مهندسی بیوسیستم ایران، دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۳۰۴-۲۹۵)

بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های فعال پلی‌ساکاریدی برای افزایش ماندگاری سیب کامل رددلیشز از طریق روش سطح پاسخ

آیدا تقی‌زاده[۱]، بابک قنبرزاده *[۲]، محمود صوتی[۳]، شیوا قیاسی‌فر[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز

۲. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز

۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز

۴. مربی گروه علوم و صنایع غذایی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۳/۵)

چکیده

در این تحقیق بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش برای سیب رددلشیز از طریق روش سطح پاسخ با طرح مرکب مرکزی با چهار متغیر (کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک، سوربات پتاسیم، و هیدروکسی‌آنیزول بوتیله) مطالعه شد. بر پایهٔ کمترین مقدار افت وزن بهترین پوشش تعیین و سپس تأثیر پوشش بهینه روی ویژگی‌های کیفی سیب ارزیابی شد. نتایج نشان داد که نمونه‌های کنترل، ۵درصد وزن اولیه و نمونه‌های پوشش‌داده‌شده توسط پوشش بهینه، ۱/۲۳درصد وزن اولیه خود را از دست دادند. نتایج آزمون نفوذ و اسیدیته نشان داد که سیب‌های پوشش‌دار سفتی و اسیدیتهٔ بالاتری در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بعد از ۴۰ روز نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۶-۵ داشتند، ولی از نظر مواد جامد محلول، تفاوت معنی‌داری بین دو نمونه وجود نداشت. همچنین پوشش‌دهی به کاهش تعداد کپک و مخمر در سیب‌های پوشش‌دار (۱/۶log cfu/ml) به نسبت نمونه‌های بدون پوشش (۲/۷log cfu/ml) منجر شد. بنابراین پوشش فرموله‌شده می‌تواند برای افزایش مؤثر ماندگاری سیب رددلشیز استفاده شود.

کلیدواژگان: پکتین، پوشش فعال، روش سطح پاسخ، سیب، کربوکسی متیل‌سلولز.

مقدمه

سیب میوه‌ای است خوش عطر و طعم که حاوی مقادیر زیادی عناصری چون پتاسیم، سدیم، کلسیم، برم، فسفر، و دارای مقادیر شایان توجهی ویتامین‌های آ و ب است. سیب از میوه‌هایی است که نگه‌داری آن در سردخانه بسیار متداول است و از مهمترین عوارض معمول در دورهٔ نگه‌داری آن در سردخانه می‌توان به ازدست‌دادن آب و پژمردگی، پوسیدگی قارچی (قارچ‌ها از محل لکه یا ضربه به میوه وارد می‌شوند)، کاهش وزن و سفتی بافت، تغییرات در مزه و بو و قهوه‌ای‌شدن اشاره کرد (Imandel, 1995). پوشش‌دهی مواد غذایی با استفاده از پوشش‌دهنده‌های گوناگون می‌تواند موجب ایجاد لایهٔ مقاومی شود که همچون سدی در برابر تبادل گازها، رطوبت، و میکروارگانیسم‌ها عمل کند و ماندگاری مادهٔ غذایی را در فاصلهٔ تولید تا رسیدن به دست مصرف‌کننده حفظ کند (Joerger, 2007). بسته‌بندی‌های فعال (ازقبیل فیلم‌ها و پوشش‌های فعال)، علاوه بر داشتن خواص بازدارندگی در برابر گازها، بخار آب و تنش‌های مکانیکی، به‌علت داشتن مواد فعال (مانند مواد ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی و مانند اینها)، موجب افزایش بیشتر کیفیت، ماندگاری و ایمنی مواد غذایی، و فرآورده‌های کشاورزی می‌شوند. در این نوع بسته‌بندی‌ها، انتشار مواد زیست‌فعال از ماتریکس پلیمری به سطح مادهٔ غذایی، به‌صورت آهسته و در زمان طولانی انجام می‌شود. درنتیجه برای مدت طولانی، غلظت بالایی از مادهٔ زیست‌فعال در سطح فراورده وجود خواهد داشت (Ghanbarzadeh & Almasi, 2009). پوشش‌های حامل مواد افزودنی مناسب می‌توانند بالقوه موجب کاهش تغییرات نامطلوب و افزایش زمان ماندگاری سیب، طی نگهداری در سردخانه شوند. پوشش‌های خوراکی می‌توانند از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، و لیپیدها تولید شوند. کربوکسی‌متیل‌سلولز از مشتقات سلولز است که محلول در آب است و پس از حل‌شدن حالتی کاملاً شفاف پیدا می‌کند. این ماده ارزان‌قیمت بوده و در برابر گرما، هیدرولیز، و اکسایش پایدار است (Ghanbarzadeh & Almasi, 2009). پکتین نیز ترکیب عمدهٔ پلی‌ساکاریدهای دیوارهٔ سلولی اکثر گیاهان به‌ویژه سبزی‌ها و میوه‌هاست و بسته به منبع استخراج آن ساختار متفاوتی دارد. پکتین‌ها عموماً در

* نویسنده مسئول: Ghanbarzadeh@tabrizu.ac.ir

آب محلول هستند و می‌توانند به‌عنوان پوشش خوراکی استفاده شوند (Fatemi, 2001). آنتی‌اکسیدان‌ها مانند اسیداسکوربیک و هیدروکسی‌آنیزول‌بوتیله(BHA) و شلاته‌کننده‌های فلزی مانند اسیدسیتریک به‌طور گسترده‌ای برای جلوگیری از قهوه‌ای‌شدن آنزیمی استفاده می‌شوند و در صورت استفاده در پوشش، بالقوه می‌توانند از واکنش‌های قهوه‌ای‌شدن جلوگیری کنند (Rojas-Grau *et al*., 2009) همچنین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با گرفتن اکسیژن موجب جلوگیری از رشد میکروب‌ها و به‌ویژه کپک‌ها می‌شوند (Ghanbarzadeh & Almasi, 2009). سوربات پتاسیم مادهٔ ضد میکروبی رایجی است که به‌صورت گسترده در صنایع غذایی استفاده می‌شود و از طرف FDA به‌عنوان مادهٔ GRAS شناخته شده است. این ماده در غلظت ۰/۰۵-۰/۳درصد در غذاهای متنوعی استفاده می‌شود و علیه مخمرها، کپک‌ها، و باکتری‌ها مؤثر است (Sayanjali *et al* 2011.,).

پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینهٔ کاربرد پوشش‌های فعال برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها، در سال‌های اخیر انجام گرفته است. Bai & Alleyne, 2003; Bai *et al*., 2003; Hasany *et al*., 2010; Olivas *et al*.,) (2007; Raybaudi *et al*., 2008; Rojas-Grau *et al*., 2009; Rojas-Grau *et al*., 2007. ولی اکثراً پوشش‌های به‌کاررفته از نظر اقتصادی گران‌قیمت بوده و همچنین با توجه به نوع مواد فعال در فرمولاسیون آنها، صرفاً جلوگیری از انجام برخی از عوامل ایجاد فساد مد نظر بوده است. هدف از این تحقیق، تولید پوشش‌های فعال بر پایهٔ مواد رایج در صنعت غذا شامل بیوپلیمرهای کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین، مواد فعال ضد میکروبی (سوربات پتاسیم)، شلاته‌کننده (اسیدسیتریک)، مواد آنتی‌اکسیدانی، و بازدارندهٔ قهوه‌ای‌شدن (اسیداسکوربیک و BHA) برای افزایش ماندگاری سردخانه‌ای سیب رددلشیز بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد

کربوکسی‌متیل‌سلولز (شرکت Food Che چین، با درجهٔ خلوص ۹۸، ویسکوزیته (mpa) ۲۲۸۰)، اسیداسکوربیک (شرکت Northest phar maceutical کشور چین)، پکتین کم‌استر (درجهٔ استریفیکاسیون ۳۱/۵درصد، Degussa, Pullach آلمان)، کلریدکلسیم (شرکت مرک آلمان)، گلیسرول (Ableaceمالزی)، اسیدسیتریک مونوهیدراته ($C_6H_8O_7.H_2O$)، (شرکت Kaselcit چین)، سوربات پتاسیم (شرکت Merck آلمان با درجهٔ غذایی ۹۰درصد)، و هیدروکسی‌آنیزول‌بوتیله (BHA) (شرکت سیگما) تهیه شدند. سود ۰/۱ نرمال (شرکت Merck آلمان)، دی‌کلران‌رُزبنگال‌کلرامفنیکال (DRBC) (شرکت Merck)، فنل‌فتالئین، میوهٔ سیب (رقم رددلیشز، از باغی در شهر مرند) خریداری شدند.

روش‌ها

آماده‌کردن محلول پوشش‌دهنده

در این پژوهش، به‌منظور تعیین غلظت بهینهٔ پکتین ـ کربوکسی متیل سلولز، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک، سوربات پتاسیم، و BHAدر فرمولاسیون پوشش از روش سطح پاسخ (RSM) استفاده شد. غلظت‌های گوناگون پکتین- کربوکسی متیل سلولز (با نسبت مساوی)، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک (با نسبت مساوی)، سوربات پتاسیم، و BHA (جدول ۱) در ۸۰ درجهٔ سانتیگراد با یکدیگر مخلوط و مقدار ۱۰۰ گرم آب (وزنی-وزنی) به آن‌ها اضافه شد. درضمن برای هر گرم پلی‌مر ۰/۲ گرم گلیسرول (به‌عنوان نرم‌کننده) و نصف مقدار مصرفی پکتین کلریدکلسیم (پکتین کم‌استر برای تشکیل ژل نیاز به کلرید کلسیم دارد) استفاده شد.

آماده‌سازی و پوشش‌دهی سیب‌ها

قبل از عملیات پوشش‌دهی، آماده‌سازی نمونه‌ها صورت گرفت. ابتدا سیب‌هایی که در یک گسترهٔ وزنی و از نظر شکل، رنگ، و اندازه یکسان بودند، انتخاب شدند. سیب‌های انتخاب‌شده با آب‌مقطر شسته و خشک شدند. نمونه‌های آماده‌شده پس از توزین توسط روش غوطه‌وری پوشش‌دهی شدند، یعنی در بشر حاوی محلول پوشش‌ساز قرار گرفتند و بعد از دو دقیقه خارج شدند و بعد از پنج دقیقه چکیدن محلول پوشش‌ساز در دمای محیط قرار داده شدند تا پوشش خشک شود و بعد از ۲۴ ساعت قرارگیری در دمای محیط به سردخانه منتقل شدند.

آزمون‌ها

تعیین درصد کاهش وزن

همهٔ نمونه‌های پوشش‌داده‌شده بعد از خشک‌شدن پوشش سطح آن‌ها، بلافاصله توزین شدند. پس از اتمام ۴۰ روز نگهداری در سردخانه ۶-۵°C توزین سیب‌های آزمایش‌شده انجام شد و براساس رابطهٔ ۱، میزان کاهش وزن نمونه‌ها برحسب درصد تعیین شد (Parvaneh, 1992):

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

WL: درصد افت وزن، W_1: وزن اولیهٔ سیب بلافاصله بعد از پوشش‌دهی، W_2: وزن سیب بعد از مدت زمان نگه‌داری.

آزمون کپک و مخمر

۱۰ گرم از سیب که به‌صورت تصادفی به‌وسیلهٔ پنس استریل از قسمت‌های گوناگون آن بریده شده است در ۹۰ سی‌سی آب پپتونهٔ استریل قرار داده شد. از محلول به‌دست‌آمده سری رقت ۶تایی تهیه و در محیط دی‌کلران‌رُزبنگال‌کلرامفنیکال (DRBC) به‌صورت سطحی (هوازی) کشت و به‌مدت ۵ روز در دمای ۲۵°c انکوبه شد.

جدول۱. طرح آزمایش مرکب مرکزی استفاده‌شده به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین(CMC-PEC)، اسیدسیتریک-اسیدآسکوربیک(AA-AC)، سوربات پتاسیم(PS)، و BHA بر درصد کاهش وزن

	متغیرهای کددار				متغیرهای بدون کد*			
تیمار	X_1	X_2	X_3	X_4	CMC,PEC	AA,AC	PS	BHA
۱	-۱	-۱	-۱	-۱	۱	۱/٤	۰/۸۲	۰/۰۷٦
۲	-۱	-۱	-۱	۱	۱	۱/٤	۰/۸۲	۰/۱۳۲
۳	-۱	-۱	۱	-۱	۱	۱/٤	۲/۲٦	۰/۰۷٦
٤	-۱	-۱	۱	۱	۱	۱/٤	۲/۲٦	۰/۱۳۲
٥	-۱	۱	-۱	-۱	۱	۳	۰/۸۲	۰/۰۷٦
٦	-۱	۱	-۱	۱	۱	۳	۰/۸۲	۰/۱۳۲
۷	-۱	۱	۱	-۱	۱	۳	۲/۲٦	۰/۰۷٦
۸	-۱	۱	۱	۱	۱	۳	۲/۲٦	۰/۱۳۲
۹	۱	-۱	-۱	-۱	۳	۱/٤	۰/۸۲	۰/۰۷٦
۱۰	۱	-۱	-۱	۱	۳	۱/٤	۰/۸۲	۰/۱۳۲
۱۱	۱	-۱	۱	-۱	۳	۱/٤	۲/۲٦	۰/۰۷٦
۱۲	۱	-۱	۱	۱	۳	۱/٤	۲/۲٦	۰/۱۳۲
۱۳	۱	۱	-۱	-۱	۳	۳	۰/۸۲	۰/۱۳۲
۱٤	۱	۱	-۱	۱	۳	۳	۰/۸۲	۰/۱۳۲
۱٥	۱	۱	۱	-۱	۳	۳	۲/۲٦	۰/۰۷٦
۱٦	۱	۱	۱	۱	۳	۳	۲/۲٦	۰/۱۳۲
۱۷	-۲	۰	۰	۰	۰	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۱۸	۲	۰	۰	۰	٤	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۱۹	۰	-۲	۰	۰	۲	۰/٦	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۲۰	۰	۲	۰	۰	۲	۱/۸	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۲۱	۰	۰	-۲	۰	۲	۲/۲	۰/۱	۰/۱۰٤
۲۲	۰	۰	۲	۰	۲	۲/۲	۲/۹۸	۰/۱۰٤
۲۳	۰	۰	۰	-۲	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۰٤۸
۲٤	۰	۰	۰	۲	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱٦
۲٥	۰	۰	۰	۰	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۲٦	۰	۰	۰	۰	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۲۷	۰	۰	۰	۰	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤
۲۸	۰	۰	۰	۰	۲	۲/۲	۱/٥٤	۰/۱۰٤

* متغیرهای بدون کد برحسب درصد هستند

بافت‌سنجی

سفتی بافت سیب‌ها از طریق آزمون نفوذسنجی (پنترومتری) مدل Effegi-FT327 ساخت شرکت Effegi ایتالیا تعیین شد. نیروی لازم برای فروکردن پروب در گوشت میوهٔ علامت‌گذاری‌شده تعیین شد. اندازه‌گیری سختی بافت به‌وسیلهٔ پنترومتر دستی با استفاده از پروب مخصوص سیب (میله‌ای استوانه‌ای به قطر ۸ میلی‌متر) انجام شد. پروب تا خط نشان به‌داخل بافت سیب فرو برده شد و مقادیر داده‌های نیرو خوانده و ثبت شد (Maftoonazad & Ramaswamy, 2005).

محتوای مواد جامد محلول (TSS)

بیشترین درصد مواد جامد محلول در آب‌میوه مربوط به غلظت قند محلول است، بنابراین با تعیین درصد مواد جامد محلول، درصد قند و شیرینی میوه اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری با دستگاه رفراکتومتر رومیزی مدل ۲۱۰۵۱ ساخت شرکت Labscoآلمان انجام گرفت. غلظت محلول برحسب درصد مواد جامد محلول کل (برحسب بریکس) در آب سیب در دمای ۲۰ درجهٔ سانتیگراد به‌دست آمد.

اسیدیتهٔ قابل تیتر

به‌وسیلهٔ تیترکردن آب‌میوه با سود ۰/۱ نرمال برحسب اسیدمالیک در pH=۸/۱ محاسبه شد.

آزمون حسی هدونیک (مصرف‌کننده‌گرا)

ارزیابی حسی هدونیک نمونه‌ها به روش ۵طبقه‌ای انجام شد. ارزیاب‌ها باید نمونه‌ها را از نظر بافت (سفتی و تردی)، طعم، بو، و رنگ ارزیابی و امتیازبندی می‌کردند. در این آزمون امتیاز ۵

برای ویژگی بسیار خوشایند و امتیاز ۱ برای ویژگی بسیار ناخوشایند در نظر گرفته شد. ارزیابی حسی محصول نهایی برای نمونه‌های شاهد و سیب‌های پوشش‌دار با فرمول بهینهٔ RSM صورت گرفت. اعداد به‌دست‌آمده توسط آنالیز واریانس و آزمون میانگین‌ها (دانکن) با نرم‌افزار SPSS 16,0 تجزیه و تحلیل شد و معنی‌داربودن یا نبودن اختلاف بین تیمارها شد.

تحلیل آماری

برای بهینه‌سازی فرمولاسیون پوشش‌های خوراکی میوهٔ سیب از طرح آماری روش سطح پاسخ (RSM CC0318) استفاده شد. روش سطح پاسخ (RSM) به‌منظور حصول فرمولاسیون بهینهٔ پوشش و بررسی اثر خطی و متقابل فاکتورهای مستقل یعنی غلظتِ پکتین ـ کربوکسی متیل سلولز، اسید اسکوربیک ـ اسید سیتریک، سوربات پتاسیم، و BHA بر درصد افت وزن سیب‌های پوشش‌داده‌شده انتخاب شد. روش سطح پاسخ نشان‌دهندهٔ نحوهٔ تأثیر متغیرهای مستقل (در دامنهٔ مطالعه‌شده) بر نتایج متغیرهای وابستهٔ مطالعه‌شده است. افزون بر آن آثار متقابل متغیرهای مذکور را نیز دربر می‌گیرد. در این طرح ابتدا دامنهٔ تغییرات فاکتورها در پنج سطح محاسبه شد. سپس براساس شمار متغیرها و سطوح آن‌ها جداول طرح آماری (۲۸ آزمایش با ۴ تکرار در نقطهٔ مرکزی) انتخاب شد. طرح مرکب مرکزی با چهار متغیر در پنج سطح (۲- ،۱- ،۰، ۱+ ،۲+) شامل نسبت مساویِ درصد کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین (X_1 W/W%) (۰، ۱، ۲، ۳، ۴)، شامل نسبت مساویِ درصد اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک (X_2 W/W%) (۰/۶، ۱/۴، ۲/۲، ۳، ۳/۸)، درصد سوربات پتاسیم (X_3 ,W/W%) (۰/۱، ۰/۸۲، ۱/۵۴، ۲/۲۶، ۲/۹۸) و BHA (X_4 ,W/W%) (۰/۴۸، ۰/۷۶، ۰/۱۰۴، ۰/۱۳۲، ۰/۱۶) در مرحلهٔ پوشش‌دهی با سه تکرار استفاده شد. نرم‌افزارهای SAS 9.1 (انگلستان) و Statistica 9 (آمریکا) برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارهای سطح پاسخ استفاده شدند.

نتایج و بحث

هدف از انجام آزمایش‌های بهینه‌سازی، دست‌یابی به بهترین تأثیر ترکیبی از غلظت‌های پکتین ـ کربوکسی متیل سلولز، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک، سوربات‌پتاسیم، و BHA (متغیرهای مستقل آزمایش در مرحلهٔ پوشش‌دهی) و نیز به‌دست‌آوردن یک مدل ریاضی برای پیش‌بینی تأثیر این ترکیبات روی میزان افت وزن (متغیرهای وابسته آزمایش) بود.

نتایج بهینه‌سازی فرمولاسیون محلول پوشش‌دهی

با توجه به نتایج، کمترین میزان افت وزن (مقدار ۰/۳درصد) در آزمایش شمارهٔ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۵، و ۱۸ و بیشترین میزان افت وزن (مقدار ۰/۸۸درصد) در نمونهٔ شمارهٔ ۱۷ مشاهده شد (جدول ۲). نتایج تجزیه و تحلیل واریانس، میزان افت وزن در مرحلهٔ بهینه‌سازی محلول پوشش‌دهنده در جدول ۳ ارائه شده است.

مقادیر معنی‌دار P برای مدل (P<۰/۰۰۳۳) و غیرمعنی‌دار برای فقدان برازش، تأییدی بر تطابق مدل با داده‌های آزمایشی است. همچنین مقدار عددی ضریب تبیین (R^2) و ضریب تبیین تنظیم‌شده (R^2_{ajust}) برای میزان کاهش وزن به ترتیب ۸۴/۲۲ و ۷۷/۲۰درصد بود، که نشان‌دهندهٔ کارایی متوسط مدل برای پیش‌بینی اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته است (Myers & Montgomery, 2009). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل رگرسیونی به‌طور نسبی توانسته رابطهٔ بین متغیرهای مستقل (کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک، سوربات پتاسیم، BHA) و متغیر وابسته (کاهش وزن) را پیش‌بینی کند. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود غلظت هیدروکلوئیدها (X_1) و غلظت اسیداسکوربیک-سیتریک (X_2)، به‌صورت خطی بر افت وزن مؤثرند ولی تأثیرات سوربات و BHA بر افت وزن معنی‌دار نیستند. اثر درجهٔ دوم و اثر متقابل هیچ‌کدام از متغیرها روی میزان کاهش وزن معنی‌دار نبود. معادلهٔ رگرسیون خطی درجهٔ ۲ برای تخمین تأثیرات متغیرهای مستقل بر افت وزن به‌صورت رابطهٔ ۲ درمی‌آید:

$$Y_1 = ۰/٦۲۸ - ۰/۱۹X_1 - ۰/۰٤X_2 \quad \text{(رابطهٔ ۲)}$$

شکل ۱ـالف تأثیر سطوح گوناگونِ کربوکسی متیل سلولز ـ پکتین و اسید اسکوربیک ـ اسیدسیتریک، را در نقطهٔ مرکزی از غلظت سوربات پتاسیم و BHA روی میزان افت وزن نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود، با افزایش مخلوط هیدروکلوئید در هر غلظتی از متغیر دوم، افت وزن روند نزولی پیدا می‌کند در حالی‌که غلظت اسیدها روی روند افت فقط در غلظت‌های بالای مخلوط هیدروکلوئید مؤثر است و در غلظت‌های بالای کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین حداقل درصد افت وزن مشاهده می‌شود. شکل ۱ـب تأثیر سطوح گوناگون کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین و سوربات پتاسیم را در نقطهٔ مرکزی از غلظت اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک و BHA بر میزان افت وزن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود غلظت سوربات پتاسیم در هیچ‌یک از غلظت‌های هیدروکلوئید تأثیر معنی‌داری بر میزان کاهش وزن ندارد. شکل ۱ـپ تأثیر سطوح گوناگون BHA و

جدول۲. تأثیر ترکیب‌های گوناگون محلول‌های پوشش‌دهنده بر درصد کاهش وزن نمونهٔ سیب‌های آزمایش‌شده پس از چهل روز نگه‌داری در سردخانه (اعداد به‌صورت میانگین ۳ تکرار آورده شده‌اند)

آزمایش	درصد کاهش وزن	آزمایش	درصد کاهش وزن
۱	۰/۵۲±۰/۰۲	۱۵	۰/۳ ±۰/۰۲
۲	۰/٦ ±۰/۰۵	۱٦	۰/۳۳ ±۰/۰۲
۳	۰/۵ ±۰/۰۲	۱۷	۰/۸ ±۰/۰۳
٤	۰/۵۱ ±۰/۰۵	۱۸	۰/۳ ±۰/۰۲
۵	۰/۵۳ ±۰/۰۳	۱۹	۰/۵ ±۰/۰٤
٦	۰/۵۲ ±۰/۰۱	۲۰	۰/۳۹ ±۰/۰٦
۷	۰/۵۲ ±۰/۰۵	۲۱	۰/٤ ±۰/۰۱
۸	۰/٤ ±۰/۰٦	۲۲	۰/٤۱ ±۰/۰۹
۹	۰/۵ ±۰/۰٤	۲۳	۰/۳۹ ±۰/۰۳
۱۰	۰/۳ ±۰/۰۵	۲٤	۰/٤۵ ±۰/۰۳
۱۱	۰/۳ ±۰/۰٤	۲۵	۰/٤٤ ±۰/۰۵
۱۲	۰/٤ ±۰/۳۰	۲٦	۰/٤۸ ±۰/۰٤
۱۳	۰/۳ ±۰/۰۹	۲۷	۰/۳۹ ±۰/۰۵
۱٤	۰/۳٦ ±۰/۰٤	۲۸	۰/۳۵ ±۰/۰٤

جدول ۳. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس برای کاهش وزن

منبع تغییرات	ضرایب رگرسیون	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F	P
X_1	-۰/۰۹	۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۵۷/۷۳	٭٭<۰/۰۰۰۱
X_2	-۰/۰۳	۱	۰/۰۱	۰/۰۱	٤/٤۷	٭<۰/۰۵
X_3	-۰/۰۱	۱	۰/۰۰۵٤	۰/۰۰۵٤	۱/٤۱	۰/۲۵
X_4	۰/۰۰۰۸	۱	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰۰۰۱۷	۰/۰۰٤۳	۰/۹٤
X_1^2	۰/۰۲	۱	۰/۰۰۸٦	۰/۰۰۸٦	۲/۲۵	۰/۱۹
X_1X_2	-۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۵۸	۰/۸۱
X_1X_3	۰/۰۰۰۸	۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۲	۰/۳۲	۰/۵۸
X_1X_4	-۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۵	۰/۸۱
X_2^2	-۰/۰۰۲	۱	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۳۳	۰/۸۵
X_2X_3	۰/۰۰۱	۱	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۲۵	۰/۰۰٦۵	۰/۹۳
X_2X_4	-۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۰۰۲۲	۰/۰۵	۰/۸۱
X_3^2	-۰/۰۱	۱	۰/۰۰۳٦	۰/۰۰۳٦	۰/۹٤	۰/۳٤
X_3X_4	۰/۰۰۸	۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۱۲	۰/۳۲	۰/۵۸
X_4^2	-۰/۰۰۸	۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۷	۰/٤۵	۰/۵۱
مدل	-	۱٤	۰/۲٦	۰/۰۱	٤/۹۵	٭۰/۰۰۳۳
فقدان برازش	-	۱۰	۰/۰٤	۰/۰۰٤۹	۰/۹۹	۰/۰۱

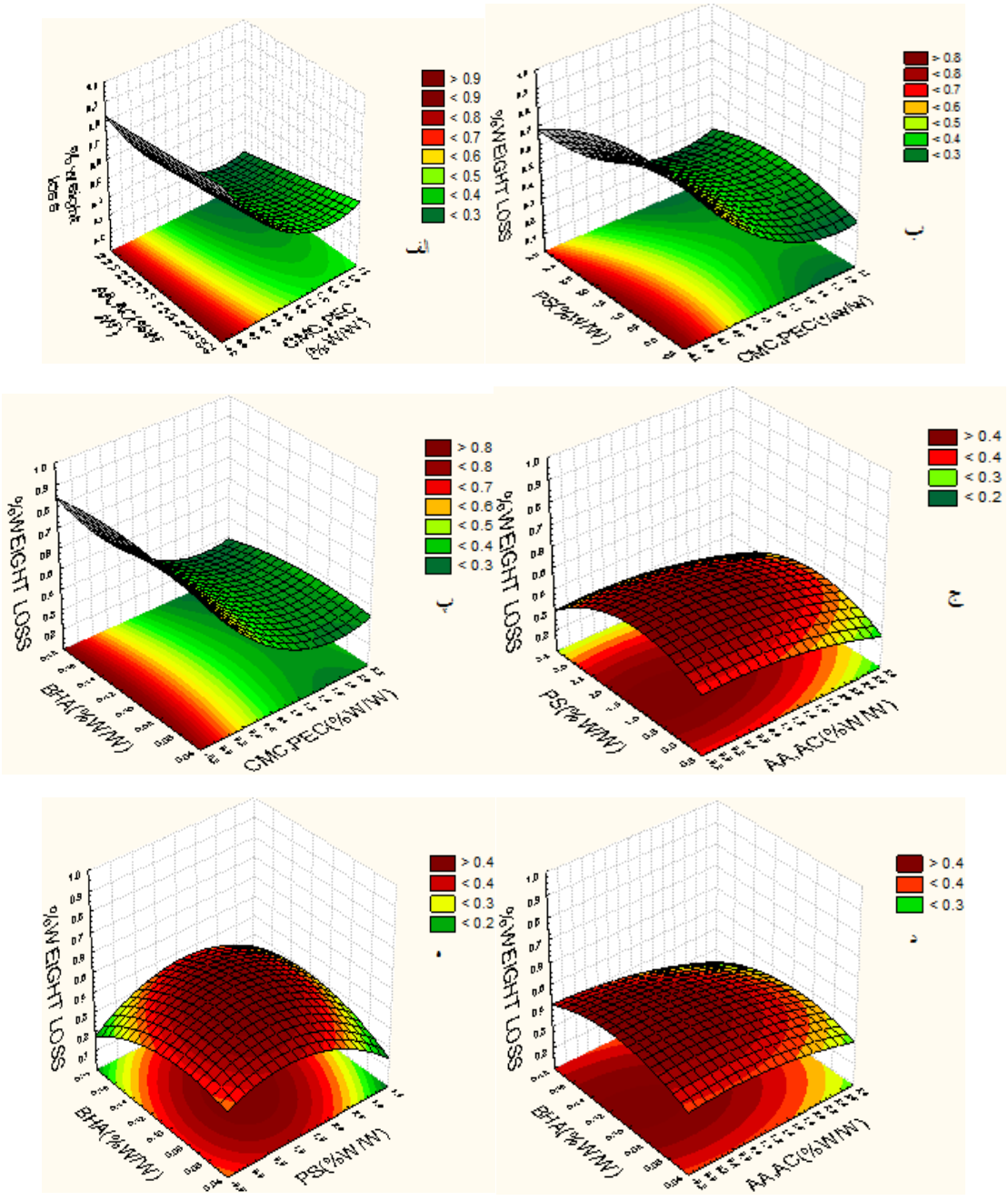
R^2=۸۴/۲۲ R^2_{adj}=۷۷/۲۰

X_1: غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین، X_2: غلظت اسیدسیتریک-اسیداسکوربیک، X_3 غلظت سوربات پتاسیم، و X_4: BHA (g/g)

٭نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح احتمال ۵درصد و ٭٭ نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطح ۱درصد است

کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین را در نقطهٔ مرکزی از غلظت اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک و سوربات پتاسیم روی میزان افت وزن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ملاحظه می‌شود همانند نمودار ۱-ب، غلظت BHA تأثیر چشمگیری بر میزان کاهش وزن در غلظت‌های گوناگون هیدروکلوئید ندارد. شکل ۱-ج تأثیر سطوح گوناگون غلظت اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک و سوربات پتاسیم را در نقطهٔ مرکزی از غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین و BHA بر میزان افت وزن نشان می‌دهد. در شکل مشاهده می‌شود که افزایش غلظت اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک و سوربات پتاسیم تأثیر شایان ملاحظه‌ای بر میزان افت وزن ندارند و بیشترین درصد افت وزن در مقادیر مرکزی سوربات پتاسیم و اسیدها مشاهده می‌شود.

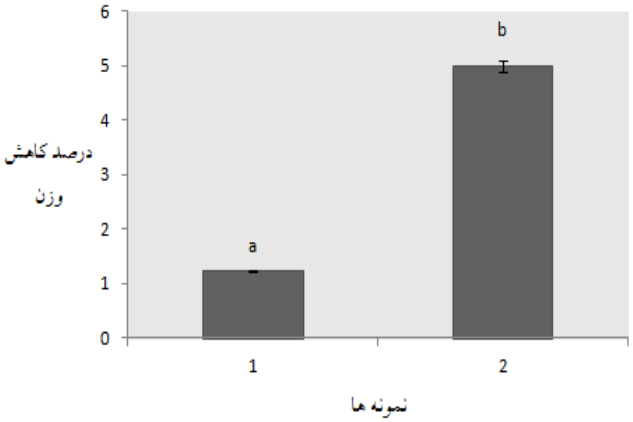
شکل ۱ـد تأثیر سطوح گوناگون اسیداسکوربیک‌ـاسیدسیتریک و BHA را در نقطهٔ مرکزی از غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز‌ـپکتین و سوربات پتاسیم روی میزان افت وزن نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که افزایش غلظت اسیدها و BHA تأثیر معنی‌داری بر میزان افت وزن ندارد. شکل ۱ـه تأثیر سطوح گوناگون سوربات پتاسیم و BHA را در نقطهٔ مرکزی از غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز‌ـپکتین و اسیداسکوربیک همراه اسیدسیتریک نشان می‌دهد. همچنان که مشاهده می‌شود در مقادیر مرکزی سوربات پتاسیم و BHA حداکثر درصد افت وزن مشاهده می‌شود. درپایان ترکیب محلول بهینهٔ به‌دست‌آمده از روش RSM، برای حصول حداقل افت وزن، ۴درصد کربوکسی متیل سلولز‌ـپکتین، ۳/۸درصد اسید اسکوربیک ـ اسیدسیتریک، ۲/۹۸درصد سوربات پتاسیم، و ۰/۱۶درصد BHA (درصد وزنی‌ـوزنی) بود.



شکل ۱. نمودار سطح پاسخ تأثیر سطوح گوناگون غلظت کربوکسی‌متیل‌سلولز‌ـپکتین و اسیداسکوربیک‌ـاسیدسیتریک (الف) کربوکسی‌متیل‌سلولز‌ـپکتین و سوربات پتاسیم، (ب) کربوکسی متیل‌سلولز‌ـپکتین و BHA، (پ) اسیداسکوربیک‌ـاسیدسیتریک و سوربات پتاسیم، (ج) اسیداسکوربیک‌ـاسیدسیتریک و BHA، (د) سوربات پتاسیم و BHA، و (ه) روی میزان کاهش وزن

تأثیر پوشش‌دهی با پوشش بهینه بر درصد کاهش وزن

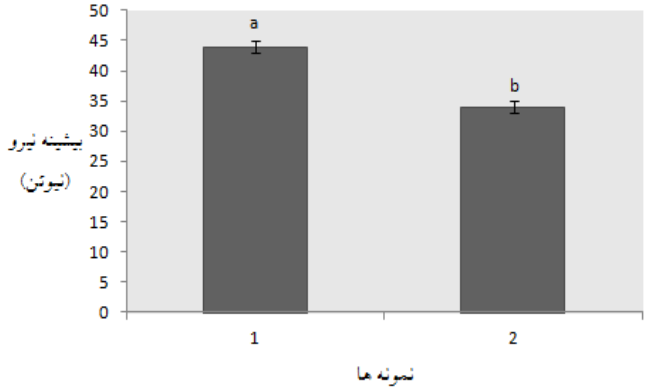
درصد افت وزن از ساده‌ترین روش‌های ارزیابی ماندگاری و کیفیت سیب است. درصد افت وزن در سیب‌های پوشش‌داده‌شده با فرمول بهینه و پوشش‌داده‌نشده (شاهد) بعد از ۴۰ روز نگه‌داری در دمای ۶-۵ درجهٔ سانتیگراد اندازه‌گیری شدند (شکل ۲). نتایج نشان داد که درصد افت وزن برای سیب‌های پوشش‌دار به‌صورت معنی‌داری کمتر از نمونهٔ شاهد بود ($P<0/05$). نمونه‌های شاهد حدود ۵درصد وزن اولیهٔ خود را از دست دادند در حالی‌که میزان افت مشاهده‌شده در نمونه‌های پوشش توسط پوشش بهینه، ۱/۲۳درصد وزن اولیه بود. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی با وجودآوردن یک غشای نیمه‌تراوا که مانعی در مقابل گازها و بخار آب محسوب می‌شود، سبب کاهش تنفس و ازدست‌رفتن آب می‌شود. Bai *et al.* (2003)نیز نشان دادند که پوشش‌دهی سیب کامل (دلیشز، فوجی، برابرن، و گرنی‌اسمیت) با موم کاندلیلا موجب افت وزن کمتری می‌شود و میزان افت وزن سیب‌های بدون پوشش به نسبت نمونه‌های پوشش‌داده‌شده، اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.



شکل ۲. میانگین درصد کاهش وزن سیب کامل بعد از ۴۰ روز: نمونهٔ پوشش‌دار (۱)، نمونهٔ بدون پوشش(۲).
حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P<0/05$) هستند.

بافت‌سنجی

نمونه‌های شاهد و نمونه‌های سیب پوشش‌دار با فرمول بهینه، برای بررسی سفتی بافت با دستگاه بافت‌سنج دستی ارزیابی شدند. شکل ۳ سفتی بافت سیب پوشش‌دار و بدون پوشش نگه‌داری‌شده به‌مدت ۴۰ روز در دمای ۶-۵ درجهٔ سانتیگراد را مقایسه می‌کند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود نیروی به‌کاررفته برای نمونهٔ شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد با نمونه‌های پوشش‌یافته دارد و در نمونهٔ پوشش‌دار بیشترین نیرو (۴۴N) برای نفوذ به‌کار برده شده است و نمونهٔ شاهد مقاومت و سفتی بافت کمتری (۳۴N) را نشان می‌دهد. در تحقیق روی کیوی مشخص شد که سفتی بافت کیوی‌های پوشش‌داده‌شده با پروتئین آب پنیر و روغن سبوس ثابت ماند ولی نمونه‌های شاهد بعد از ۴ هفته انبارداری به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) دچار کاهش سفتی بافت شدند. Hasany *et al.* (2010) گزارش دادند که استفاده از پوشش‌های خوراکی بر پایهٔ پروتئین آب پنیر ِمحتوی ۰/۴درصد روغن سبوس برنج، تأثیر مهمی در حفظ سفتی بافت داشت و سفتی بافت این گروه به میوهٔ تازه شبیه‌تر بود. به‌نظر می‌رسد که پوشش‌دهی با کم‌کردن میزان تنفس میوه از افزایش غلظت اتیلن و تجزیهٔ پروتوپکتین به پکتین و اسیدهای گالاکتورونیک جلوگیری کرده و آن هم خود موجب حفظ سفتی بافت میوه شده است. همچنین پوشش‌دهی از تبخیر آب میوه به نحو مؤثری جلوگیری کرده و بافت میوه از صدمات ناشی از تبخیر آب مانند چروکیدگی و چرمی‌شدن محفوظ مانده است.

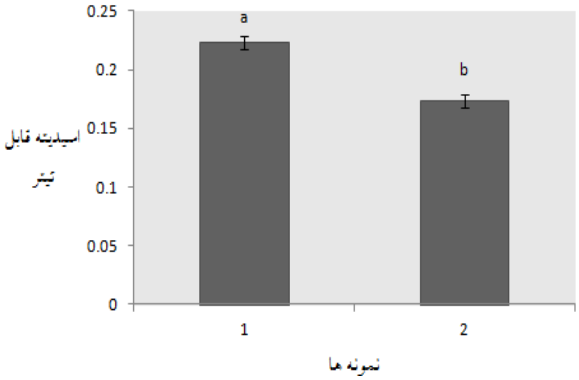


شکل ۳. میانگین بیشینهٔ نیروی سیب کامل بعد از ۴۰ روز: نمونهٔ پوشش‌دار(۱)، نمونهٔ شاهد(۲)
حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P<0/05$) هستند.

اسیدیتهٔ قابل تیتر

میزان اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی میوه در ارتباط هستند و موجب طعم ترش در میوه‌ها می‌شوند. مقادیر اسیدیتهٔ سیب طی رسیدن روی درخت و همچنین در طول دورهٔ انبارداری کاهش می‌یابد. سیب میوه‌ای فرازگرا (کلایماکتریک) است و فرایند تنفس طی انبارداری ادامه می‌یابد و اسیدهای آلی به‌هنگام رسیدن در اثر تنفس و با تبدیل به قندها کاهش می‌یابند. اسیدها را می‌توان منبع اندوختهٔ انرژی میوه به‌شمار آورد (Rahemy, 2003). میزان اسیدهای آلی در دورهٔ برداشت میوه، به محتوای مواد جامد قابل حل و سرعت تجزیهٔ اسیدهای آلی در دورهٔ رسیدن میوهٔ به در اثر تنفس، وابسته است (Jalili

& Hasani, 2004). شکل ۴ میزان اسیدیته را در نمونه‌های سیب پوشش‌دار و نمونه‌های شاهد نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود میزان اسیدیته در نمونه‌های پوشش‌دار ۰/۲۲ و نمونه‌های بدون پوشش ۰/۱۷ است و اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد بین نمونه‌ها وجود دارد. Olivas *et al* (2007) گزارش دادند که سیب‌های تازه پوست‌گیری‌شده با آلژینات همراه با کلرید کلسیم پوشش‌دهی و در دمای ۵°c نگه‌داری شدند. بعد از ۹ روز اندازه‌گیری اسیدیته تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵درصد با نمونه‌های بدون پوشش نشان نداد.



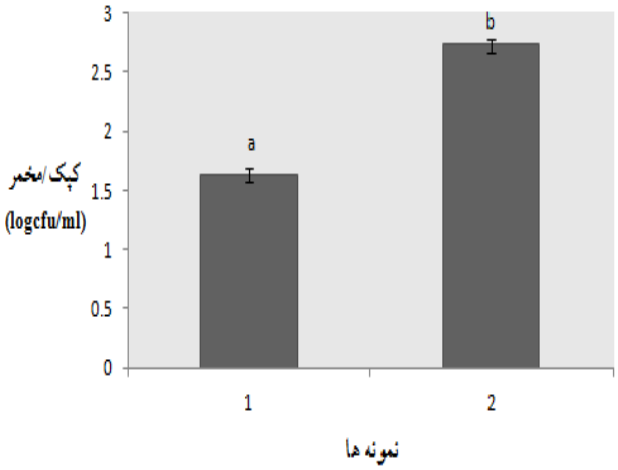
شکل ۴. میانگین اسیدیتهٔ قابل تیتر سیب کامل بعد از ۴۰ روز سیب پوشش‌دار(۱)، سیب شاهد(۲)
حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن (P<۰/۰۵) هستند.

محتوی مواد جامد محلول (TS)

قسمت اعظم مواد جامد قابل حل در میوه شامل قندها و درصد کمی نیز شامل اسیدهای آمینه، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، و مواد معدنی است. مواد جامد قابل حل در طعم میوه تأثیر به‌سزایی دارند و از شاخص‌های شیمیایی به‌شمار می‌آید. میزان مواد جامد حل‌شدنی با رسیدن میوه‌ها افزایش می‌یابد که به تجزیهٔ پکتین و سلولز نسبت داده می‌شود (Jalili & Hasani, 2004). محتوای مواد جامد محلول در سیب‌های پوشش‌دار و بدون پوشش ۱۰/۱۳ بود که تفاوت شاخصی را نشان نداد و اختلاف در سطح ۵درصد معنی‌دار نبود. همچنین Bai (2003) *et al* با پوشش‌دهی سیب‌های با واریته‌های گوناگون با لاک، لاک‌ـکارنوبا، و کاندلیلا و با بررسی محتوای مواد جامد محلول به نتایج مشابهی دست یافتند.

آنالیز میکروبی سیب کامل

کپک‌ها و مخمرها عامل اصلیِ فساد میوه‌ها به‌شمار می‌روند چون میوه‌ها pH پایینی دارند، کپک‌ها و مخمرها به‌راحتی می‌توانند در این شرایط رشد کنند. پوشش‌های حاوی عوامل ضدِ میکروبی می‌توانند بالقوه ماندگاری میکروبی میوه را افزایش دهند. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، نمونهٔ شاهد ۲/۷۲($\log cfu/ml$) کپک و مخمر را دارند و پوشش‌دهی موجب کاهش معنی‌داری در تعداد کلنی‌های کپک و مخمر در سیب پوشش‌دار با فرمول بهینه شده است. نمونه‌های پوشش‌دار ۱/۶۳($\log cfu/ml$) مقدار کلنی را داشتند و اختلاف معنی‌داری با نمونهٔ شاهد نشان دادند. پوشش‌ها با کاهشِ نفوذ اکسیژن و کاهش تماس اسپور کپک‌ها با سطح میوه در طول دورهٔ نگهداری می‌توانند موجب کاهش رشد آن‌ها شوند. ازطرفی وجود مواد ضدمیکروبی گوناگون مانند سوربات و BHA در پوشش می‌تواند با مهاجرت به سطح موجب کاهش رشد میکروب‌ها شوند. استفاده از مواد آنتی‌میکروبی در پوشش‌دهی میوه‌هایی همانند توت‌فرنگی، سیب، و خربزه نتایج مشابهی را در پی داشته است (Raybaudi-Massilia *et al*., 2008; Rojas-Grau *et al*., 2007).



شکل ۵. میانگین شمارش کلنی‌های کپک و مخمر در سیب کامل بعد از ۴۰ روز سیب پوشش‌دار(۱)
و سیب بدون پوشش(۲)، حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن (P<۰/۰۵) هستند

نتایج ارزیابی حسی

پذیرش رنگ: نتایج تجزیهٔ واریانس سیب نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد بین مقبولیت رنگ نهایی نمونه‌های پوشش‌دار با فرمول بهینه و نمونه‌های بدون پوشش وجود نداشت. رنگ نمونهٔ پوشش‌دار و نمونهٔ کنترل را ارزیاب‌ها پسندیدند (جدول ۴).

پذیرش بافت: نتایج تجزیهٔ واریانس سیب نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد بین بافت نهایی نمونه‌های پوشش‌دار با فرمول بهینه و نمونه‌های بدون پوشش وجود داشت و بافت نمونه‌های پوشش‌دار را ارزیاب‌ها پسندیدند. پوشش‌دهی با کم‌کردن میزان تنفس میوه از افزایش غلظت اتیلن جلوگیری کرد و آن هم خود موجب حفظ سفتی بافت میوه شده است.

جدول ۴. نتایج آنالیز ارزیابی حسی سیب کامل بعد از ۴۰ روز

نمونه‌ها	بافت	طعم	بو	رنگ
سیب کامل پوشش‌دار	۳/۴±۰/۵۴a	۳/۶±۱/۳۴a	۳/۸±۰/۸۳a	۴±۰/۷a
شاهد	۲±۰/۷b	۱/۸±۰/۸۳b	۱/۴±۰/۷b	۳/۸±۰/۴a

حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در آزمون دانکن ($P<0/05$) هستند

پذیرش طعم: نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که مقبولیت طعم نهایی سیب تحت تأثیر پوشش‌دهی قرار گرفت و بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های پوشش‌دار اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد وجود داشت و مقبولیت نمونه‌های پوشش‌دار برای ارزیاب‌ها بیشتر بود.

پذیرش بو: نتایج تجزیهٔ واریانس نشان دادکه آرومای نهایی سیب تازهٔ پوست‌گیری‌شده تحت تأثیر پوشش‌دهی قرار گرفت و بین نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵درصد وجود داشت.

نتایج این تحقیق با نتایج Bai *et al*. (2003) که آنالیز ویژگی‌های حسی سیب را بررسی کردند، تطابق دارد، نتایج آن‌ها نشان داد که به‌کارگیری پوشش (موم و لاک) برای سیب می‌تواند خصوصیات ظاهری و ارگانولپتیکی محصول را بهبود بخشد، همچنین این نتایج با نتایج Olivas *et al*. (2007) که آنالیز ویژگی‌های حسی سیب را بررسی کردند، تطابق دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که به‌کارگیری پوشش آلژینات برای سیب می‌تواند خصوصیات ظاهری و ارگانولپتیکی محصول را بهبود بخشد.

نتیجه‌گیری کلی

در مرحلهٔ پوشش‌دهی سیب ترکیب محلول بهینهٔ به‌دست‌آمده از روش RSM، برای حصول حداقل افت وزن بدین صورت بود: کربوکسی‌متیل‌سلولز-پکتین ۴درصد وزنی-وزنی، اسیداسکوربیک-اسیدسیتریک ۳/۸درصد، سوربات پتاسیم ۲/۹۸درصد، و BHA ۰/۱۶درصد (W/W%). استفاده از پوشش‌های خوراکی بهینه بر پایهٔ کربوکسی‌متیل‌سلولز و پکتین از افت وزن سیب کامل طی ۴۰ روز نگهداری در دمای ۶-۵ درجهٔ سانتیگراد جلوگیری کرد؛ زیرا فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی با به‌وجودآوردن غشای نیمه‌تراوا که مانعی در مقابل گازها و بخار آب محسوب می‌شود، سبب کاهش تنفس و ازدست‌رفتن آب می‌شوند. سفتی بافت سیب‌های پوشش‌دار اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های بدون پوشش داشتند که به کاهش سرعت تنفس ربط داده شد. بررسی‌ها نشان داد که میزان اسیدیته در نمونه‌های پوشش‌دار سیب کامل در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بیشتر است که نشان‌دهندهٔ پایین‌تربودن سرعت تجزیهٔ اسیدهای آلی در نمونه‌های پوشش‌دار است. محتوای مواد جامد محلول در سیب‌های پوشش‌دار و بدون پوشش تفاوت شاخصی را نشان نمی‌دهد. آنالیز میکروبی نشان داد که نمونهٔ شاهد بیشترین تعداد کلنی‌های کپک و مخمر را داشت و پوشش‌دهی موجب کاهش معنی‌داری در تعداد کلنی‌های کپک و مخمر در سیب پوشش‌دار بهینه شد. نمونه‌های سیب پوشش‌دار از نظر خصوصیات ارگانولپتیکی، مقبولیت بالاتری را به نسبت نمونه‌های بدون پوشش نشان دادند.

REFERENCES

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

Bai, J., Hagenmaier, R. & Baldwin, E. (2003). Formulation of zein coatings for apples, *Postharvest Biology and Technology*, 28, 381-/390.

Bett, K. L., Ingram, D. A., Grimm, C. C., Lloyd, S. W., Spanier, A. M., Miller, J. M., Gross, K. C., Baldwin, E. A., Vinyard, B. T.(2001). Flavor of fresh-cut Gala apples in barrier film packaging as affected by storage time, *J. Food Quality*, 24, 141–156.

Fatemi, H. (2001). *Food Chemistry*, Enteshar Publishing Company. (In Farsi).

Ghanbarzadeh, B. & Almasi, H. (2009). *Biodegradable and edible biopolymers in food and drug packaging*, Amirkabir University Press. (In Farsi).

Hasany, F., Javanmard, M. & Garosy, F. (2010). Shelf life of kiwifruit coated with whey protein concentrate and rice bran oil, *Research in Science and Technology of Food magazine*, 7, 158-167. (In Farsi).

Herbert, R. A. (1990). Methods for enumerating micro-organisms and determining biomass in natural environments, New York Academic Press.

Imandel, K. (1995). *Corruption and food storage conditions in the morgue*, Tehran University Press. (In Farsi).

Jalili, M. R. & Hasani, A. (2004). *Postharvest Physiology*. Jahad Daneshgahy Press, (In Farsi).

Joerger, R. D. (2007). Antimicrobial films for food application, *Packaging Technology and Science*, 20, 231-273.

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

Myers, R. H. & Montgomery, D. C. (2002). *Response surface methodology: Process* and product optimization using designed experiments. John wiley and sons, Inc. New York

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). *Quality control and chemical analysis of food*. Tehran University Press. (In Farsi).

Rahemy, M. (2003). *Postharvest physiology.* Publication center. Shiraz university. (In Farsi).

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., 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.

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., Tapia, M. S., Rodrıguez, F. J., Carmona, A. J. & Martın-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan based edible coatings as support of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apple, *Food Hydrocolloids*, 21, 118–127.

Sayanjali, S., Ghanbarzadeh, B.& Ghiassifar, S., (2011). Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic Aspergillus species in fresh pistachios. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 1133-1138.