

کاربرد پوشش خوراکی بر پایه پروتئین آب پنیر و صمغ گلان

برای میوه زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)

فرزانه گروسی^۱، مجید جوانمرد^{۲*}، فاطمه حسینی^۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات

۲- استادیار گروه صنایع غذایی و تبدیلی، پژوهشکده فناوری های شیمیایی، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۹)

چکیده

هدف از این پژوهش، تهیه پوشش های خوراکی از پروتئین آب پنیر و صمغ گلان و تأثیر آن روی انبارمانی میوه زردآلو و بررسی اثر افزودن صمغ گلان و گلیسرول بر خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم امولسیون حاصل می باشد.

پوشش ها با ساخت یک محلول ۱۰ درصد از کنسانتره پروتئین آب پنیر در آب مقطر تهیه می شوند. در ساخت این پوشش ها از گلیسرول به عنوان نرم کننده (پلاستی سایزر) استفاده شد. صمغ گلان نیز به نسبت های مختلف (۰، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) اضافه گردید. برای پوشش دادن زردآلو آن ها را به مدت یک دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد درون محلول پوشش های تولیدی غوطه ور نموده و پس از خشک شدن، درون ظروف یکبار مصرف قرار گرفتند. میوه های پوشش دار و بدون پوشش (گروه شاهد) به مدت ۲۸ روز در سردخانه ۴ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی ۸۰ تا ۸۵ درصد نگهداری شدند. هر هفته کاهش وزن، مقدار کل مواد جامد محلول، اسید قابل تیتر، pH، رنگ پوست، سفتی بافت و قابلیت پذیرش کلی نمونه ها اندازه گیری شد.

نتایج نشان داد که پوشش دهی زردآلو با پوشش خوراکی پروتئین آب پنیر حاوی گلیسرول و صمغ گلان باعث رسیدن طبیعی میوه می شود و میوه های پوشش دار نسبت به میوه های بدون پوشش نرم تر و آب دارتر می گردند. در نمونه های بدون پوشش رسیدن میوه به طور کامل انجام نشده و میوه به علت از دست دادن رطوبت، خشک و چروکیده می گردد. همچنین در مدت نگهداری، میزان تغییرات در سفتی بافت، مقدار کل مواد جامد محلول، رنگ پوست، اسید قابل تیتر و مقدار pH میوه های پوشش دار نسبت به نمونه های بدون پوشش، کمتر است. از نظر قابلیت پذیرش کلی نتایج نشان داد که میوه های پوشش دار نسبت به نمونه های بدون پوشش از نظر مصرف کننده (به ویژه از نظر رنگ و شکل ظاهری) مطلوب تر هستند. در میوه های بدون پوشش به دلیل افت وزن و پوکی شدن، قابلیت پذیرش کلی میوه، هفته آخر خیلی کاهش می یابد.

فیلم های امولسیونی حاصل، از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی مورد آزمون قرار گرفتند و مشخص شد که افزایش سطح صمغ گلان منجر به افزایش ضریب ارتجاعی (EM) و نیروی کشسانی (TS) می شود اما با افزایش صمغ تا ۰/۶ گرم، ضریب ارتجاعی (EM) و نیروی کشسانی (TS)، کمتر افزایش می یابد. در مورد درصد درازشدگی (EL) نیز افزایش دیده شد اما در فیلم تهیه شده با ۰/۴ گرم صمغ، کاهش جزئی وجود داشت.

کلید واژگان: کنسانتره پروتئین آب پنیر، پوشش های خوراکی، صمغ گلان، زردآلو، عمر ماندگاری، ویژگی های مکانیکی

۱- مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.)، میوه‌ای بسیار حساس به شرایط انبارداری است. فرآیند رسیدن زردآلو از نوع فرازگر است و می‌تواند تحت شرایط کنترل نشده تسریع یابد. حساسیت این میوه به پوسیدگی، دمای کم و از بین رفتن طبیعی به علت رسیدگی سریع و نرم شدن، پتانسیل انبارداری، جابجایی و حمل و نقل را محدود می‌کند. زردآلو می‌تواند به مدت ۱ تا ۲ هفته (یا ۳ تا ۴ هفته برای بعضی از کشت‌ها)، در دمای ۰/۵- تا ۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد، به خوبی حفظ شود (Siddiq) [۱]. زردآلو معمولاً می‌تواند به مدت ۱ تا ۲ هفته در اتمسفر طبیعی ۱- تا ۰ درجه سانتی‌گراد انبارداری شود (Welby & Mcgregor) [۲]. عمر انبارداری در اتمسفر معمولی به ۵۳ روز محدود می‌شود (Wu & Salunkhe, Salunkhe & Wu) [۳ و ۴].

پوشش خوراکی به عنوان بازدارنده رطوبت و گاز عمل می‌کند و رشد میکروبی را کنترل و رنگ، بافت و رطوبت محصول را حفظ می‌نماید و به‌طور مؤثری می‌تواند عمر انبارداری را افزایش دهد. پوشش‌های خوراکی بر پایه صمغ‌های سلولزی، به‌طور مؤثری در به تأخیر انداختن رسیدگی در بعضی میوه‌های فرازگر نظیر انبه، پاپایا و موز به‌کار می‌رفته‌اند (Nisperos-Carriedo *et al.*) [۵]. پروتئین‌های آب پنیر به علت اینکه از جمله پروتئین‌های فراوان و ارزان هستند که به آسانی در دسترس می‌باشند، به‌طور وسیعی استفاده شده‌اند. پوشش‌های مواد خوراکی روی غذاهای تازه به کار می‌روند تا انتقال رطوبت و اکسیداسیون را کاهش دهند و به عنوان یک بازدارنده در کاهش تنفس و از دست رفتن آب عمل کنند و در افزایش عمر ماندگاری و بهبود کیفیت چنین غذاهایی مهم می‌باشند (Olivas *et al.*) [۶]. پوشش‌های خوراکی می‌توانند یک پوشش حفاظتی افزوده برای محصولات تازه پیشنهاد دهند و نیز می‌توانند اثر مشابهی چون انبارداری در اتمسفر تغییر یافته داشته باشند (Baldwin) [۷]. چندین پوشش خوراکی برای حفظ میوه‌ها به‌طور موفقیت‌آمیزی به کار رفته است (Park) [۸]. شلاک به عنوان یک محصول طبیعی (ماده تراویده از یک حشره)، در پوشش‌دهی تمام میوه‌های براق

استفاده می‌شود. پوشش‌های خوراکی کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) در ترکیب با عوامل ضد قهوه‌ای شدن، به‌طور مؤثری عمر ماندگاری برش‌های سیبی که تحت کمترین فرآیند قرار گرفته‌اند را تا ۲ هفته افزایش دادند (Lee *et al.*) [۹]. پوشش‌های بر پایه پروتئین آب پنیر بدون مشارکت در کاهش قهوه‌ای شدن آنزیمی سیب‌های "Golden Delicious"، از پوشش‌های بر پایه هیدروکسی‌پروپیل‌متیل سلولز مؤثرتر بودند (Pérez-Gago *et al.*) [۱۰]. صمغ‌ها و مشتقات زیادی از آنها برای اهداف پوشش‌دهی به‌کار رفته‌اند. Ayranci و Tunc در سال ۲۰۰۴ اثرات پوشش‌های خوراکی بر پایه متیل سلولز (MC) را روی از دست رفتن آب و ویتامین C در زردآلوهای تازه بررسی کردند.

هدف از این بررسی عبارت بود از (۱) بهبود روش‌های تشکیل فیلم‌های مرکب بر پایه پروتئین کنسانتره پروتئین آب پنیر - صمغ گلان بر روی زردآلو و (۲) بررسی عمر ماندگاری و ویژگی‌های حسی زردآلوهای پوشش‌داده شده در طول انبارداری.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

کنسانتره پروتئین آب پنیر (۸۵ درصد پروتئین) که توسط شرکت آرلا (Videbeak, Denmark) تهیه شد. گلیسیرین نیز توسط مرک (Darmstadt, Germany) تهیه گردید و به عنوان نرم‌کننده به تمام محلول‌های تشکیل‌دهنده فیلم اضافه شد. گلان از شرکت سی‌پی کِلکو (CP Kelco, USA) خریداری شد.

۲-۲- انتخاب میوه و آماده‌سازی

زردآلوه‌ها از یک مغازه محلی در تهران خریداری و بلافاصله به آزمایشگاه برای آزمایش منتقل شدند. *Prunus armeniaca* به دلیل عمر ماندگاری کوتاه‌اش، برای این آزمایش انتخاب شد. زردآلوهای هم‌اندازه و هم‌رنگ

1. Whey Protein Concentrate

مورد مطالعه، دفعات تکرار متفاوتی در نظر گرفته شد. اجازه داد شد تا فیلم‌ها در دمای اتاق و پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت خشک شوند. فیلم‌ها از پلیت‌ها جدا شدند و به مدت ۲۴ ساعت در رطوبت نسبی 50 ± 5 درصد و دمای 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری گردیدند.

۲-۶- تراوایی در برابر بخار آب (WVP)

تراوایی در برابر بخار آب بر اساس روش McHugh و همکاران در سال ۱۹۹۴ مورد آزمون قرار گرفت. در هر ظرف آزمایش، ۱۲ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد و سرتاسر سطح فنجان با نمونه‌های فیلم پوشیده شد. وزن فیلم‌ها در دوره زمانی بالای ۲۴ ساعت و با فاصله زمانی بیشتر از ۱/۵ ساعت خوانده شدند. حداقل سه تکرار برای نمونه‌های فیلم در نظر گرفته شد. میزان انتقال بخار آب با استفاده از روش ASTM-E 96 (ASTM, 1995) یا روش تصحیح شده پیشنهادی McHugh و همکاران در سال ۱۹۹۴ محاسبه گردید.

۲-۷- ضخامت فیلم

ضخامت فیلم با یک کولیس (Feinmesszeug (SUHL-DDR, Tokyo, Japan) در پنج نقطه تصادفی فیلم اندازه‌گیری شد. بازدارندگی در برابر بخار آب و ویژگی‌های مکانیکی بر اساس میانگین ضخامت محاسبه شدند.

۲-۸- شرایط آزمون کشش

تمامی آزمون‌های کشش در رطوبت نسبی 50 ± 5 درصد و دمای 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد، توسط دستگاه Instron model 2712- Universal Testing Instrument (002, Instron Corp., Canton, MA) با لود سل ۵ نیوتن انجام شد. فیلم‌ها توسط قیچی تیزی به باریکه‌هایی به عرض ۲۵/۴ میلی‌متر و طول ۱۳۰ میلی‌متر بریده شدند و بین

انتخاب شدند و قبل از تیمار، آن‌هایی که فاسد بودند جدا گردیدند. میوه‌های پوشش داده و پوشش‌نداده شده در دمای 1 ± 4 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند.

۲-۳- طرح آزمایش

نحوه انجام آزمون و مقادیر اولیه هر آزمایش در لحظه صفر، برای ۱۰ زردآلو اندازه‌گیری شد. متعاقباً چهار گروه پوشش داده شده و شاهد نیز هر هفته مورد آزمون قرار گرفتند.

۲-۴- فرمولاسیون‌های پوشش

چهار تیمار پوشش برای زردآلوهای *Prunus armeniaca* استفاده شدند. تیمار شاهد هیچ پوششی نداشت. چهار تیمار باقیمانده به صورت زیر متفاوت بودند:

تیمار ۱: ۱۰ گرم کنسانتره پروتئین آب پنیر + ۲۰۰ گرم آب مقطر + ۴ گرم گلیسرول

تیمار ۲: ۱۰ گرم کنسانتره پروتئین آب پنیر + ۲۰۰ گرم آب مقطر + ۴ گرم گلیسرول + ۰/۲ گرم گلان

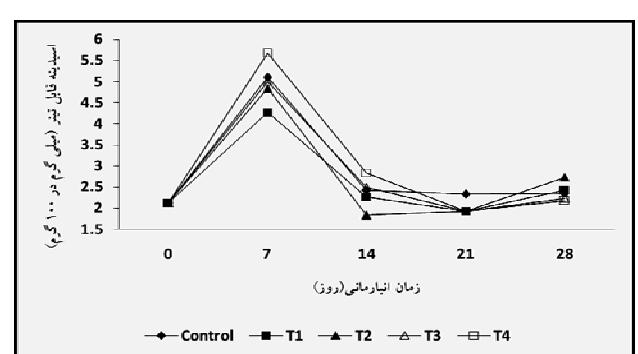
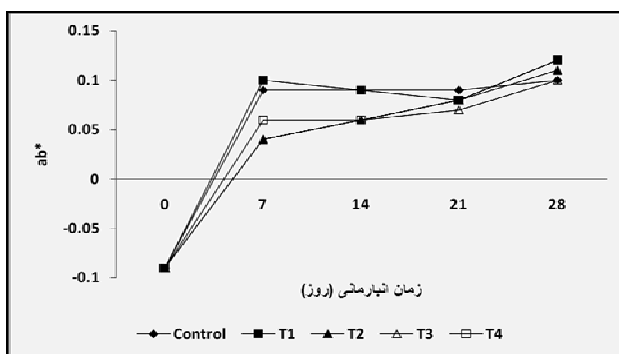
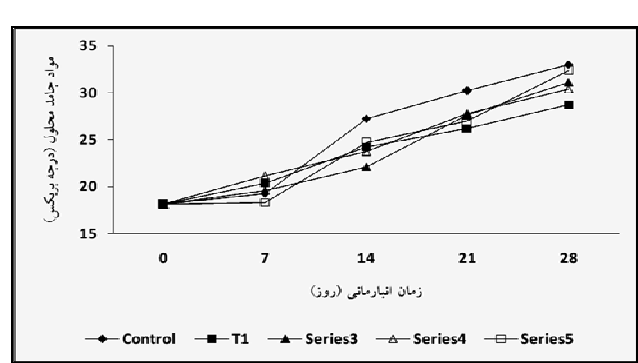
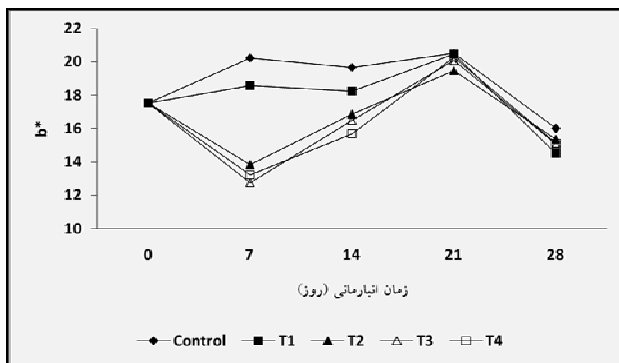
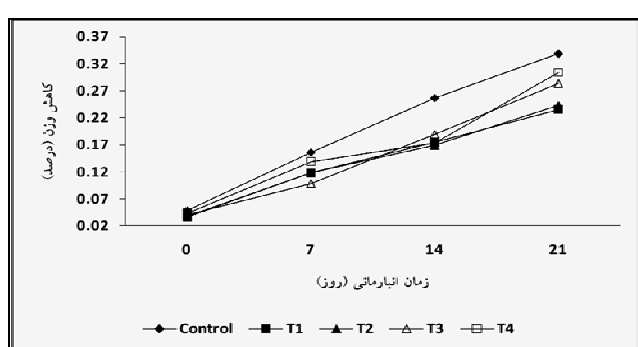
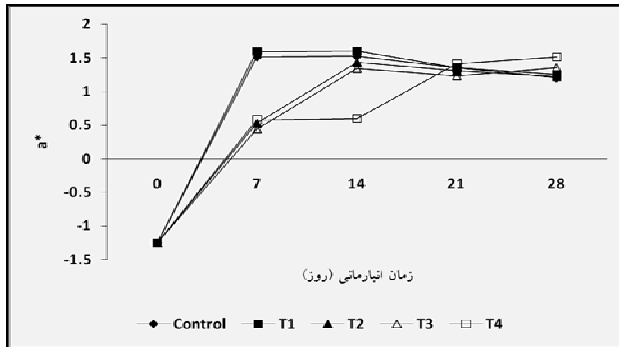
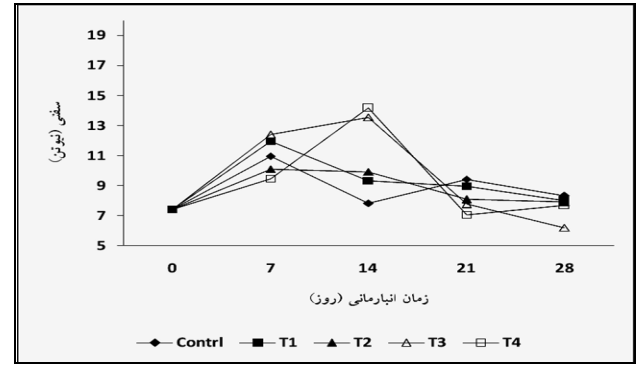
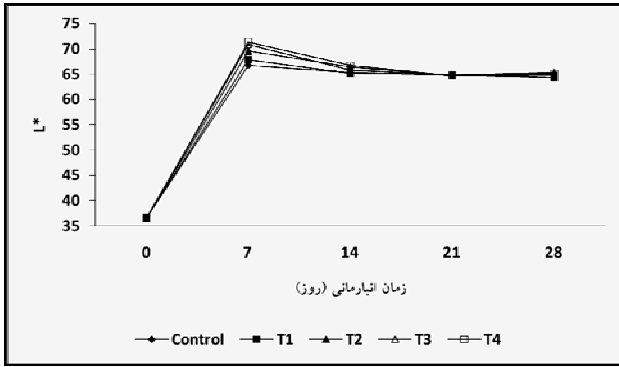
تیمار ۳: ۱۰ گرم کنسانتره پروتئین آب پنیر + ۲۰۰ گرم آب مقطر + ۴ گرم گلیسرول + ۰/۴ گرم گلان

تیمار ۴: ۱۰ گرم کنسانتره پروتئین آب پنیر + ۲۰۰ گرم آب مقطر + ۴ گرم گلیسرول + ۰/۶ گرم گلان

تیمارهای پوشش توسط دنا تورا سیون حرارتی یک محلول آبی ۱۰ درصد (وزنی/وزنی) از کنسانتره پروتئین آب پنیر به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب ۹۰ درجه سانتی‌گراد تهیه شدند (McHugh & Krochta) [۱۲]. محلول‌ها در دمای اتاق خنک شدند و مقادیر مناسب گلیسرول به عنوان نرم‌کننده اضافه گردید. از آب مقطر برای تمام محلول‌ها استفاده شد.

۲-۵- تشکیل فیلم

فیلم‌های کنسانتره پروتئین آب پنیر طبق روش Shaw و همکاران در سال ۲۰۰۲ تهیه شدند. ۱۰ گرم از محلول پروتئین آب پنیر توسط پیپت درون پلیت‌های لبه‌دار و صاف (قطر ۱۰۰ میلی‌متر) ریخته شدند و فیلم‌های حاصل از آن با باقی ماندن روی یک سطح صاف تشکیل گردیدند. برای هر ویژگی



شکل ۲ تغییرات رنگ پوست در نمونه‌های زردآلوی پوشش‌داده شده با کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ گلان و پوشش‌نداده در طول دوره انبارداری سرد [control: بدون پوشش، (T1): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول، (T2): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۲ صمغ گلان، (T3): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۴ صمغ گلان، (T4): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۶ صمغ گلان].

شکل ۱ از دست رفتن وزن، اسیدیته قابل تیتر، ماده خشک محلول و سفتی در نمونه‌های زردآلوی پوشش‌داده شده با کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ گلان و پوشش‌نداده در طول دوره انبارداری سرد [control: بدون پوشش، (T1): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول، (T2): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۲ صمغ گلان، (T3): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۴ صمغ گلان، (T4): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+۲۰۰ گرم آب مقطر+۴ گرم گلیسرول+۰/۶ صمغ گلان].

۲-۱۱- pH

pH با کمک pH متر (EZDO PL-600) محاسبه شد.

۲-۱۲- ارزیابی حسی

رنگ میوه توسط سیستم $CIE\ L^* a^* b^*$ و با به کار گیری *Chromometer Minolta Model CR-300* (Minolta. Co. Ltd., Japan) در مدت ۲۸ روز و با فاصله زمانی ۷ روز اندازه‌گیری شد. از کاشی سفید ($a^*: 97/46; b^*: 1/72; L^*: 99/02$) به عنوان مرجع استفاده گردید.

با استفاده از روش رتبه‌بندی *9-point hedonic scale* (۱= عالی و ۹= غیر قابل پذیرش)، ۲۰۰ داور (مصرف‌کننده آموزش ندیده، شامل کارمند، دانشجو و اعضای سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران برای آزمودن و ارزیابی طعم، سفتی و پذیرش کلی هر دو نوع زردآلوی شاهد و تحت فرآیند قرار گرفته به کار گرفته شدند.

۲-۱۳- تجزیه و تحلیل‌های آماری

داده‌های به دست آمده با استفاده از طرح آماری فاکتوریل به منظور تشخیص اینکه آیا پارامترهای کیفی پس از برداشت در طی زمان معین زردآلوه‌های پوشش‌داده شده از زردآلوه‌های پوشش‌نداده (شاهد) متفاوتند یا نه، تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه و تحلیل محاسبات آماری واریانس (ANOVA) برای طرح آماری فاکتوریل به کار گرفته شد. روزها و تیمارهایی که در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار داشتند، با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد بررسی قرار گرفتند تا هر تیمار با شاهد مقایسه شود.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقدار ماده خشک محلول کل و

اسیدیته قابل تیترا

شکل ۱ نشان می‌دهد که میزان ماده خشک محلول کل (بر حسب درجه بریکس) زردآلوه‌های پوشش‌داده شده و پوشش-نداده که تحت شرایط دمایی سرد (2 ± 5 درجه سانتی‌گراد) انبارداری شده‌اند، در پایان دوره انبارداری (۲۸ روز) افزایش یافته است. اسیدیته قابل تیترا در گوشت زردآلو در گروه‌های پوشش دیده نسبت به گره شاهد کاهش نشان داد. مقدار ماده خشک محلول بر حسب درجه بریکس، در زمان کاشت در حدود ۶/۲ درجه بریکس است و در طول انبارداری افزایش می‌یابد و در لحظه مصرف به ۱۲ تا ۱۴ درجه بریکس می‌رسد.

گیره‌های مقوایی (26×70 میلی‌متر) پوشیده شده با نوار از دو طرف چسبیده که در نتیجه مساحت نهایی در معرض قرار گرفته، $100 \times 25/4$ میلی‌متر شد، قرار گرفتند. ویژگی‌های کششی فیلم‌ها بر اساس روش کشش استاندارد ASTM 882-95a اندازه‌گیری شدند (ASTM, 1995). نمونه‌های فیلم در نظر گرفته شده، محکم به گیره‌های فلزی دستگاه کشش اینسترون بسته و از بالا با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه کشیده شدند. گیره‌هایی که خود به خود تراز می‌شوند شامل یک انتهای ثابت و یک انتهای متحرک هستند که وقتی بار اعمال می‌شود بهترین تراز را ایجاد می‌کنند. گیره‌ها توسط یک لاستیک نازک در یک خط قرار می‌گیرند تا باعث عدم لغزش نمونه‌ها شوند و به عنوان تحریک‌کننده هوا، از پارگی آن‌ها جلوگیری نمایند. درجه اولیه پارگی روی ۵۸ میلی‌متر ثابت شد. استحکام کششی نهایی (TS)، درصد کرنش در نقطه شکست (EL) و مدول الاستیک (EM) محاسبه گردیدند.

۲-۹- مقدار ماده خشک محلول

مقدار ماده خشک محلول آب میوه هر ۷ روز و در مدت ۲۸ روز در سه تکرار تعیین شد. مقدار ماده خشک محلول کل در آب میوه توسط رفاکتومتر *KrussD-22976* (Hamburg, Germany) که بر حسب ساکاروز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کالیبره شده بود، مشخص شد. بنابراین، مقدار ماده خشک محلول کل به دست آمده، برای از دست رفتن وزن بر طبق زیر تصحیح شد:

$$V = X * (100 - \%WLt) 100$$

که در اینجا X مقدار ماده خشک محلول کل به دست آمده از آب زردآلو قبل از از دست رفتن وزن می‌باشد. $\%WL$ ، درصد از دست رفتن وزن در زمان t و V برابر مقدار حقیقی ماده خشک محلول کل یا مقدار اسید سیتریک بعد از از دست رفتن وزن می‌باشد.

اسیدیته قابل تیترا بر طبق روش شرح داده شده توسط Lees در سال ۱۹۷۱ برای تعیین اسیدیته قابل تیترا تحلیل شد و نتایج بر حسب درصد اسید سیتریک بیان گردید.

۲-۱۰- از دست رفتن وزن

۱۰ عدد میوه به طور تصادفی از هر وضعیت ویژه انتخاب شد و میوه‌ها در مدت این مطالعه با ترازوی آزمایشگاهی *Mettler AE 200-S* (Greifensee, Switzerland) با سه بار تکرار وزن شدند. نتایج بر حسب درصد از دست رفتن وزن بیان گردید.

محلول‌های ۲، ۳ و ۴، از دست رفتن وزن کمتری را در مقایسه با نمونه‌های پوشش‌نداده باعث شدند. بیشترین از دست رفتن وزن (0.22 ± 0.338 درصد) برای میوه بدون هیچ پوشش، بعد از ۲۸ روز انبارداری بود.

معمولاً تغییرات وزن، پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها به سبب از دست دادن آب در حین تنفس است. این از دست دادن آب می‌تواند به پژمرده و چروک شدن و در نهایت کاهش قابلیت در بازار محصول منجر شود. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی همچنین می‌توانند امکان افزایش عمر ماندگاری محصول تازه بریده شده را در ایجاد یک بازدارنده نیمه نفوذپذیر نسبت به گازها و بخار آب و در نتیجه کاهش تنفس، قهوه‌ای شدن آنزیمی و از دست رفتن آب را پیشنهاد دهند (Guilbert; Baldwin *et al.*) [۱۷ و ۱۸].

هیچ چروکی در میوه‌های پوشش‌داده شده با کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ گلان در مقایسه با میوه‌های شاهد که کمی چروک در پوست‌شان داشتند، دیده نشد. Hatfield و Knee در سال ۱۹۸۸ و Maguire و همکاران در سال ۲۰۰۰ گزارش دادند که حتی میزان کم از دست رفتن وزن ۳/۵ تا ۵ درصد می‌تواند به چروک شدن در زردآلو بیانجامد. فقط از دست رفتن وزن در زردآلوی تیمار ۳ و ۴ کمتر از ۱/۵ درصد وزن اولیه است که چروکیدگی قابل ملاحظه‌ای را ایجاد نمی‌کند.

۳-۳- ارزیابی حسی

جدول ۲ ارزیابی‌های حسی زردآلو در پوشش‌های متفاوت و زردآلوی پوشش‌داده نشده را نشان می‌دهد. ارزیابی حسی بر روی زردآلوی پوشش‌نداده (شاهد) و پوشش‌داده بعد از ۲۸ روز انبارداری انجام شد.

هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان روشنی (I^*) زردآلوهای پوشش‌داده شده و پوشش‌نداده وجود نداشت و این میزان در زردآلوهای پوشش‌داده بیشتر بود. بعد از ۴ هفته انبارداری، میزان I^* در نمونه‌های تیمار ۲ زیادتر بود.

تمامی پوشش‌های حاوی کنستانتره پروتئین آب پنیر و بدون صمغ گلان، در حفظ رنگ گوشت زردآلو مؤثر بودند. همان‌طور که تغییرات در مقادیر I^* ، a^* ، b^* و a/b در شکل ۲ نشان داده شده است. مقادیر a^* (نشان‌دهنده تغییرات رنگ‌ها از سبز به قرمز) کاهش یافت و با افزایش میزان گلان در پوشش، افزایش یافت. در پایان دوره انبارداری، در بیشترین میزان صمغ گلان (۰/۰۶) در نمونه‌های پوشش‌داده شده، a^* به بیشترین میزان خود رسید. بعد از ۴ هفته انبارداری، کمترین میزان a^* در نمونه‌های شاهد دیده شد (شکل ۲).

معمولاً در تمام زردآلوه‌ها مقدار ماده خشک محلول کل (18.12 ± 0.66) بر حسب درجه بریکس) و اسیدیته قابل تیترا اولیه آن‌ها در مقایسه با مقدار نهایی در پایان دوره انبارداری، بسته به فرآیند ویژه به کار رفته بر روی آن‌ها، افزایش می‌یابد.

در پایان زمان انبارداری مقدار ماده خشک محلول کل در تیمار ۱ کمترین مقدار 26.20 ± 0.81 را نشان داد. هیچ اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ۲، ۳، ۴ و شاهد در طول مدت انبارداری وجود نداشت.

پوشش پروتئین آب پنیر و صمغ گلان منجر به پائین آمدن pH زرد آلوهای پوشش‌دیده در مقایسه با زردآلوهای پوشش‌نداده گردید. این اختلاف بعد از ۸ روز انبارداری معنی‌دار بود. بیشترین میزان pH مشاهده شده در میوه‌های پوشش‌نداده و پوشش‌داده شده به ترتیب 3.52 و 3.49 در پایان دوره انبارداری بود و کمترین pH، 3.29 بود که در زردآلوهای پوشش‌داده شده مشاهده گردید.

در پایان دوره انبارداری هیچ اختلاف معنی‌داری بین اثرات فرمولاسیون‌های متفاوت پوشش‌ها در مقدار ماده خشک محلول کل وجود نداشت. به نظر می‌آید که در مورد میزان ماده خشک محلول کل، پوشش با پروتئین آب پنیر بدون صمغ گلان در فرمولاسیون تیمار ۱ در مقایسه با پوشش‌های حاوی صمغ گلان و شاهد کمتر مؤثر باشد.

در طول دوره انبارداری هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان ماده خشک محلول کل در بین پوشش‌های دیگر و شاهد وجود نداشت.

تجزیه میزان ماده خشک محلول کل در طول دوره انبارداری طبیعی است، همان‌طور که قندها جزء اصلی میزان ماده خشک محلول کل یک محصول هستند، با تنفس به مصرف می‌رسند و طی فعالیت‌های متابولیکی میوه‌ها استفاده می‌شوند (Özden & Bayindirli) [۱۶].

روبه‌رفته، بهترین نتیجه برای اسیدیته قابل تیترا از پوشش تیمار ۲ که بر پایه ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر و میزان ۰/۰۲ صمغ گلان بود، به دست آمد. هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان ماده خشک محلول بین شاهد و تیمارها به استثنای تیمار ۱ وجود نداشت.

۳-۲- از دست رفتن وزن

پوشش‌های خوراکی با بالاترین میزان از صمغ گلان (تیمار ۱)، کاهش در از دست رفتن وزن را افزایش دادند (0.15 ± 0.235 درصد). همچنین میوه‌های پوشش‌داده شده با

می‌شود. آزمون کشش نشان داد که چربی با کاهش ویژگی‌های خرد شدن، به عنوان یک نرم‌کننده بارز در فیلم‌های امولسیون عمل می‌کند. افزایش میزان گلیسرول در نسبت با پلی‌اتیلن گلیکول به کاهش بیشتر در ازدیاد طول (EL) برای همه فیلم‌ها منجر می‌شود (جدول ۲). افزودن نرم‌کننده‌هایی چون گلیسرول و سوربیتول، فیلم‌ها را ضعیف‌تر اما در عین حال نرم‌تر و انعطاف‌پذیرتر می‌کند.

Talja و همکاران در سال ۲۰۰۷ اثرات نرم‌کننده‌ها (گلیسرول، گزلیتول و سوربیتول) و رطوبت نسبی را روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های خوراکی بر پایه نشاسته سیب‌زمینی بررسی کردند. آن‌ها نشان دادند که با افزایش میزان پلی‌آل و آب، کرنش در نقطه شکست افزایش و قدرت کششی کاهش می‌یابد. دمای گذار از حالت شیشه‌ای در اثر نرم‌کنندگی مقادیر پلی‌آل و یا آب افزایش می‌یابد. اثرات نرم‌کننده‌ها بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم‌ها برای گلیسرول بیشترین و برای سوربیتول کمترین بود.

۳-۵- محاسبه نفوذپذیری نسبت به بخار آب

فیلم‌ها

نتایج نشان داد که تغییرات در تراوایی در برابر بخار آب فیلم‌ها در هر سطحی از گلیسرول بدون پلی‌اتیلن گلیکول اختلاف معنی‌داری ندارد. در مجموع، تراوایی در برابر بخار آب افزایش گلیسرول رو به افزایش می‌رود. معمولاً فیلم‌های پروتئینی و پلی‌ساکاریدی بازدارنده‌های خوبی در برابر اکسیژن در رطوبت نسبی کم و متوسط (RH) هستند و ویژگی‌های مکانیکی خوبی دارند اما تراوایی در برابر بخار آب (WV) ضعیفی دارند. یک فیلم مرکب ساخته شده از پروتئین آب پنیر و چربی می‌تواند این مشکل را برطرف نماید (جدول ۱).

جدول ۱ ویژگی‌های حسی زردآلوهای پوشش داده شده با پوشش‌های خوراکی کنستانتره پروتئین آب پنیر/صمغ گلان و پوشش داده نشده (شاهد) بعد از ۲۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد

ویژگی حسی	شاهد**	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
طعم	۶/۶۶ ± ۰/۵۸ ^{a*}	۸/۶۶ ± ۰/۵۸ ^b	۸/۶۶ ± ۰/۵۸ ^b	۸/۳۳ ± ۰/۵۸ ^b	۸/۳۳ ± ۰/۵۸ ^b
سفتی	۶/۳۳ ± ۰/۴۰ ^a	۶/۲۸ ± ۰/۱۲ ^a	۶/۰۸ ± ۰/۶۲ ^a	۶/۱۴ ± ۰/۴۲ ^a	۶/۵۸ ± ۰/۲۶ ^a
پذیرش کلی	۲/۶۶ ± ۰/۵۸ ^a	۵/۰۰ ± ۰/۲۴ ^b	۵/۰۰ ± ۰/۱۱ ^b	۴/۶۶ ± ۰/۵۸ ^c	۴/۳۳ ± ۰/۵۸ ^c

* میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.
** شاهد: بدون پوشش، (تیمار ۱): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+ ۲۰۰ گرم آب مقطر+ ۴ گرم گلیسرول، (تیمار ۲): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+ ۲۰۰ گرم آب مقطر+ ۴ گرم گلیسرول+ ۰/۴ گرم صمغ گلان، (تیمار ۳): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+ ۲۰۰ گرم آب مقطر+ ۴ گرم گلیسرول+ ۰/۴ گرم صمغ گلان، (تیمار ۴): ۱۰ گرم کنستانتره پروتئین آب پنیر+ ۲۰۰ گرم آب مقطر+ ۴ گرم گلیسرول+ ۰/۶ گرم صمغ گلان.

بعد از انبارداری، a/b در زردآلوهای شاهد و تحت تیمار افزایش یافت. هیچ اختلاف معنی‌داری در میزان a/b زردآلوهای شاهد و تحت تیمار وجود نداشت.

پوشش‌ها همچنین در کاهش میزان *b نمونه‌ها اثری نداشتند. این می‌تواند به علت بازدارندگی از تجزیه کلروفیل و یا کاهش ترکیب آنتوسیانین‌ها و یا کاروتنوئیدها باشد. در اندازه‌گیری رنگ، امتیاز تیمار ۲ به طور معنی‌داری از دیگر نمونه‌های تحت تیمار بیشتر بود در حالیکه دیگر نمونه‌های تحت تیمار به طور معنی‌داری شبیه زردآلوهای پوشش‌نداده بودند.

در واقع، سفتی زردآلوهای پوشش داده شده بدون اختلاف معنی‌داری در مقایسه با زردآلوهای پوشش‌نداده حفظ می‌شود اگرچه سفتی زردآلوهای تیمار ۳، بعد از ۴ هفته انبارداری، به طور قابل ملاحظه‌ای در سطح احتمال ۰/۰۵ کاهش می‌یابد.

از دست رفتن بافت برجسته‌ترین تغییر در طول مدت انبارداری میوه‌ها و سبزی‌ها است و بستگی به میزان تغییرات متابولیکی و آب دارد (García et al.) [۲۱].

از دید داوران هیچ اختلاف معنی‌داری در سفتی زردآلوهای پوشش داده و پوشش‌نداده وجود نداشت. زردآلوهای پوشش داده شده اختلاف معنی‌داری در طعم و پذیرش کلی در مقایسه با زردآلوهای پوشش‌نداده داشتند.

۳-۴- آزمون‌های مکانیکی و ویژگی‌های

فیزیکی فیلم‌ها

ضخامت فیلم‌ها به طور معنی‌داری متأثر از افزایش گلیسرول و پلی‌اتیلن گلیکول نبود و میانگین ضخامت فیلم‌ها ۱۸±۲ میکرومتر بود. افزایش میزان گلیسرول و پلی‌اتیلن گلیکول در فیلم‌ها منجر به کاهش در مدول (EM) و قدرت کششی (TS)

جدول ۲ ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی فیلم‌های مرکب کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ گلان

میزان درازشدگی (mm)	EI (%)	Module (Mpa)	Stress (Mpa)	تراوایی در برابر بخار آب (g/mm/m ² h kPa.)	فیلم (میزان صمغ گلان)
۳۹/۷۳±۶/۶۸ ^{ab}	۱۰۰/۰۰±۱۶/۵۹ ^{ab}	۱۲/۸۴±۱/۷۶ ^a	۱۲/۵۲±۰/۳۵ ^a	۸/۸۱±۰/۳۵ ^c	(۰/۰۰)
۳۴/۲۳±۱۰/۱۱ ^{abc}	۸۲/۱۷±۲۵/۲۸ ^{cb}	۱۴/۵±۱/۹۵ ^a	۱۱/۷۴±۲/۱۱ ^a	۸/۸۱±۰/۴۰ ^c	(۰/۰۲)
۳۷/۰۷±۰/۰۵ ^{ab}	۹۲/۶±۰/۱۴ ^{ab}	۱۰/۴۲±۰/۲۵ ^b	۹/۷۱±۰/۱۹ ^b	۹/۶۹±۰/۳۸ ^d	(۰/۰۴)
۳۸/۷۷±۰/۰۰ ^{ab}	۹۶/۹۲±۰/۰۰ ^{ab}	۱۲/۷۴±۰/۷۹ ^a	۱۲/۵۷±۰/۶۸ ^a	۹/۷۰±۰/۳۵ ^d	(۰/۰۶)

اعداد نشان داده شده میانگین مقادیر \pm انحراف معیار نتایج برای شش پارامتر هستند. میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ندارند.

در نمونه‌های زردآلوی پوشش‌نداده ویژگی‌های حسی کمتر از نمونه‌های پوشش‌داده اند. هیچ اختلافی در تغییر مقدار پارامترهای شیمیایی (از دست رفتن وزن، مقدار ماده خشک محلول و اسید سیتریک) در هر دو نمونه در طول انبارداری یافت نشد.

در مجموع بهترین نتایج برای از دست رفتن وزن و کیفیت آرگانولپتیک از پوشش ۲ که بر پایه کنستانتره پروتئین آب پنیر و صمغ گلان (۰/۰۲) بود، به دست آمد اگرچه پوشش ۱ که بر پایه کنستانتره پروتئین آب پنیر و بدون صمغ گلان (۰/۰۰) بود، بیشترین تأثیر را روی از دست رفتن وزن و بهبود رنگ داشت با توجه به اینکه این پوشش‌ها برای به تأخیر انداختن رسیدگی مؤثرتر بودند. پوشش‌های مرکب پروتئین آب پنیر و صمغ گلان می‌توانند کاهش اسیدیته و از دست رفتن وزن را به تأخیر اندازند و باعث حفظ ماده خشک محلول کل، pH، سفتی، رنگ و ویژگی‌های حسی در زردآلوه‌های پوشش-داده شده در طول ۲۸ روز انبارداری شوند.

۵- سپاسگزاری

از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران برای کمک‌های آزمایشگاهی و امکان انجام تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

۶- منابع

[1] Siddiq, M. 2006. Apricots. In Hui, Y.H. (ed), Handbook of Fruits and Fruit Processing: Blackwell Publishing: 279-291.

Bertuzzi و همکاران در سال ۲۰۰۷ اثر دما، میزان گلیسرول و ضخامت فیلم را بر روی نفوذپذیری نسبت به بخار آب (پدیده‌های جذب سطحی و انتشار) فیلم بر پایه نشاسته ذرت حاوی آمیلوز بالا بررسی کردند. آن‌ها متوجه شدند که تراوایی در برابر بخار آب با افزایش دما بین ۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش می‌یابد. این، رابطه مستقیمی را بین تراوایی در برابر بخار آب با میزان نرم‌کننده و ضخامت فیلم نشان داد. Parra و همکاران در سال ۲۰۰۴ ویژگی‌های مکانیکی و WVTR فیلم‌های به دست آمده از نشاسته کاساوا را با افزودن گلیسرول (GLY) و پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) به عنوان نرم‌کننده و گلو تار آلدئید (GLU) به عنوان عامل ایجاد کننده اتصالات عرضی بررسی کردند. فیلم‌های ساخته شده با ۱ گرم گلیسرول قدرت کششی را کاهش می‌دهند. افزایش گلو تار آلدئید منجر به افزایش قدرت کششی فیلم می‌شود اگرچه ویژگی‌های مکانیکی تنها در سطح ۱ گرم گلیسرول افزایش می‌یابند. افزایش گلیسرول سرعت انتقال بخار آب را کاهش می‌دهد اگرچه افزایش در میزان پلی‌اتیلن گلیکول این ویژگی را افزایش می‌دهد.

۴- نتیجه گیری

پژوهش حاضر اثرات غوطه‌وری زردآلو را در محلول‌های ابداعی و تحت انبارداری سرد بررسی کرد. پوشش‌های پروتئین آب پنیر و صمغ گلان با افزودن نرم‌کننده به طور مؤثری رنگ، سفتی، برایتی و پذیرش کلی زردآلو را در طول انبارداری حفظ می‌کنند. داده‌های جمع‌آوری شده نشان داد که

- [13] Shaw, N.B., Monahan, F.J., Óriordan, E.D., and Ósullivan, M. 2002. Effect of soya oil and glycerol on physical properties of composite WPI films. *Journal of Food Engineering*, 51(4): 299-304.
- [14] McHugh, T.H., Aujard, J.F., and Krochta, J.M. 1994. Plasticized whey protein edible films: Water vapor permeability properties. *Journal of Food Science*, 59: 416-419.
- [15] Lees, R. 1971. *The laboratory handbook of methods of food analyses*, 2nd (ed). Leonard Hill, London, UK.
- [16] Özden, C. and Bayindirli, L. 2002. Effects of combinational use of controlled atmosphere, cold storage and edible coating applications on shelf life and quality attributes of apples. *European Food Research Technology*, 214: 320-326.
- [17] Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Review Food Science Nutrition*, 35: 509-524.
- [18] Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. In: Matholouthi, M. (ed), *Food Packaging and Preservation: Theory and Practice*. Elsevier Applied Science Publishing Co., London. pp: 371-393.
- [19] Hatfield, S.G.S. and Knee, M. 1988. Effects of water loss on apple in storage. *International Journal of Food Science Technology*, 23: 575-583.
- [20] Maguire, K.M., Banks, N.H., Alexander, L., and 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.
- [21] Garcia, M.A., Martínó, M.N., and Zaritzky, N.E. 1998. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3758-3767.
- [22] FAO, 2004. World primary crops data. Food and Agriculture Organization of the United Nations, (<http://www.fao.org>).
- [2] Welby, E.M., and Mcgregor, B. 1997. *Agricultural Export Transportation Handbook*. Agricultural Handbook, USDA: 700.
- [3] Wu, M.T., and Salunkhe, D.K. 1972. Subatmospheric pressure storage of fruits and vegetables. *Utah Sci*, 33: 29-31.
- [4] Salunkhe, D.K., and Wu, M.T. 1973. Effects of subatmospheric-pressure storage on ripening and associated chemical changes of certain deciduous fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, 98: 113-116.
- [5] Nisperos-Carriedo, M.O., Baldwin, E.A., and Shaw, P.E. 1991. Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proc Florida State Hort Soc*, 104: 12-25.
- [6] Olivas, G.I., Mattinsn, D.S., and Barbosa-Canovas, G.V. 2007. Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Post harvest Biology and Technology*, 45: 89-96.
- [7] Baldwin, E.A. 1994. Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present, and future. In Krochta, J.M., Baldwin, E.A., and Nisperos-Carriedo, M.O. (Eds.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality* Technomic Publishing: Lancaster, PA: 25-64.
- [8] Park, H.J. 1998. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 254-260.
- [9] Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y., and Choi, W.Y. 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol*, 36: 323-329.
- [10] Pérez-Gago, M.B., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M., and del R'ío, M.A. 2003. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Journal Food Science*, 68: 2186-2191.
- [11] Ayranci, E., and Tunc, S. 2004. The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, 87: 339-342.
- [12] McHugh, T.H., and Krochta, J.M. 1994. Milk-Protein-Based edible films and coatings. *Food Technol*, 97-103.

Application of edible coating based on Whey Protein-Gellan gum for apricot (*Prunus armeniaca* L.)

Garousi, F. ¹, Javanmard, M. ² *, Fatemeh Hasani

1. MSc, Student, Department of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University
2. Department of Food Science' Assistant Professor, Institute of Chemical Technologies, Iranian Research Organization for Science & Technology (IROST)
3. MSc, Student, Department of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

(Received:88/4/20 Accepted: 88/7/9)

The aim of this work was to study the effect of adding gellan gum and glycerol to film-forming solution on physical and mechanical properties of whey protein/gellan gum emulsion films and to produce edible coatings from whey and gellan gum and determine its effect on storage life of apricot. Whey protein coatings were prepared by dispersing 10% protein in distilled water; and plasticized with glycerol(Gly). Also gellan gum was added at different levels(0, 0/2, 0/4 and 0/6gr).

Therefore apricots were dipped in this coatings solution for 1 minute at 20°C and air dried. Coated fruits together with the uncoated fruits(control) were placed in open dishes and stored at 4°C and 85% RH for 1 months. Weight loss, total soluble solid(TSS), titrable acidity, pH, skin color, flesh firmness and overall acceptability of coated apricots and control were measured weekly.

The result revealed that the weight loss and changes in the quality parameters were much lower in coated apricots as compared with those. Color changes were also studied using a Hunter lab colorimeter. Finally results showed that the applications of whey coating increased overall acceptability, quality and storage life of apricot, while decreased its weight loss during storage.

The emulsion films were evaluated for physical and mechanical properties. Increasing the level of gellan gum in the films led to increase in Modulus(EM) and Tensile Strength(TS) but increasing gum to 0/6gr made less increase in Modulus(EM) and Tensile Strength(TS). About Elongation(EL), was observed increase too but in films that produced with 0/4gr gum, there was a slight decrease.

Keywords: whey protein concentrate, edible coatings, gellan gum, apricot, shelf-life, mechanical properties

*Corresponding Author E-Mail address: javanmard@irost.ir