مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۹ شماره ۱/ سال ۱۳۹۸/ صفحات ۱۸۱ تا ۱۹۴

اثرپوشش‌های برپایهٔ پکتین-کربوکسی متیل سلولز حاوی مواد ضد قهوه‌ای شدن بر برخی خواص فیزیکی‌شیمیایی برش‌های تازه سیب واریتهٔ رد دلیشز

محمدیار حسینی*[۱]، آیدا تقی زاده[۲] و بابک قنبرزاده[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۵

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه ایلام
[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز
[۳] استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبات: Email: m.hosseini@ilam.ac.ir

چکیده

زمینه مطالعاتی: پوشش‌دهی میوه‌های پوست گیری شده، توسط پوشش‌های بیوپلیمری حاوی مواد زیست فعال، یکی از روش‌های جدید و مؤثر در جلوگیری از تغییرات کیفی نامطلوب طی نگهداری آنها می‌باشد. **هدف:** در این پژوهش برای فرمولاسیون پوشش‌ها، از مواد طبیعی موجود در میوه‌ها استفاده شد و مخلوطی از پلی ساکاریدهای پکتین-کربوکسی متیل سلولز، به عنوان بیوپلیمر پایه و اسید اسکوربیک و اسید سیتریک به عنوان مواد بازدارندهٔ قهوه‌ای شدن آنزیمی مورد استفاده قرار گرفتند. **روش کار:** بافت سنجی و تعیین میزان سفتی بافت با استفاده از دستگاه پنترومتر دستی، محتوای مواد جامد محلول (TSS) با دستگاه رفراکتومتر، اسیدیته قابل تیتر بر حسب اسید مالیک در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه، رنگ‌سنجی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج براساس پارامترهای هانترلب و نرم افزار فتوشاپ و آزمون حسی هدونیک (مصرف کننده‌گرا) توسط ۱۰ ارزیاب تصادفی (از بین دانشجویان ۲۲ تا ۲۵ ساله دختر) و به روش ۵ نقطه ای مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس بهینه‌سازی اجزای فرمولاسیون پوشش خوراکی، بر اساس ایجاد کمترین فاکتور رنگی a* (سرخی-سبزی)، در سیب‌های پوست گیری شده، انجام گرفت. **نتایج:** در این روش، محلول پوشش-دهنده محتوی ۳/۱۴٪ مخلوط کربوکسی متیل سلولز- پکتین (۵۰به۵۰)، ۱/۱۷٪ اسید آسکوربیک و ۱/۱۷٪ اسید سیتریک (وزنی- حجمی) به عنوان بهترین محلول تعیین شد. سپس تاثیر پوشش بهینه روی فاکتورهای کیفی سیب پوست‌گیری شده مورد ارزیابی قرار گرفت. **نتایج نهایی:** نتایج آزمون سفتی بافت نشان داد که سیب‌های پوشش‌دار، سفتی اولیه را بهتر از سیب‌های شاهد حفظ کردند. همچنین مقادیر اسیدیتهٔ سیب‌های پوشش‌دار نسبت به سیب‌های بدون پوشش بالاتر بود. تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن (BI) طی ۹ روز در نمونه پوشش‌دار کمتر بود. نتایج ارزیابی هدونیک سیب‌های پوست‌گیری شده نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بین مقبولیت رنگ نهایی نمونه‌های پوشش‌دار و نمونه‌های بدون پوشش وجود داشت. ارزیابی‌های حسی بصورت معنی‌داری، امتیاز بالاتری را به بافت نمونه های پوشش دار دادند و آنرا تردتر تشخیص دادند.

واژه‌های کلیدی: سیب پوست‌گیری‌شده، پوشش خوراکی فعال، پکتین-کربوکسی متیل سلولز

مقدمه

به دلیل تقاضای روزافزون مردم برای مصرف میوه های آمادۀ مصرف و همچنین بکارگیری آنها در صنایع کمپوت‌سازی و مربا سازی، تولید و بسته بندی میوه-های پوست گیری شده رو به افزایش است (ماجیر و همکاران ۲۰۰۰). اما مشکل اصلی در مورد میوه‌های پوست‌گیری شده، کاهش سریع کیفیت به دلیل آسیب های ایجاد شده طی پوست کنی، تکه تکه کردن و برش می‌باشد (بای و آلین ۲۰۰۳). قهوه‌ای شدن آنزیمی یک عامل مهم برای کاهش زمان ماندگاری سیب‌های تازه پوست‌گیری شده است که در اثر آزاد شدن آنزیم فنولاز و تماس آن با سوبسترا (مواد فنولی) در اثر برش صورت می‌گیرد (رایبودی و همکاران ۲۰۰۸). در مورد میوه‌های تازه پوست‌گیری شده پوشش‌های خوراکی حاوی مواد فعال از قبیل مواد ضد قهوه‌ای شدن می‌توانند باعث کاهش تاثیرات منفی ناشی از آسیب‌های مکانیکی طی پوست کنی، برش و تکه تکه کردن گردند (لی و همکاران ۲۰۰۳). این پوشش ها از مواد بیوپلیمری (پلی ساکاریدی و پروتئینی) و لیپیدی مستخرج از فرآورده های گیاهی و حیوانی تولید می شوند و می توانند به صورت بالقوه موجب اثرات مفیدی شامل (۱) کاهش قهوه ای شدن آنزیمی، در اثر جلوگیری از تماس O_2 با بافت میوه (۲) کاهش رشد میکروارگانیزم ها (به ویژه کپک ها) به علت کاهش O_2 در سطح (۳) کاهش واکنش‌های بیوشیمیایی و تنفسی و در نتیجه کاهش رسیدن و نرم شدن (٤) کاهش افت وزن در اثر کاهش تبخیر و تنفس (٥) کاهش صدمات مکانیکی طی حمل ونقل و فرآوری (٦) افزایش شفافیت و بازارپسندی، در میوه ها و سبزی‌ها گردند (قنبرزاده ۲۰۰۹).

به این پوشش ها می‌توان مواد فعال مختلفی از قبیل مواد ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و عوامل طعم‌زا اضافه کرد که در این صورت پوشش‌های فعال نامیده می‌شوند و اثرات مفید آنها افزایش می یابد (بای و همکاران ۲۰۰۳). پوشش های پلی ساکاریدی معمولا دارای قیمت پایین، برخوردار از درجۀ غذایی و دارای خواص مکانیکی مناسب هستند. کربوکسی متیل سلولز (CMC) [1] یکی از مشتقات محلول در آب و ارزان قیمت سلولز است که کاربرد وسیعی در صنایع غذایی به عنوان یک قوام دهنده دارد و پوشش های شفاف با خواص چسبندگی و مکانیکی مناسب تولید می کند (قنبرزاده ۲۰۰۹). پکتین نیز ترکیب عمدۀ پلی-ساکاریدهای دیواره سلولی اکثر گیاهان بویژه سبزی ها و میوه‌ها می‌باشد و بسته به منبع استخراج آن، ساختار متفاوتی دارد. پکتین‌ها عموماً در آب محلول می‌باشند و می‌توانند به عنوان تشکیل دهنده ژل و پوشش خوراکی مورد استفاده واقع شوند. آنتی‌اکسیدان‌های خوراکی مانند اسید آسکوربیک و اسید سیتریک به طور گسترده‌ای برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن آنزیمی در میوه ها و سبزیها مورد استفاده قرار می‌گیرند (پرزگاگو و همکاران ۲۰۰٦) . پرزگاگو و همکاران، تاثیر نوع و مقدار آنتی اکسیدان‌ها را به تنهایی و در ترکیب با پوشش‌های خوراکی (شامل پروتئین آب پنیر و موم طبیعی) برای سیب‌های پوست‌گیری شده گلدن دلیشیز مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که افزودن اسید آسکوربیک یا سیستئین به پوشش، باعث کاهش بیشتر قهوه‌ای شدن آنزیمی سیب در مقایسه با استفاده از آنها بصورت تنها می گردد. در پژوهشی دیگر (هایپینگ و همکاران ۲۰۱۱)، پوشش های بر پایۀ آلژینات و ژلان حامل عوامل ضد قهوه‌ای شدن (N-استیل سیستئین و گلوتاتیون) برای سیب‌های پوست-گیری شده بکار بردند و تغییرات رنگ عوامل ضد قهوه-ای شدن را مورد بررسی قرار دادند. هایپینگ و همکاران نیز تاثیر پوشش های کیتوزانی حامل اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم، روی برش‌های سیب را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که پوشش‌های فعال بکار رفته، قهوه‌ای شدن آنزیمی و نرم

[1]. Carboxy Methyl Cellulose

شدن را در برش‌های سیب، در طی انبارداری، به تاخیر می اندازد.

هدف از این پژوهش تحقیق، فرمولاسیون و تولید پوشش‌های خوراکی فعال بر پایهٔ کربوکسی متیل سلولز-پکتین حاوی اسید سیتریک و اسید آسکوربیک و بررسی کارایی آنها در بهبود ویژگی‌های کیفی سیب رد دلشیز پوست‌گیری شده طی نگهداری می باشد.

مواد و روش‌ها

کربوکسی متیل سلولز (شرکت Food Chem کشور چین، با درجه خلوص ۹۸، ویسکوزیته ۲۲۸۰mpas وزن مولکولی ۲۶۲ گرم بر مول)، اسید آسکوربیک (شرکتNorthest phar maceutical کشور چین)، پکتین کم استر (درجه استریفیکاسیون ۳۱/۵٪، Degussa, Pullach آلمان)، کلریدکلسیم (شرکت مرک آلمان)، گلیسرول (Ableace کشور مالزی) و اسیدسیتریک مونو هیدراته ($C_6H_8O_7.H_2O$)، (شرکت Kaselcit کشور چین) تهیه گردیدند. سود ۰/۱ نرمال (شرکت Merck آلمان)، فنل‌فتالئین(شرکت Merck آلمان)، و میوه سیب (رقم رد دلیشز) خریداری گردیدند. سیب رد دلشیز تازه چیده شده از باغدار بصورت مستقیم خریداری شد.

آماده کردن محلول پوشش‌دهنده

در این پژوهش، به منظور تعیین غلظت بهینه پکتین-کربوکسی‌متیل‌سلولز، اسیدآسکوربیک و اسید سیتریک در فرمولاسیون پوشش از روش سطح پاسخ[1](RSM) استفاده شد. غلظت‌های مختلف پکتین- کربوکسی‌متیل-سلولز (با نسبت مساوی)، اسیداسکوربیک و اسید سیتریک (جدول ۱) در ٦٥ درجه سانتیگراد با یکدیگر مخلوط و مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب (وزنی- حجمی) به آن‌ها اضافه شد. در ضمن برای هر گرم پلیمر ۰/۲ گرم گلیسرول (به عنوان نرم کننده) (۲۰٪ W/W) و نصف مقدار مصرفی پکتین، کلرید کلسیم (پکتین کم استر برای تشکیل ژل نیاز به کلرید کلسیم دارد) استفاده شد.

آماده‌سازی و پوشش‌دهی سیب‌ها

در ابتدا آماده‌سازی میوه سیب شامل شستشو، پوست-گیری و برش آن صورت گرفت. نمونه‌های آماده شده توسط روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شدند. یعنی در یک بشر حاوی محلول پوشش (۳۰ درجه سانتیگراد) قرار گرفتند و بعد از ۲ دقیقه خارج شدند و پس از ۵ دقیقه قرار گرفتن در دمای محیط در کیسه‌های پلاستیکی گذاشته شده و به سردخانه منتقل شدند (هایپینگ و همکاران ۲۰۱۱).

آزمون‌ها

تعیین درصد کاهش وزن

نمونه‌های پوشش داده شده بعد از خشک شدن پوشش سطح آن‌ها، بلافاصله توزین شدند. پس از اتمام ۹ روز نگهداری در سردخانه توزین نمونه ها انجام شد و بر اساس رابطهٔ زیر، میزان کاهش وزن نمونه ها بر حسب درصد تعیین گردید (مفتون ازاد و راماسوامی ۲۰۰۵، پروانه ۱۹۹۲):

$$WL\% = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \qquad (۱)$$

WL؛[2] درصد افت وزن،W_1: وزن اولیه نمونه ها بلافاصله بعد از پوشش‌دهی، W_2: وزن نمونه ها بعد از مدت زمان نگه داری

بافت سنجی

برای تعیین میزان سفتی بافت، از آزمون نفوذ با استفاده از دستگاه پنترومتر دستی(شرکت تورونی ایتالیا) با پروب میله‌ای (با انتهای صاف به قطر ۸ میلی متر) استفاده شد. مقادیر داده‌های نیرو هنگام نفوذ پروب به درون بافت میوه ثبت گردید (الیواس و همکاران ۲۰۰۷).

[1] Response surface analysis

[2] Water loss

محتوای مواد جامد محلول (TSS)

برای مقایسه TSS میوه‌های پوشش‌دار و شاهد، مواد جامد محلول در عصارهٔ میوه‌ها، بعد از کالیبره کردن دستگاه رفراکتومتر با آب مقطر، در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شد (پونتینگ و همکاران ۱۹۷۱).

اسیدیته قابل تیتر

درصد اسیدیته در تکه‌های سیب بوسیله تیتراسیون عصارهٔ میوه با سود ۰/۱ نرمال تعیین شد و بر حسب میلی‌گرم اسید مالیک در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه مشخص گردید (پونتینگ و همکاران ۱۹۷۱).

رنگ‌سنجی

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج براساس پارامترهای هانترلب و نرم افزار فتوشاپ مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان رنگ از طریق پارامترهای هانتر، برحسب روشنایی (L) ، قرمزی- سبزی (a*) و زردی- آبی (b*) گزارش گردید. پارامترهای ΔL و Δa که میزان تغییرات این فاکتورها بین روزهای اول و نهم را نشان می‌دهند برای نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش محاسبه گردید. همچنین پارامترهای اختلاف رنگ کلی (ΔE) و میزان تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن (ΔBI) طی ۹ روز نگهداری در نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش به صورت زیر محاسبه شده و مقایسه شد:

$$\Delta E = [(L_{standard} - L_{sample})^2 + (a_{standard} - a_{sample})^2 + (b_{standard} - b_{sample})^2]^{0/5} \quad (۲)$$

منظور از standard، روز اول و منظور از sample، نمونه روز نهم است

$$x = \frac{a + 1.75L}{5.645L + a - 3.012b} \qquad BI = \frac{100(x - 0.31)}{0.172} \quad (۳)$$

داده‌ها در طی پنج اندازه‌گیری از نقاط مختلف نمونه‌های پوشش داده شده (یکی در مرکز و چهار عدد در پیرامون) بدست آمد و از آنها میانگین گرفته شد. برای هر نوع نمونه سه تکرار انجام شد.

آزمون حسی هدونیک (مصرف کننده‌گرا)

ارزیابی حسی هدونیک نمونه‌ها توسط ۱۰ ارزیاب تصادفی (از بین دانشجویان ۲۲ تا ۲۵ ساله دختر) و به روش ۵ نقطه ای انجام شد. از ارزیابها خواسته شد که به نمونه‌ها صفت‌های لذت‌بخشی (هدونیک) از بسیار ناخوشایند تا بسیار خوشایند بدهند. سپس این صفتها به اعداد ۱ تا ۵ تبدیل شدند. ارزیابی حسی محصول نهایی برای نمونه‌های شاهد و پوشش‌داده شده با فرمول بهینه، بر اساس میزان پذیرش رنگ، طعم، بافت (سفتی و تردی)، بو، مزه و شکل ظاهری صورت گرفت. اعداد به دست آمده توسط آنالیز واریانس و آزمون میانگین‌ها (دانکن) نرم افزار SPSS 16,0 تجزیه و تحلیل شد و معنی‌دار بودن یا نبودن اختلاف بین تیمارها مشخص شد. همچنین میانگین اعداد مربوط به هر تیمار، همراه با انحراف معیار به صورت نمودار ارائه شده است.

تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی از طرح آماری روش سطح پاسخ (RSM CC0318) استفاده شد. روش سطح پاسخ (RSM) به منظور حصول فرمولاسیون بهینه پوشش و بررسی اثر خطی و متقابل فاکتورهای مستقل یعنی غلظتِ پکتین- کربوکسی‌متیل‌سلولز، اسیداسکوربیک و اسید سیتریک بر فاکتور a* سیب‌های پوشش دار انتخاب شد. روش سطح پاسخ نشان دهندهٔ نحوه تأثیر متغیرهای مستقل (در دامنهٔ مورد مطالعه) بر نتایج متغیرهای وابسته مورد مطالعه می‌باشد. بعلاوه آثار متقابل متغیرهای مذکور را نیز در بر می‌گیرد. در این طرح ابتدا دامنه تغییرات فاکتورها در پنج سطح محاسبه گردید. سپس بر اساس شمار متغیرها و سطوح آن‌ها جداول طرح آماری (۱۸ آزمایش با ٤ تکرار در نقطهٔ مرکزی) انتخاب گردید.

طرح مرکب مرکزی با سه متغیر در پنج سطح (۱/٦۸-، ۱-، ۰، ۱+، ۱/٦۸+) شامل درصد های وزنی- حجمی کربوکسی متیل سلولز - پکتین (X_1) (۰/٤٤، ۱، ۱/۸، ۲/٦، ۳/۱٤)، اسید سیتریک (X_2) (۰/۳۲، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۱۷)، اسید آسکوربیک (X_3) (۰/۳۲ ، ۰/۵ ، ۰/۷۵ ، ۱ ، ۱/۱۷)، در مرحلهٔ پوشش‌دهی با سه تکرار استفاده شد. طرح مورد استفاده در این پروژه، طرح مرکب مرکزی بود. نرم‌افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

هدف از انجام آزمایش‌های بهینه‌سازی، دست‌یابی به بهترین تأثیر ترکیبی از غلظت‌های پکتین- کربوکسی متیل سلولز، اسید آسکوربیک و اسید سیتریک (متغیرهای مستقل آزمایش در مرحله پوشش‌دهی) و نیز بدست آوردن یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی تأثیر این ترکیبات روی فاکتور a^* (متغیر وابسته آزمایش) بود.

جدول ۱- طرح آزمایش مرکب مرکزی برای بهینه‌سازی پوشش بر اساس فاکتور a* درنمونه های سیب پوست‌گیری شده

Table 1- The central compound design for coating optimization based on a* factor in the peeled apple samples

	Non-Code Variable		Coded variables		
Treatment	X_1	X_2	X_3	CMC, PEC	Citric acid	Ascorbic acid
1	-1	-1	-1	1	0.5	0.5
2	-1	-1	1	1	0.5	1
3	-1	1	-1	1	1	0.5
4	-1	1	1	1	1	1
5	1	-1	-1	2.6	0.5	0.5
6	1	-1	1	2.6	0.5	1
7	1	1	-1	2.6	1	0.5
8	1	1	-1	2.6	1	1
9	-1.682	0	0	0.44	0.75	0.75
10	1.682	0	0	3.14	0.75	0.75
11	0	-1.682	0	1.8	0.32	0.75
12	0	-1.682	0	1.8	1.17	0.75
13	0	0	-1.682	1.8	0.75	0.32
14	0	0	1.682	1.8	0.75	1.17

بهینه‌سازی فرمولاسیون محلول پوشش‌دهنده

با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین میزان فاکتور a* (فاکتور قرمزی- سبزی) (در نمونه شماره ۲ که شامل کربوکسی متیل سلولز- پکتین ۱، اسید سیتریک ۰/۵، اسید آسکوربیک ۱ (درصد وزنی-حجمی)) و کمترین مقدار فاکتور a* (در نمونه شماره ۱۰ که شامل کربوکسی متیل سلولز- پکتین ۳/۱٤، اسید سیتریک ۰/۷۵، اسید آسکوربیک ۰/۷۵ (درصد وزنی- حجمی)) مشاهده شد (جدول ۱). نتایج تجزیه و تحلیل واریانس میزان فاکتور a^* در مرحله بهینه سازی فرمولاسیون پوشش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرهای مستقل بر فاکتور رنگی a^* سیب ها

Table 2 - Results of analysis of variance of independent variables on color factor a * apples

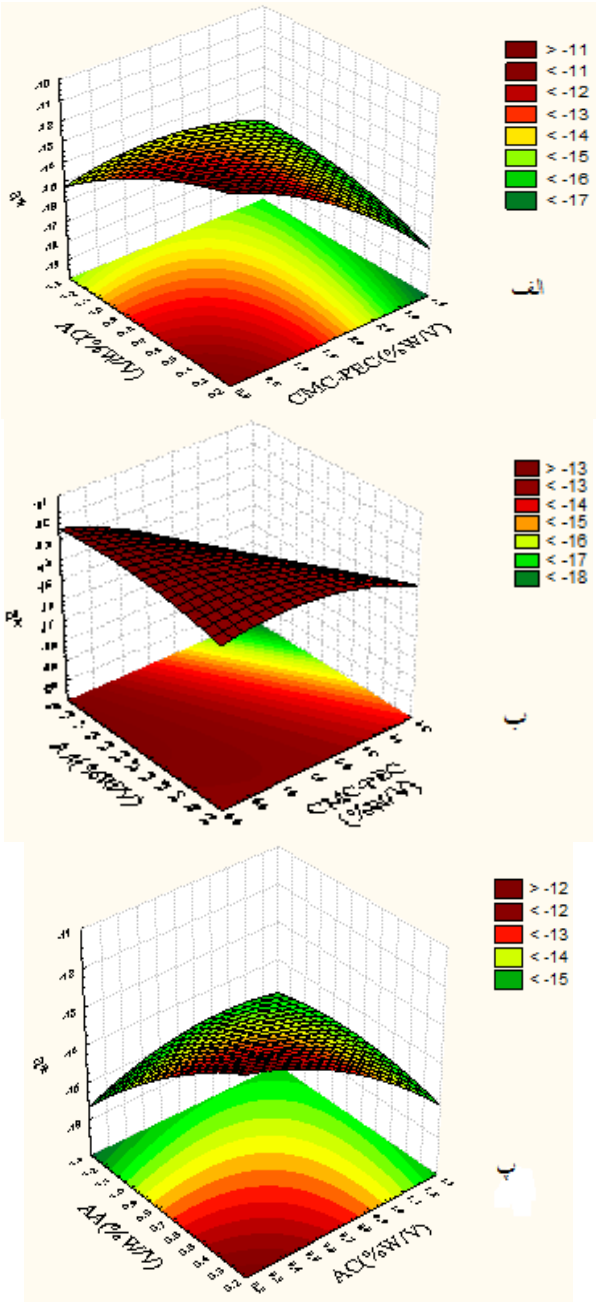
Source of change	Coded regression coefficient	No code regression coefficient	Degrees of freedom	F	P
X_1	-0.87	-0.543	1	33.99	**<0.0004
X_2	-0.29	-3.3757	1	3.84	0.08
X_3	-0.42	0.7378	1	7.92	*0.02
X_1^2	-0.2	-1.2604	1	1.66	0.2
X_1X_2	-0.3	3.3375	1	2.88	0.1
X1X3	-0.2	-2.5125	1	1.63	0.22
X_2^2	-0.1	-2.2085	1	0.77	0.4
X_2X_3	0.2	3.34	1	1.12	0.3
X_3^2	-0.1	-1.7843	1	0.5	0.49
Model	-		9	5.95	**0.009
Lack of fitness	-		5	1.8	0.3
R^2	-	0.87	-	-	-
R^2_{adj}	-	0.72	-	-	-

* Indicating meaningfulness at the 5% probability level and ** indicating meaningfulness at the 1% level.

مقادیر P معنی‌دار برای مدل ($p<۰/۰۰۹$) و غیر معنی دار برای فقدان برازش (۰/۳) تائیدی بر تطابق مدل با داده‌های آزمایشی دارد. همچنین مقدار عددی ضریب تبیین R^2 برای فاکتور a*، ۸۷/۰۱ بود. بنابر این می توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی توانسته رابطه بین متغیرهای مستقل (غلظت کربوکسی متیل سلولز- پکتین، غلظت اسید آسکوربیک و اسید سیتریک) و متغیر وابسته (فاکتور a*) را نشان داده و پیش بینی کند. مدل خلاصه شده به دست آمده برای پیش بینی تاثیر میزان کربوکسی متیل سلولز- پکتین، اسید آسکوربیک و اسید سیتریک بر میزان فاکتور a^* بعد از حذف عوامل غیر معنی‌دار به صورت زیر می‌باشد.

معادله بدون کد $Y_1 = -10.45 - 0.54X_1 - 3.7X_3$

معادله کد دار $Y_1 = -13.69 - 0.87X_1 - 0.42X_3$



شکل ۱- نمودار سطح پاسخ تاثیر سطوح مختلف غلظت کربوکسی متیل سلولز-پکتین و اسید سیتریک (الف)، کربوکسی متیل سلولز- پکتین و اسید آسکوربیک (ب)، اسید آسکوربیک و اسید سیتریک (پ)، روی فاکتور a^*

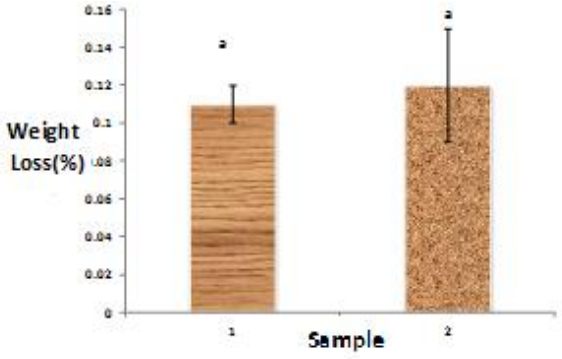
Figure 1- Response surface diagram of the effect of various levels of carboxymethylcellulose-pectin concentration and citric acid (A), carboxymethyl cellulose-pectin and ascorbic acid (B), ascorbic acid and citric acid (C), on factor * a

برای نمایش تغییرات میزان a^* با تغییرات متغیرهای مستقل، سه منحنی سطح پاسخ سه بعدی که در آن متغیر وابسته (a^*) در مقابل دو متغیر مستقل، در مقادیر مرکزی متغیر سوم، ترسیم شدند. شکل ۱- الف تاثیر سطوح مختلف بیوپلیمر(کربوکسی متیل سلولز- پکتین) و اسید سیتریک را، در نقطه مرکزی اسید آسکوربیک بر میزان فاکتور a^* نشان می‌دهد. شکل نمودار به صورت لبه پائین رونده است. همان طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، با افزایش مقادیر بیوپلیمر در هر غلظتی از متغیر دوم، کاهش فاکتور a* مشاهده می‌شود همچنین با افزایش اسید سیتریک در هر غلظتی از بیوپلیمر، شاهد کاهش فاکتور a* هستیم. در غلظت‌های بالای پلی ساکارید و اسید سیتریک، کمترین مقادیر فاکتور a* مشاهده می‌شود. در شکل۱- ب تاثیر سطوح مختلف بیوپلیمر و اسید آسکوربیک را در نقطه مرکزی اسید سیتریک بر روی میزان کاهش a^* را نشان می‌دهد. همان طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، با افزایش مقادیر کربوکسی متیل سلولز- پکتین و اسید آسکوربیک شاهد کاهش مقدار*a هستیم. همان طور که مشاهده می‌شود در غلظت‌های بالای کربوکسی متیل سلولز- پکتین و اسید آسکوربیک، کمترین مقادیر فاکتور a* مشاهده می‌شود. شکل ۱- پ تاثیر سطوح مختلف اسید سیتریک و اسید آسکوربیک را در نقطه مرکزی از غلظت بیوپلیمر بر روی میزان a^* را نشان می دهد. همان طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، با افزایش مقادیر اسید آسکوربیک در هر غلظتی از اسید سیتریک کاهش مقدار فاکتور a* مشاهده می‌شود این روند کاهش با افزایش غلظت اسید سیتریک در هر غلظتی از اسید آسکوربیک نیز مشاهده می‌شود، کمترین مقادیر فاکتور a* در غلظت‌های بالای اسید آسکوربیک و اسید سیتریک مشاهده می‌شود. در نهایت، ترکیب محلول بهینه بدست آمده از روش RSM، برای حصول حداقل مقدار فاکتور a^*، بصورت کربوکسی متیل سلولز - پکتین ۳/۱٤٪، اسید آسکوربیک ۱/۱۷٪، اسید

سیتریک۱/۱۷٪ (درصد وزنی- حجمی) به دست آمد. سیب‌های پوست‌گیری شده با فرمول بهینه بدست آمده پوشش‌دهی شدند و پس از ۹ روز نگهداری، تاثیر پوشش بهینه روی پارامترهای کیفی نمونه ها شامل افت وزن، بافت، رنگ، مواد جامد محلول، اسیدیته و خواص حسی با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت.

افت وزن

درصد افت وزن در سیب‌های پوشش داده شده با فرمول بهینه و سیب های شاهد بعد از ۹ روز نگهداری در دمای ٦-٥ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که درصد افت وزن سیب‌های پوشش دار، اختلاف معنی‌داری با نمونهٔ شاهد نداشت (شکل ۲). در پژوهشی، سیب‌های تازه پوست‌گیری شدهٔ گلدن دلیشز با کنسانترهٔ پروتئین آب پنیر، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز- موم کارنوبا پوشش داده شده و همراه نمونه-های شاهد بعد از ۷ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بررسیِ میزان افت وزن نمونه‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های پوشش داده شده و نمونه‌های شاهد وجود نداشت (روجاس گراو و همکاران ۲۰۰۷).



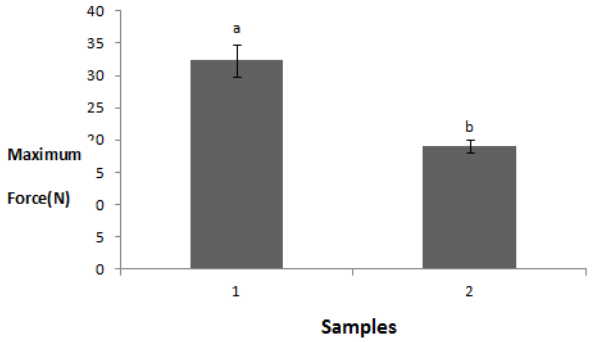
شکل ۲- میانگین افت وزن سیب پوست‌گیری شده بعد از ۹ روز در دمای $5^{\circ}C$ نمونه پوشش‌دار(۱)، نمونه شاهد(۲)

Figure 2- Average weight loss of apple peeled after 9 days at a temperature of 5 ˚C of the coated sample (1), the control sample (2)

Different words show a significant difference in the Duncan test (P <0.05).

بافت‌سنجی

بافت عامل مهمی است که روی کیفیت میوه و مشتری پسندی آن تاثیرگذار است. شکل ۳، سفتی بافت سیب-های پوست‌گیری شده پوشش‌دار و بدون پوشش را بعد از ۹ روز نگهداری نشان می‌دهد. نیروی به کار رفته برای نمونهٔ شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ با نمونه‌های پوشش‌داده شده دارد. دلیل اصلی کاهش سفتی بافت میوه، تخریب دیوارهٔ سلولی بدلیل هیدرولیز اسیدی و آنزیمی اسید پکتیک دیوارهٔ سلولی است. صدمات ناشی از تبخیر آب، عامل دیگر کاهش سفتی بافت می‌باشد (پونتینگ و همکاران ۱۹۷۱). پوشش‌دهی میوه ها، با کاهش سرعت واکنشهای بیوشیمیایی و در نتیجه کاهش هیدرولیز و همچنین کاهش تبخیر آب میوه می تواند از نرم شدگی جلوگیری نماید. در تحقیقی مشابه (لی و همکاران ۲۰۰۳)، گزارش کردند که تکه‌های سیب پوشش داده شده با کنستانترهٔ پروتئین آب پنیر حاوی اسید آسکوربیک و کلرید کلسیم، بعد از نگهداری به مدت ۲ هفته، در دمای ۳ درجه سانتیگراد از نظر سفتی بافت، تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های بدون پوشش نشان دادند. الیواس و همکاران (پونتینگ و همکاران ۱۹۷۱)، گزارش کردند که سیب‌های پوست-گیری شدهٔ پوشش داده شده با آلژینات بعد از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد سفتی بافت اولیه خود را حفظ کردند. پژوهشی دیگر نشان داد که پوشش‌دهی سیب تازهٔ پوست‌گیری شده با پورهٔ سیب و آلژینات محتوی وانیلین و پونه کوهی، سفتی بافت آن را در طی ۲۱ روز نگهداری در دمای پائین حفظ کرد [۱۰]. کلریدکلسیم موجود در ساختار پوشش می‌تواند با اسید پکتیک دیوارهٔ سلولی در شکل پکتات کلسیم واکنش دهد و از نرم شدن تکه‌های میوه جلوگیری کند (راهمی ۲۰۰۳).



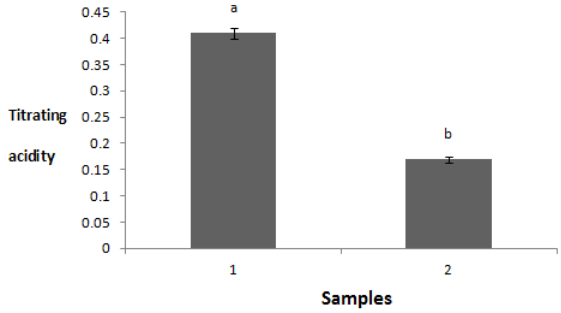
شکل ۳- میانگین بیشینه نیرو سیب پوست‌گیری شده بعد از ۹ روز در دمای ۵°C نمونه پوشش‌دار(۱)، نمونه شاهد(۲)

Figure 3- shows the average power of apple peeled after 9 days at 5 ° C of the coated sample (1), the control sample (2)

Different words show a significant difference in the Duncan test (P <0.05).

اسیدیته قابل تیتر

شکل ٤، میزان اسیدیته در نمونه‌های سیب تازه پوست-گیری شدهٔ پوشش‌دار و نمونه‌های شاهد را نشان می-دهد. میزان اسیدیته در نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به نمونه‌های بدون پوشش بیشتر است و اختلاف معنی-داری در سطح ۵٪ بین نمونه‌ها وجود دارد. اسیدهای آلی در اثر تنفس و با تبدیل به قندها کاهش می‌یابند. اسیدها را می‌توان به عنوان منبع اندوخته انرژی میوه به شمار آورد (راهمی ۲۰۰۳). نتایج این تحقیق با نتایج الیواس و همکاران ۲۰۰۷ مطابقت دارد.



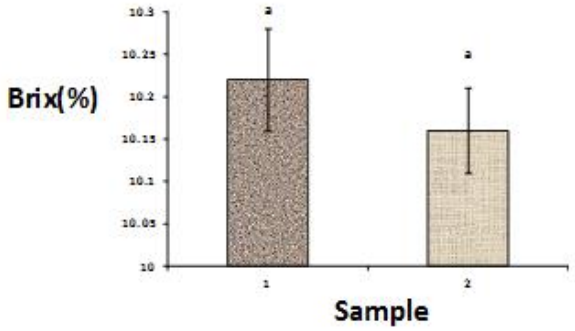
شکل ۴- میانگین اسیدیته قابل تیتر سیب پوست‌گیری شده بعد از ۹ روز در دمای ۵°C (۱) سیب پوشش‌دار، (۲) سیب شاهد

Figure 4- Average titratable acidity of apple peeled after 9 days at 5 ° C (1) coating apple, (2) control apple

Different words show a significant difference in the Duncan test (P <0.05).

محتوی مواد جامد محلول (TSS)

مقایسهٔ داده های مربوط به محتوای مواد جامد محلول در سیب های پوست‌گیری شدهٔ پوشش‌دار و بدون پوشش نشان داد که اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۵). الیواس و همکاران(۲۰۰۷)، با پوشش‌دهی سیب‌های تازه پوست‌گیری شدهٔ واریتهٔ گالا با آلژینات و اندازه‌گیری محتوی مواد جامد محلول نتایج مشابهی را بدست آوردند.



شکل ۵- میانگین مواد جامد محلول سیب پوست‌گیری شده بعد از ۹ روز در دمای ۵°C سیب پوشش‌دار(۱)، سیب شاهد(۲)

Figure 5- Average soluble solids peel apple after 9 days at a temperature of 5 ° C, covered apple (1), control apple (2)

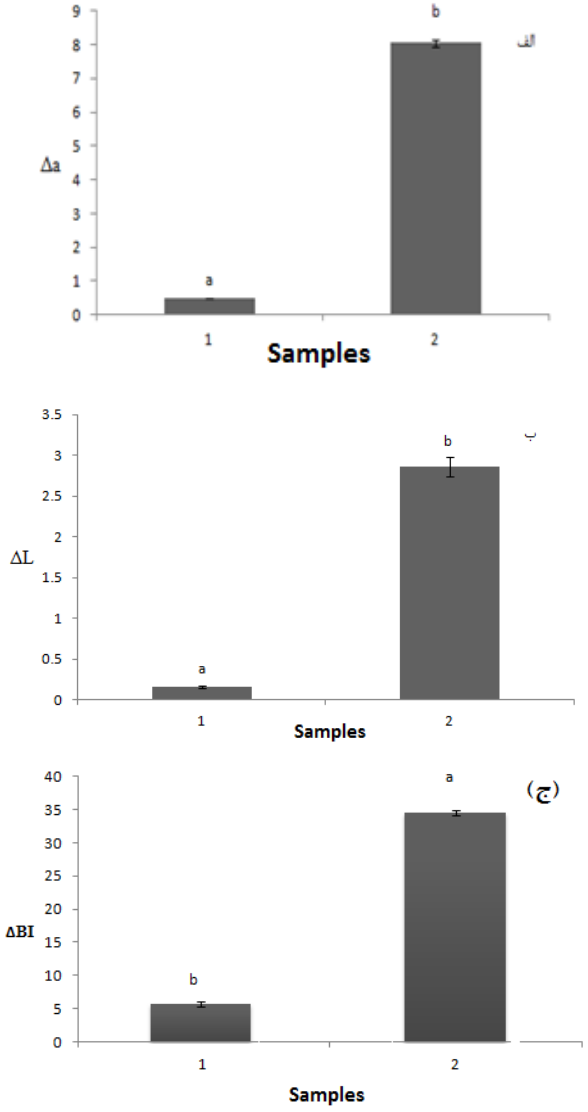
Different words show a significant difference in the Duncan test (P <0.05).

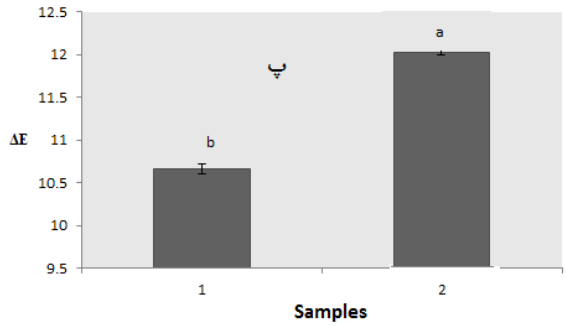
رنگ سنجی

پارامترهای رنگی هانتر مربوط به نمونه‌های سیب پوست‌گیری شدهٔ پوشش‌دار و نمونه‌های بدون پوشش در روز اول و نهم نگهداری تعیین شدند و مورد مقایسه قرار گرفتند(شکل ٦). نمونه‌های پوشش‌دار دارای پارامتر a* کمتر و پارامتر L (روشنایی و شفاف بودن) بالاتری در روز نهم نسبت به نمونهٔ بدون پوشش بودند و دچار میزان تغییرات ($\Delta a^*, \Delta L$) کمتری نسبت به روز اول شده بودند (شکل ٦-الف و ب).

برای توصیف بهترتغییرات رنگی می‌توان از پارامترهای دیگری استفاده نمود. یکی ازمهمترین این پارامترها ΔE است. ΔE درواقع، درجهٔ اختلاف رنگ کلی نمونه‌های روز نهم با روز اول را نشان می‌دهد. همانطور که در

شکل ٦-ب مشاهده می شود مقادیرΔE برای نمونه پوشش دار کمتر است یعنی مقادیر پارامترهای رنگی (a ,b و L)، در نمونهٔ پوشش دار نسبت به روز اول تغییرات کمتری یافته است. پارامتر دیگری که مورد ارزیابی قرار گرفت، تغییرات شاخص قهوه‌ای شدن (BI) بود. BI به عنوان شاخص شدت رنگ قهوه‌ای و میزان تغییرات رنگ، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به شکل ٦-پ تغییرات این پارامتر طی ۹ روز در نمونه پوشش دار کمتر بود.



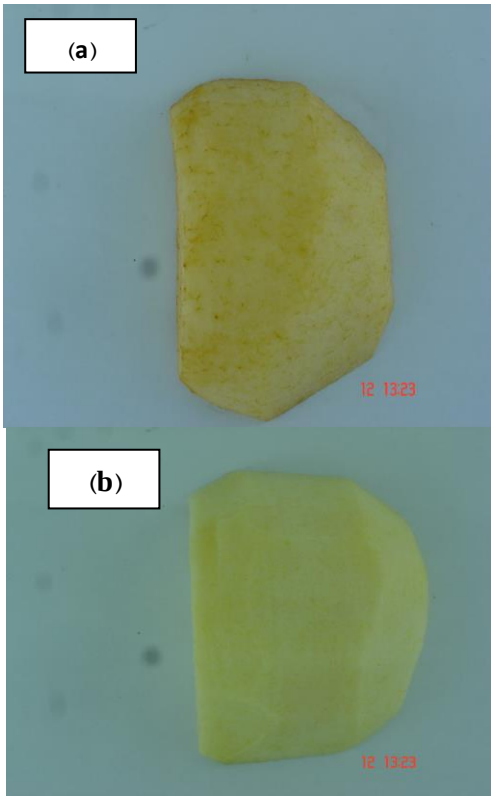


شکل ۶ الف، ب، پ و ج- میانگین ΔBI , ΔE,ΔL ,Δa سیب پوست‌گیری شده بین روز اول و نهم در دمای ۵°C سیب پوشش‌دار(۱)، سیب شاهد(۲)

Figure 6- a, b, c, and d. The mean aΔ, ΔBI, ΔE, ΔL, apple peel between the first and the ninth day at a temperature of 5°C (1), apple (2)

Different words show a significant difference in the Duncan test (P <0.05).

شکل ۷ نیز تصویری روشن از اثر مطلوب پوشش فعال در جلوگیری از تغییر رنگ و قهوه ای شدن در این تحقیق را نشان می‌دهد. قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از عوامل موثر در تغییر رنگ در میوه‌ها طی نگهداری می-باشد، پوشش‌های خوراکی می‌توانند با کاهش تماس اکسیژن با بافت میوه‌ها، پیشرفت این واکنش را به تاخیر اندازند، همچنین، حضور مواد ضد قهوه‌ای شدن مانند اسید آسکوربیک و اسید سیتریک در پوشش‌های فعال، اثر بازدارندگی را تشدید می کنند که به کاهش pH و در نتیجه کاهش فعالیت آنزیم فنولاز و شلاته کردن کوفاکتور مس نسبت می توان داد. در تحقیقی مشابه (لی و همکاران ۲۰۰۳)، با بکارگیری پوشش کاراگینان و پروتئین آب پنیر حاوی اسید اسکوربیک از تغییر رنگ سیب‌ها پوست‌گیری شده در طول زمان نگهداری، جلوگیری کردند. در پژوهشی دیگر (الیواس و همکاران ۲۰۰۷)، با پوشش دهیِ سیب‌های پوست-گیری شده با پوشش آلژینات-کلرید کلسیم-استالدئید مونو گلیسیرید، بعد از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۵ درجه سانتیگراد به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۷- سیب پوست‌گیری شده بعد از ۹ روز نگهداری در دمای ۵°C: بدون پوشش (الف)، پوشش دار (ب)

Figure 7 - peeled apples after 9 days of storage at 5 ° C: no cover (a), covered (b).

جدول ۳- نتایج آنالیز ارزیابی حسی سیب های پوست-گیری شده

Table 3- Sensory evaluation analysis of peeled apples

Sampels	Texture	taste	Order	colour
Fresh coated apple	3.6±0.5a	3.7±0.55a	3.65±0.77a	4.15±0.51a
Peeled apple		1.65±0.4b	2.2±0.22b	1.55±0.44b
No coated apple	2.22±0.72b			

Different letters represent a significant difference in the Duncan test ($P < 0.05$), the values of ± each number shows the standard deviation obtained from three repetitions.

نتایج ارزیابی حسی

پذیرش رنگ

نتایج ارزیابی هدونیک سیب‌های پوست‌گیری شده نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ بین مقبولیت رنگ نهایی نمونه‌های پوشش‌دار و نمونه‌های بدون پوشش وجود داشت (جدول ۳).

پذیرش بافت

ارزیابهای حسی بصورت معنی داری، امتیاز بالاتری را به بافت نمونه های پوشش دار دادند و آنرا تردتر تشخیص دادند.

پذیرش طعم

بعد از ۹ روز نگهداری، بصورت معنی داری، طعم نمونه‌های پوشش دار، امتیاز بالاتری را به خود اختصاص داد.

پذیرش آروما

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه آرومای نهایی سیب تازه پوست‌گیری شده تحت تاثیر پوشش‌دهی قرار گرفت و از افت آروما جلوگیری شد.

نتیجه‌گیری

استفاده از پوشش فعال بهینه، برپایهٔ کربوکسی متیل سلولز-پکتین حاوی اسیدهای خوراکی ضد قهوه‌ای شدن(اسید اسکوربیک و اسید سیتریک)، موجب جلوگیری از تغییر رنگ قابل ملاحظه، کاهش نرم شدگی و حفظ خواص ارگانولپتیکی سیب های رد دلشیز پوست گیری شده، در طی ۹ روز نگهداری در دمای ۵°C گردید. ولی پوشش بکار رفته بر افت وزن و مواد جامد محلول تاثیر چندانی نداشت. با توجه به اینکه مواد مورد استفاده در تهیهٔ این پوشش، دارای قیمت مناسب، کارایی بالا و با درجهٔ غذایی هستند می‌توان با تحقیقات بیشتر روی پوشش به دست آمده، آنرا برای پوشش دهی میوه‌های پوست گیری شده مورد استفاده در صنایع کمپوت‌سازی و حتی در مصرف تازه خوری، توصیه نمود.

منابع مورد استفاده

Anal AK, Tobiassen A, Flanagan J and Singh H, 2008. Preparation and characterization of nanoparticles formed by chitosan–caseinate interactions. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 64: 104–110.

Bai J, Hagenmaier R, Baldwin E, 2003. Formulation of zein coatings for apples. Postharvest Biology and Technology 28: 381-390.

Bai J, Alleyne V, 2003. Coating selection for 'Delicious' and other apples, Postharvest Biology and Technology 28: 259-268.

Ghanbarzadeh B. 2009, Biodegradable and edible Biopolymers in food and pharmaceutical packaging, Amir Kabir Publications.

Haiping Q, Hu W, Jiang A, Li Y, 2011. Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings, Innovative Food Science and Emerging Technologies 12: 62–66.

Lee J Y, Park H J, Lee C Y, Choi W Y, 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents, LWT- Food Science and Technology 36: 323–329.

Magire K M, Banks N H, Alxander L, Gardon I L, 2000. Harvest date, cultivar, orchard, and tree effects on water vapor permeance in apples, Journal of American Society of Horticulture Science 125: 100-104.

Maftoonazad N, Ramaswamy H S, 2005. Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl Cellulosebased coating, LWT-Food Science and Technology 38: 617–624.

Olivas G I, Mattinson D S, Barbosa G V, 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. Postharvest Biology and Technology 45: 89–96.

Parvaneh V,1992. Chemical analysis and quality control, Tehran University, Tehran university Publications.

Perez-Gago M B, Serra M, Del Rio M A, 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings, Postharvest Biology and Technology 39: 84–92.

Ponting J D, Jackson R, Watters G, 1971. Refrigerated apple slices: Effects of pH, sulphites and calcium on texture, Journal of Food Science 36: 349–350.

Rahemi M, 2003. Postharvest Physiology, An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamental plants, Shiraz university, Publication Center.

Raybaudi-Massilia R M, Rojas-Grau M A, Mosqueda-Melgar J, Martın-Belloso O, 2008. Comparative study on essential oils incorporated into an alginate-based edible coating to assure the safety and quality of fresh-cut Fuji apples, Journal of Food Protection 71: 1150–1161.

Rojas-Grau M A, Soliva-Fortuny R, Martin-Belloso O, 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits, Food Science and Technology 20: 438-447.

Rojas-Grau M A, Raybaudi-Massilia R M, Soliva-Fortuny R C, 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples, Postharvest Biology and Technology 45: 254–264.

Effects of pectin-carboxymethyl cellulose-based coatings containing antibrowning agents on some physico-chemical properties of fresh-cut Red Delicious apples

M Hosseini[*1], A Taghizadeh[2] and B Ghanbarzadeh[3]

Received: October 28, 2017 Accepted: December 26, 2017

[1]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
[2]MSc Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran
[3]Professo, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran
[*]Corresponding author: Email: m.hosseini@ilam.ac.ir

Introduction: Coating of fresh-cut fruits by biopolymer coatings containing bioactive materials are one of the methods and effective ways to prevent undesirable quality changes during storage. Enzymatic browning is an important factor in reducing the shelf-life of freshly squeezed apples, which is due to the release of the enzyme and its contact with the substrate (phenolic matter) through the cutting. Formulation and production of active carboxymethylcellulose-pectin-based active coatings containing citric acid and ascorbic acid and their effectiveness in improving the qualitative characteristics of apple peelings, which have been peeled during storage. In the present study, natural substances found in fruits were used for coatings formulations and a mixture of pectin-carboxy methyl cellulose polysaccharides as based biopolymers and ascorbic acid and citric acid were used as materials inhibited enzymatic browning. Measured tests include determination of weight loss Samples were weighed after 9 days of storage in cold storage. Also, tissue texture determination and determination of tissue firmness using a manual pentometer, soluble solids content (Bx) with refractometer, titreable acidity in malic acid in 100 ml of juice, colorimetry of samples using a device The colorimetric method was evaluated based on Hunterlab's parameters and Photoshop software and Sensory Hedonic test (consumerism) by 10 randomized (from female students 22 to 25 years old) and 5-point method.

Material and methods: At first, optimization of active-blend edible coating formulation was investigated by response surface methodology (RSM) based on the minimum a * (red - green) in fresh-cut apples and for this purpose, central composite design with three variables (concentration of carboxymethyl cellulose-pectin, ascorbic acid and citric acid) three replicate and 18 treatments were used.

Results and discussion: In this way, the coating solution of containing 3.14% carboxymethyl cellulose-pectin, 1.17% ascorbic acid and 1.17% citric acid (%w/v) was determined as best coating solution. Then effects of optimized coating on quality of fresh-cut apples were studied.

Conclusion: Although there is no significant difference among coated and uncoated apples after 9 days ($P<0.05$) but the results of firmness test showed that coated fresh- cut apples maintain initial texture better than control. The acidity values were higher in coated apples compared to un coated apples (0.41 and 0.17, respectively). Coating caused to decrease in overall color change of fresh-cut apples after 9 days. The use of coating resulted to better flavor, texture, color, aroma and appearance acceptability in comparison to the control sample and there is a significant difference at the 5% level between the samples. Comparison of the data on the content of soluble solids in coated and uncoated peelable apples showed that the difference was not significant at 5% level. Hunter's colorimetric parameters were compared to the coated peelable apples and uncoated samples at day 1 and ninth of storage. ΔE in fact, the degree of color difference shows the samples of the ninth day

with the first day. The values of ΔE for the coated sample are lower, the values of the color parameters (a, b and L) are less pronounced in the coated sample than in the first day. Edible coatings can delay the progress of this reaction by reducing the contact of oxygen with fruit tissue, as well as the presence of anti-browning agents such as ascorbic acid and citric acid in active coatings, exacerbating the inhibitory effect. Which can reduce the pH and hence decrease the activity of the enzyme in the phenolase and make the copper cofactor chelate. The results of the Hedonic evaluation of peeled apples showed that there was a significant difference in the level of 5% between the final color absorbance of coated samples and uncoated samples. Sensory evaluators significantly increased the scoring of the samples and more accurately recognized it. The results of analysis of variance showed that the final aromas of freshly squeezed apples were affected by the coating and prevented the decrease in aroma. After 9 days of storage, the taste of the coated samples was score higher.

Keywords: Fresh cut apple, active edible film, Pectin-CMC