, and oxidation. As apple is one of the most important raw materials for many foods and is grown in many countries around the world, it is important to keep apples fresh. The use of methylcellulose and Carnauba wax coating with Modified Atmosphere Packaging for maintaining the quality and prolonging the shelf life of *Red Delicious* apples.

Materials and Methods: In this study, fresh apples (*Red Delicious*) were coated by two types of coating materials (methyl cellulose and carnauba wax) then samples packed in three layers bags (PE/PA/PE) with normal air condition (control), active modified atmosphere and inactive (passive) modified atmosphere. Samples stored at 2 °C for 3 month. Thereafter, their quality characteristics such as Weight losses, color changes, hardness and change in packaging gas percentage, were tested and evaluated.

Results: Data showed coated samples had better properties as compared to the uncoated samples. The property was more obvious in samples coated by methylcellulose. In coating samples, weight losses were significantly ($P \leq 0.05$) less than uncoated samples, and also weight loss was slower. At the end of the storage time, the highest firmness (958.2) was related to the sample with methyl cellulose coating and the lowest firmness (780.2) was related to the sample without coating (control). In the methyl cellulose coated samples, the weight loss of the samples was significantly lower than the other samples and the weight loss occurred at a slower rate ($p \leq 0.05$). At the end of the third month, the highest (7.6) and the lowest (4.7) weight loss was related to the sample without coating and the sample with methylcellulose coating, respectively. At the end of the sample storage time, the uncoated sample (control) had the highest Brix (17.2) and the sample coated with carnauba wax (16.1) had the lowest Brix. In all samples, the amount of L* decreased at the end of the storage time. During the entire storage period of apples, the amount of L* of the coated samples was higher than that of the control samples. The amount of L* in the control samples decreased and reached (19.2), while it reached (25.6) in the samples with methyl cellulose coating.

Conclusion: The results of the present study showed that Methylcellulose was an appropriate coating to maintain the quality and increase the shelf-life of apples (*Red Delicious*).

Keywords: Apple, Edible Coating, Packaging, Quality.

* Corresponding Author: sedaghat@um.ac.ir