

## تأثیر پوشش‌های خوراکی و نانو زیست سازگار بر خواص کیفی سیب گلدن دلشز در طی شرایط مختلف انبارداری

محمد هادی موحدنژاد<sup>۱</sup>، محمد هادی خوش تقاضا<sup>۲\*</sup>،  
محمد جلال الدین ظهوریان مهر<sup>۳</sup>، سعید مینایی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته دوره دکتری گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار پژوهشگاه پلیمر

(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۸)

### چکیده

به منظور جلوگیری از ضایعات پس از برداشت سیب گلدن دلشز سه پوشش نانو کامپوزیت زیستی، فیلم خوراکی کیتوسان و واکس گیاهی کارنوبا استفاده شد. در آزمایشات انجام شده تأثیر این سه پوشش در مقایسه با سیب بدون پوشش بر روی خواص فیزیکی و کیفی سیب در طی دوره انبار مورد بررسی قرار گرفت. خواص مورد بررسی شامل pH، میزان مواد جامد محلول (TSS)، شدت رنگ (ضرایب  $a^*$ ،  $b^*$ ،  $L^*$  و E) و چگالی بودند. روند تغییرات خواص کیفی سیب در طی ۶ ماه و در دو وضعیت سردخانه‌ای (با دمای  $2^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۹۵٪) و محیطی (با دمای میانگین  $20^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی ۴۵٪) مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای تمام پوشش‌ها، pH، بریکس و شدت رنگ a روندی صعودی و پارامترهای L و چگالی روندی نزولی در محیط داشت. شدت رنگ محیطی در سیب بدون پوشش بیشترین افت و در واکس دارای کمترین افت را نشان داد. در مقابل تغییرات شدت رنگ سردخانه‌ای در نمونه نانو کامپوزیت و کیتوسان کمترین بود. شدت نزول چگالی نیز در نمونه واکس دار کمتر بود. میزان بریکس نیز در نمونه نانو کامپوزیت در شرایط سردخانه کمترین تغییرات را داشت.

کلید واژگان: سیب، نانو کامپوزیت، شدت رنگ، بریکس، چگالی، pH، واکس

\* مسئول مکاتبات: khoshtag@modares.ac.ir

## ۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین نکات جهت کاهش ضایعات محصولات باغی توجه به عوامل پس از برداشت، از جمله انبارداری می‌باشد. در این زمینه عوامل متعددی در نگهداری بهینه محصولات باغی موثر می‌باشند. از آن جمله می‌توان به دما، رطوبت، فشار اتمسفر، نوع پوشش دهی و بسته‌بندی اشاره نمود. یکی از مهم‌ترین محصولات صادراتی کشاورزی ایران سیب می‌باشد. که به دلیل ارزش صادراتی و بالا بودن ضایعات این محصول باید توجهی ویژه به انبارداری آن نمود. باغات سیب در ایران با سطح زیر کشت ۲۰۱,۳۵۰ هکتار، برابر ۶,۶ درصد سطح زیر کشت سیب در آسیا و ۴,۲ درصد سطح زیر کشت سیب در جهان را دارا می‌باشد. ایران با ۲,۶۶۱,۹۰۱ تن تولید سالانه سیب و با متوسط عملکردی برابر ۱۳,۲۲۰ کیلوگرم در هکتار ۷,۲ درصد تولید سیب آسیا و ۴,۲ درصد تولید سیب جهان را به خود اختصاص داده است [۱].

از روش‌های متداول در حفاظت میوه‌ها استفاده از پوشش‌های خوراکی بوده است. از مزایای پوشش‌های خوراکی، کنترل انتقال اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت می‌باشد [۲]. همچنین قابلیت بهبود خواص مکانیکی و غذایی محصولات را نیز دارد [۳]. از قدیمی‌ترین پوشش‌ها می‌توان به واکس اشاره کرد. چینی‌ها در قرن ۱۲ و ۱۳ از این ماده برای پرتقال و لیموترش استفاده می‌کردند. در دهه ۱۹۳۰ از پارافین مایع برای سیب و گلابی استفاده گردید [۴]. پوشش کتین و کیتوسان (کتین دی اسیتیلیت شده) به عنوان یک پوشش شفاف کاربرد مناسبی برای میوه‌ها دارد [۵]. پلیمرهای طبیعی که به عنوان فیلم‌های خوراکی تجدید پذیر در پوشش دهی به کار می‌رود شامل سه دسته اصلی پلی ساکاریدها<sup>۱</sup> (از قبیل پکتین<sup>۲</sup>، آلجینات<sup>۳</sup> و کیتوسان<sup>۴</sup>)، لیپیدها<sup>۵</sup> (مانند انواع

واکس<sup>۶</sup>) و پروتئین‌ها<sup>۷</sup> می‌باشد [۶]. از این مواد به صورت ترکیبات کامپوزیتی و نانو کامپوزیتی برای بهبود خواص آن‌ها نیز استفاده می‌گردد. در کار پژوهشی وسیس<sup>۸</sup> و همکاران نانو کامپوزیت پلی ساکارید-رس را تولید نمود. با این کار نفوذپذیری نسبت به بخار آب کاهش یافت. یکی از پلی ساکاریدهای مورد استفاده کیتوسان بود که علاوه بر نفوذپذیری کم دارای مقاومت مکانیکی مناسبی نیز می‌باشد [۷].

تحقیقات فراوانی یافت می‌شود که خواص فیزیکی و کیفی سیب در طی انبارداری مورد بررسی قرار گرفته است. در یک بررسی انجام شده خواص سه رقم سیب به مدت ۱۰ هفته مورد ارزیابی قرار گرفت. خواص چون سفتی، میزان رطوبت، بریکس و pH اندازه‌گیری گردید. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات pH روندی صعودی و سفتی روندی نزولی داشت. اما بریکس تا اواسط زمان انبارداری روندی صعودی و بعد از آن با نزول روبرو شد [۸]. در تحقیقی دیگر سیب با اتمسفر تغییر یافته بسته‌بندی شده و فعالیت آنتی‌اکسیدان و تغییرات اسیدیته و بریکس آن مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق نیز بریکس در ابتدا روندی صعودی داشته و سپس مقداری افت کرد [۹]. در پژوهشی میزان همبستگی بین چگالی و سفتی سیب طی انبارداری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سفتی و چگالی روندی نزولی طی مدت انبارداری داشته و میزان همبستگی بسیار زیادی نیز بین این دو پارامتر مشاهده شد [۱۰]. در کار مطالعاتی دیگری نیز تأثیر رسیدگی و انبارداری روی خواص کیفی سیب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که میزان سفتی و اسیدیته کاهش یافت و میزان بریکس تغییر چندانی نداشت [۱۱]. در تحقیقی دیگر نیز اثر سه رطوبت نسبی روی ماندگاری و خواص دو رقم سیب به مدت یک ماه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان بریکس و pH افزایش یافت ولی میزان آب استخراجی کاهش یافت. رطوبت

1. Polysaccharides
2. Pectins
3. Alginates
4. Chitosan
5. Lipids

6. Waxes
7. Proteins
8. Wesis

با توجه به بالا بودن ضایعات سیب و عدم بررسی پوشش‌های نانو در زمینه نگهداری سیب لازم است به بررسی و مقایسه پوشش نانو کامپوزیت رس که پوشش خوراکی است پرداخته شود. لذا هدف این تحقیق تعیین و مقایسه خواص فیزیکی و کیفی سیب با پوشش‌های کیتوسان، نانو کامپوزیت رس و واکس کارنوبا در شرایط انبارداری متفاوت بوده، تا بتوان پوششی مناسب با ضایعات کم برای نگهداری سیب تعیین نمود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه نمونه و روش انبارداری

در اوایل ماه آبان سیب گلدن دلشیز از باغی در دماوند تهیه شد. در ابتدا نمونه‌ها قبل از آماده‌سازی پوشش‌ها و پوشش دهی در دمای  $2^{\circ}\text{C}$  و رطوبت ۹۰٪ نگهداری شد. انبارداری سیب در دو شرایط انبارداری، سردخانه در دمای پایین  $2^{\circ}\text{C}$  تا ۴ و با رطوبت ۹۵ درصد و شرایط محیطی در دمای حدود  $20^{\circ}\text{C}$  تا ۲۵ با رطوبت حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد انجام شد. نمونه‌گیری در ۶ دوره زمانی به صورت ماهانه انجام شده و آزمایشات روی آن‌ها صورت گرفت. در هر ماه خواص سیب (شدت رنگ، بریکس، چگالی و pH) مورد ارزیابی قرار گرفته شد.

### ۲-۲- تهیه پوشش‌ها و نحوه پوشش دهی

سه پوشش در این تحقیق استفاده گردید. اولین پوشش واکس خوراکی با پایه کارنوبا بود. این واکس دارای برند تجاری بوده و ساخت شرکت بین‌المللی زتا فرانسه می‌باشد. پوشش کیتوسان و نانو کامپوزیت کیتوسان-رس در آزمایشگاه تولید شد. کیتوسان مورد استفاده دارای وزن مولکولی پایین با درجه دی‌استیلشن<sup>۳</sup> ۸۵٪ (شرکت Sigma-Aldrich) می‌باشد. خاک رس مورد استفاده از نوع بتونیت بوده که از شرکت خاک سفید علی‌گودرز تهیه گردید.

نسبی روی سفتی، بریکس و افت وزن تأثیر معناداری داشت. در رطوبت نسبی بالاتر شاهد کاهش افت وزن و کاهش کمتر سفتی بود [۱۲]. در بررسی دیگری به دنبال مدل سازی خواص سیب در انبارداری، تغییراتی چون رنگ و سفتی بررسی شده است. نتایج نشان داد که شدت روشنایی کاهش یافت [۱۳].

در پژوهشی خواص سیب با پوشش خوراکی آلجینات در طی انبارداری در سردخانه بررسی شد. از خواص اندازه‌گیری شده می‌توان به سفتی و شدت رنگ اشاره نمود. نتایج نشان داد که نمونه‌های پوشش داده شده دارای بافتی سفت‌تر و میزان شدت رنگ بیشتری داشتند. البته تغییرات این دو پارامتر در طی ۲۵ روز معنادار نبوده است [۱۴]. در تحقیقی دیگر چهار رقم سیب با دو پوشش واکسی کندیلا<sup>۱</sup> و کارنوبا<sup>۲</sup> پوشش دهی شد. سپس خواص کیفی چون بریکس، سفتی، افت وزن و اسیدیته در دو شرایط نگهداری محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  به مدت یک ماه و در سردخانه‌ای با اتمسفر کنترل شده با دمای  $1^{\circ}\text{C}$  به مدت ۵ ماه اندازه‌گیری شدند. نتایج حاکی از آن بود که واکس کارنوبا نسبت به کندیلا در افت وزن بهتر عمل کرده و در سفتی تفاوتی در بیشتر رقم‌ها مشاهده نشد [۱۵]. در تحقیقی نیز برای بهبود واکس کندیلا از ترکیبات مختلف کیتوسان استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد کیتوسان فعالیت میکروبی بهتر کنترل شد [۱۶]. در پژوهشی دیگر با استفاده از پوشش کیتوسان سیب-های قاچ خورده پوشش داده شد. خواص بررسی شده طی زمان شامل افت وزن، سفتی، رنگ و میزان رسیدگی بود. نتایج نشان داد که ضریب روشنایی نمونه پوشش‌دار با شدت و مقدار کمتری نسبت به نمونه شاهد افت نمود. میزان سفتی نیز در نمونه پوشش‌دار بالاتر قرار گرفت [۱۷]. در تحقیق دیگری فیلم خوراکی جدیدی از کلاژن تهیه شد و روی سیب و انبه آزمون گردید. نتایج حاکی از کاهش ۵۰٪ نرخ تنفس در این دو میوه بود [۱۸].

1. Candelilla  
2. Carnauba

3. degree of deacetylation

سفیدی (۰ تا ۱۰۰) تعیین شدند. ضریب E (رنگ کل) نیز از فرمول  $E = \sqrt{a^2 + b^2 + L^2}$  بدست آمد.

## ۴-۲- بریکس و pH

برای اندازه‌گیری بریکس از هر نمونه عصاره‌ای تهیه و سپس با دستگاه رفرکتومتر، درصد مواد جامد محلول (TSS) اندازه‌گیری و به صورت Brix<sup>o</sup> ارائه شد. همچنین با دستگاه pH سنج میزان pH عصاره‌ی هر نمونه نیز تعیین گردید.

## ۵-۲- چگالی

برای اندازه‌گیری چگالی ابتدا با استفاده از رابطه ارشمیدس حجم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. حجم نمونه‌ها بر اساس حجم سیال (آب مقطر) جابجا شده بدست آمد [۲۳]. سپس با اندازه‌گیری جرم هر نمونه، چگالی تعیین شد.

## ۶-۲- آزمون آماری

طرح آماری این تحقیق، آزمون فاکتوریل بر پایه بلوک کاملاً تصادفی انتخاب شد. متغیرهای مستقل در این تحقیق شامل مدت زمان نگهداری (پنج مرحله‌ی یک‌ماهه) و شرایط نگهداری محصول (دو سطح سردخانه‌ای (S) و محیطی (I)) نوع پوشش (واکس، کیتوسان، نانو کامپوزیت و بدون پوشش) می‌باشد. نمونه‌ها از دو درخت که به عنوان بلوک در نظر گرفته تهیه شدند. متغیرهای وابسته شامل خواصی چون شدت رنگ، بریکس، چگالی و pH می‌باشند. سپس بر اساس داده‌های بدست آمده و با استفاده از نرم افزار SPSS، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با روش دانکن انجام گردید.

## ۲- نتایج و بحث

### ۱-۳- آزمون XRD و زیست سازگاری

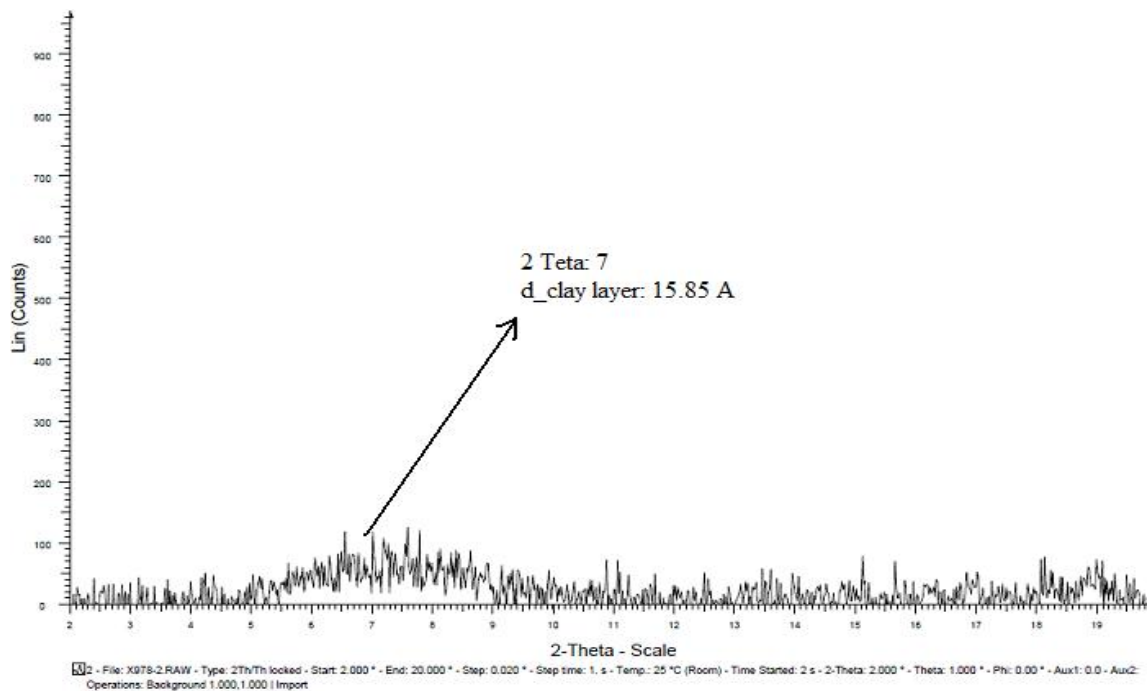
بر اساس آزمون XRD زاویه  $2\theta$  حدود ۷ درجه می‌باشد (شکل ۱).

برای تأیید نانو بودن پوشش نانو کامپوزیت کیتوسان-رس یک آزمون XRD برای تعیین فاصله لایه‌های رس انجام گرفت. تنظیمات دستگاه دیفراکتومتر شامل تیوب FK60-04 با آند آهن در توان ۹۰۰W و فوکوس خطی با کالیبراسیون Gypsum طبق استاندارد BSEN13925 بود [۱۹]. نمونه به صورت یک صفحه در مقابل پرتو اشعه ایکس قرار گرفت و میزان  $2\theta$  و فاصله لایه‌ای تعیین گردید. برای تأیید خاصیت زیست سازگار از آزمون کشت سلول موشی (Mouse Fibrobleste cell) طبق استاندارد L929 در محیط کشت RPMI با مدت تماس یک روز انجام شد [۲۰-۲۲]. در این آزمون پوشش در مجاورت سلول در محیط کشت قرار گرفت و سپس بعد از ۲۴ ساعت از سلول تصویربرداری شد. عکس برداری با میکروسکوپ نوری و بزرگنمایی ۱-۱۰۰ صورت پذیرفت. این دو آزمون تأییدی بر نانو بودن و زیست سازگاری این پوشش می‌باشد.

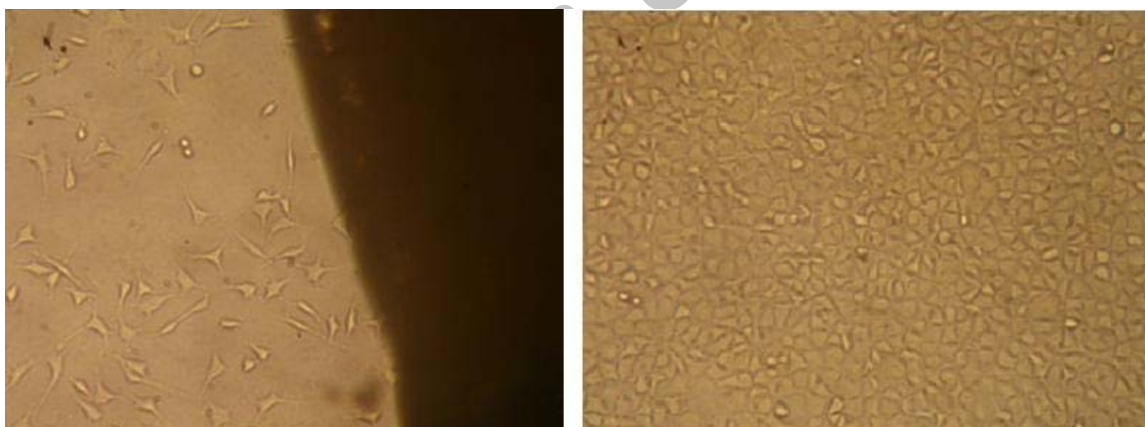
برای پوشش دهی نمونه‌ها ابتدا نمونه‌ها با آب شستشو شده و بعد از خشک شدن با پوشش‌های مختلف پوشش دهی شد. در مورد واکس توسط دستکش لاتکس هر سیب به واکس آغشته گردید. پوشش دهی نمونه‌های دیگر برای پوشش‌های کیتوسان و نانو کامپوزیت کیتوسان-رس از روش غوطه‌وری استفاده گردید. سپس نمونه‌های پوشش داده شده به مدت ۲۴ ساعت در شرایط محیطی با دمای  $20^{\circ}\text{C}$  قرار گرفت تا پوشش‌ها خشک شوند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها در جعبه‌های ۱۵ کیلویی (با ابعاد  $30 \times 50 \times 40$  cm) چوبی در چهار ردیف چیده شدند. بین هر ردیف از کاغذهای روغنی استفاده گردید. در هر مرحله حدود ۲۰۰ عدد سیب از روی جعبه‌ها برداشته می‌شد.

### ۲-۳- شدت رنگ

در این تحقیق با استفاده از دستگاه Hunter lab Colorflex ساخت آمریکا، شدت رنگ اندازه‌گیری و رنگ نمونه‌ها بر اساس سه شاخص  $a^*$  [سبزی به قرمزی (۱۰۰- تا ۱۰۰)]،  $b^*$  [آبی به زردی (۱۰۰- تا ۱۰۰)] و  $L^*$  (سیاهی به

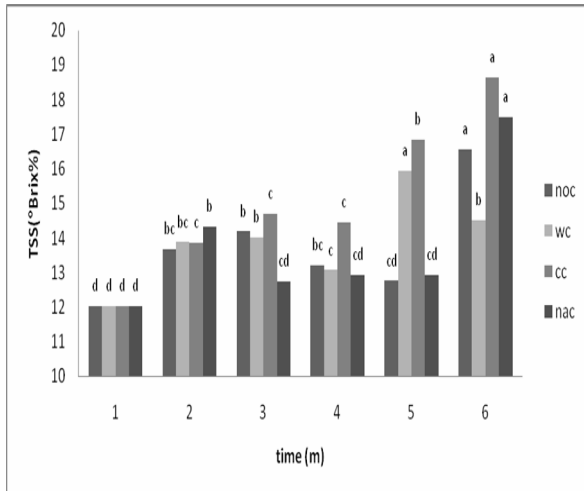


شکل ۱ نمودار XRD از نمونه نانو کامپوزیت کیتوسان رس به نسبت ۲ به ۱



شکل ۲ تصویر نمونه شاهد و رشد سلولی (a) و تصویر نمونه نانو کامپوزیت به همراه سلول (b) (با بزرگ‌نمایی ۱۰۰-۱ و تصویربرداری با میکروسکوپ نوری)

علت آن کاهش کیفیت سیب می‌باشد. در تحقیقات دیگر نیز همین روند ذکر گردیده است [۹ و ۸].



شکل ۳ تغییرات مواد جامد محلول (TSS) در طی زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط محیطی (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

### ۲-۲-۲- شرایط سردخانه‌ای

شکل ۴ تغییرات بریکس را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط سردخانه را نشان می‌دهد. در ماه دوم بریکس در تمامی پوشش‌ها روندی صعودی داشته با این تفاوت که پوشش کیتوسان و واکس نسبت به دو حالت قبل میزانش بیشتر می‌باشد. در نمونه نانو کامپوزیت تا حدی نمونه بدون پوشش با یک صعود در ماه سوم روندی ثابت را تا ماه ششم داشت. ولی دو پوشش دیگر ابتدا کاهش یافته و سپس روند صعودی پیدا کرد (شکل ۴). دلیل این امر در نانو کامپوزیت و بدون پوشش خلل و فرج مناسب برای تنفس است. در صورتی که در پوشش واکس تنفس مناسبی وجود ندارد. در شرایط سردخانه‌ای تغییرات تا حدی مشاهده می‌شود. البته شدت تغییرات کمتر از محیطی است. بنا به نتایج بدست آمده در تحقیق جرارد و لاب (1995) نیز با شرایط انباری سیب در دمای صفر درجه نیز بر ثابت ماندن بریکس اشاره شده است [۱۱].

این زاویه معادل فاصله ۱۵/۸۵ آنگستروم بین لایه‌های رس می‌باشد. بر اساس تحقیق کبیری و همکاران فاصله خاک رس از نوع بنتونیت ۱۲ آنگستروم بوده است [۲۴]. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت فاصله لایه‌های رس از یکدیگر زیاد گردیده است و پوشش فوق یک نانو کامپوزیت می‌باشد. همچنین دارد و همکاران برای رس فاصله لایه‌ای را ۱۲ آنگستروم ذکر کرده و همچنین فاصله لایه رس در نانو کامپوزیت کیتوسان-رس (با نسبت ۱-۲) را ۱۳/۴ و ۲۰ آنگستروم بیان نموده‌اند [۲۵].

بر اساس نتایج از شکل ۲ و مقایسه عکس نمونه شاهد با نمونه نانو کامپوزیت در کنار سلول کشت شده، رشد سلولهای موش مشاهده گردید. لذا می‌توان نتیجه گرفت که پوشش فوق یک نانو کامپوزیت زیستی نیز می‌باشد.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیرات اصلی سه فاکتور زمان نگهداری، نوع پوشش و روش نگهداری روی پارامترهای شدت رنگ (ضرایب  $E^*$ ,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ )، بریکس، چگالی و pH را نشان می‌دهد. با توجه معنی‌دار بودن اثر متقابل سه‌گانه بر تمام پارامترهای کیفی، برای بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل بررسی شد.

### ۲-۳- میزان بریکس

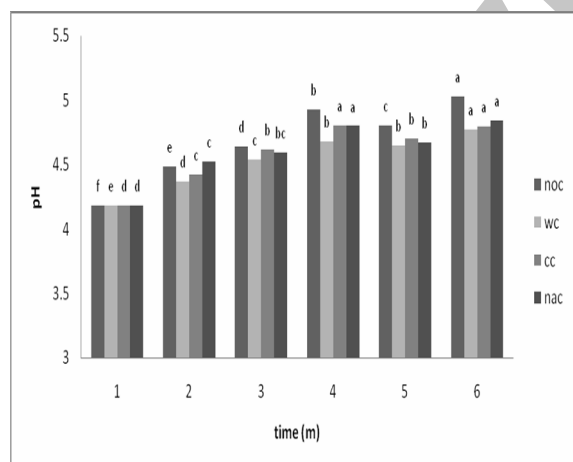
#### ۱-۲-۳- شرایط محیطی

شکل ۳ تغییرات بریکس را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. در ماه دوم تفاوت زیادی بین پوشش‌ها مشاهده نشد و برای همه آنها یک مقدار افزایش وجود داشت. از ماه سوم کمترین بریکس برای پوشش نانو کامپوزیت و بیشترین برای پوشش کیتوسانی مشاهده شد. که این روند تا انتهای شش ماهه برای پوشش کیتوسانی وجود داشت. از ماه چهارم پوشش نانو کامپوزیت و نمونه بدون پوشش روندی افزایشی را داشتند. ولی پوشش واکسی از ماه چهارم با یک صعود و یک نزول روبرو بود (شکل ۳). از دلایل روند تقریباً صعودی از ماه اول به بعد به خاطر دمای بالای محیط می‌باشد. در مورد پوشش واکسی به دلیل عدم تنفس مناسب با روند صعودی روبرو نیستیم. البته کلاً در شرایط محیطی از ماه سوم به بعد شرایط محصول از حالت مناسب خارج می‌شود.

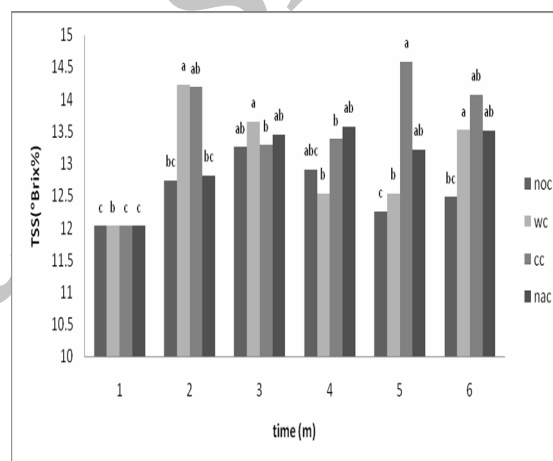
جدول ۱ تجزیه واریانس فاکتور زمان، روش نگهداری و پوشش بر خواص فیزیکی و کیفی سیب

| E                    | میانگین مربعات       |                      |                      |                     |                      | pH                  | TSS | درجه آزادی           | منبع تغییر |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----|----------------------|------------|
|                      | b*                   | a*                   | L*                   | چگالی               | چگالی                |                     |     |                      |            |
| ۴۸۵,۱۳۹**            | ۱۱۱,۶۶۶**            | ۹۰,۸۵۱۹**            | ۶۵۶,۴۸۲**            | ۰,۰۱۸**             | ۲,۱۵۵**              | ۴۲,۴۷۸**            | ۴   | مدت زمان نگهداری (T) |            |
| ۲۹,۵۶۱ <sup>ns</sup> | ۹,۹۹۵ <sup>ns</sup>  | ۱۲,۶۱ <sup>ns</sup>  | ۳۱,۹۶۸*              | ۰,۰۰۷**             | ۰,۵۲۸ <sup>ns</sup>  | ۲,۱۱۶ <sup>ns</sup> | ۱   | شرایط انبار (S)      |            |
| ۱۵,۴۸۴ <sup>ns</sup> | ۲,۸۴۸ <sup>ns</sup>  | ۹۵,۵۵۵**             | ۳۷,۲۹**              | ۰,۰۰۳**             | ۰,۸۴۸**              | ۳۷,۸۵۱**            | ۳   | نوع پوشش (C)         |            |
| ۲۰,۰۹ <sup>ns</sup>  | ۱۳,۴۸۱ <sup>ns</sup> | ۲۱,۴۷۲**             | ۱۳,۶۴۵ <sup>ns</sup> | ۰,۰۰۱ <sup>ns</sup> | ۰,۲۴۴**              | ۴,۴۳۹**             | ۴   | T×S                  |            |
| ۲۴۶,۰۳۹**            | ۱۱۶,۳۳**             | ۲۲۹۷,۰۱۸**           | ۹۹۸,۸۴۲**            | ۰,۰۷۱**             | ۴,۹۵۳**              | ۶۰,۶۸۹**            | ۳   | S×C                  |            |
| ۲۱,۷۵۸*              | ۲۴,۴۱۵**             | ۱۴,۰۰۳ <sup>ns</sup> | ۱۴,۴۸۷*              | ۰,۰۰۵ <sup>ns</sup> | ۰,۱۳۵**              | ۷,۸۱۱**             | ۱۲  | T×C                  |            |
| ۲۹۲,۰۰۸**            | ۱۱۶,۶۲۳**            | ۲۲,۸۲۴**             | ۲۴۳,۱۴۱**            | ۰,۰۰۶**             | ۰,۱۰۵**              | ۱۹,۱۱۲**            | ۱۲  | T×S×C                |            |
| ۲,۰۹۴ <sup>ns</sup>  | ۱۹,۸۱۷ <sup>ns</sup> | ۷۶,۰۰۴**             | ۳۰,۵۱۵*              | ۱e-۸ <sup>ns</sup>  | ۱,۵e-۸ <sup>ns</sup> | ۱۱۸,۳۸**            | ۱   | بلوک                 |            |
| ۱۰,۸۶۶               | ۶,۴۳۳                | ۹,۸۲۴                | ۷,۴۳۵                | ۰,۰۰۱               | ۰,۰۱۳                | ۱,۱۱۹               | ۳۵۹ | خطا                  |            |

که پوشش واکسی به دلیل وجود پوششی نفوذ ناپذیر جلوی تنفس را گرفته و این امر روند رشد pH را کندتر می‌کند. نکته دیگر که از نمودار نتیجه می‌شود این است که، از ماه سوم به بعد میزان pH تقریباً ثابت مانده است. در دو تحقیق گذشته تو و گو و همکاران نیز روند افزایشی pH طی انبارداری سیب بیان گردیده است [۸ و ۱۲].



شکل ۵ تغییرات pH نسبت به زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط محیطی (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

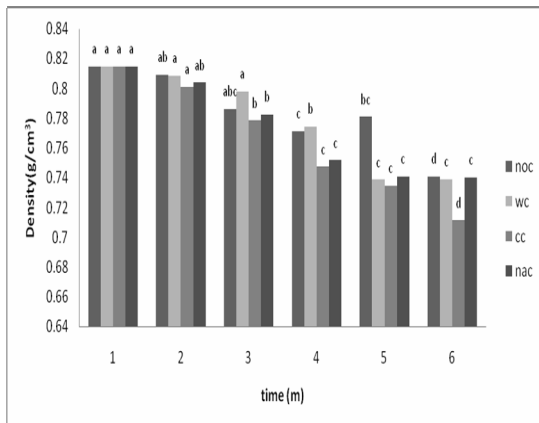


شکل ۴ تغییرات مواد جامد محلول (TSS) در طی زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط سردخانه‌ای (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

### ۳-۳-۳ میزان pH

#### ۳-۳-۳-۱- شرایط محیطی

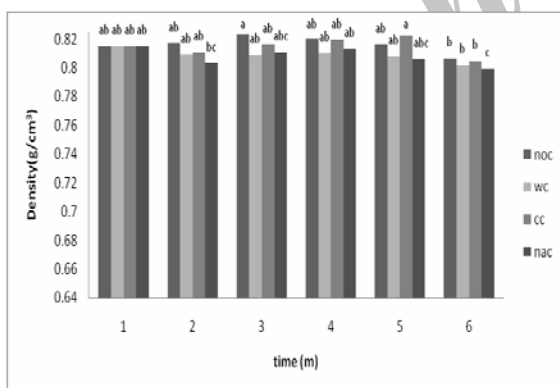
شکل ۵ تغییرات pH را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. میزان pH در تمام پوشش‌ها در طی زمان روندی افزایشی داشته است. این مسئله به خاطر کاهش ترشی (اسیدیته) رخ داده است. البته در بین پوشش‌ها کمترین آن مربوط به پوشش واکس و بیشترین مربوط به نمونه‌های بدون پوشش است (شکل ۵). این امر نشان می‌دهد



شکل ۷ تغییرات چگالی نسبت به زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط محیطی (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

### ۲-۴-۳- شرایط سردخانه‌ای

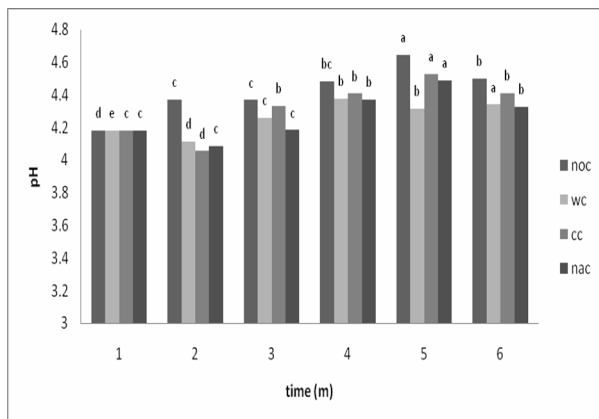
شکل ۸ تغییرات چگالی را برای نمونه سبب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط سردخانه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصله میزان چگالی به دلیل بالا بودن رطوبت نسبی و پایین بودن دما تغییرات چشمگیری نداشته است (شکل ۸). دلیل تفاوت روند در شکل ۷ و ۸ به دلیل دمای انبارداری می‌باشد. در شرایط سردخانه‌ای به دلیل رطوبت بالا و دمای پایین افت وزن کم بوده و در نتیجه شاهد ثابت ماندن چگالی می‌باشیم.



شکل ۸ تغییرات چگالی نسبت به زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط سردخانه‌ای (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

### ۲-۳-۳- شرایط سردخانه‌ای

شکل ۶ تغییرات pH را برای نمونه سبب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط سردخانه را نشان می‌دهد. در شرایط سردخانه‌ای بعد از یک جهش نسبتاً زیاد از زمان برداشت تا ماه اول روند ثابت مانده است (شکل ۶). در مورد تأثیر پوشش‌ها نیز تقریباً مانند شرایط محیطی نمونه بدون پوشش در بالا قرار گرفته است. سه پوشش دیگر در یک روند قرار می‌گیرند.



شکل ۶ تغییرات pH نسبت به زمان نگهداری با پوشش‌های مختلف در شرایط سردخانه‌ای (noc بدون پوشش، wc پوشش واکس، nac پوشش نانو کامپوزیت و cc پوشش کیتوسان)

### ۴-۳- چگالی

#### ۱-۴-۳- شرایط محیطی

شکل ۷ تغییرات چگالی را برای نمونه سبب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. در کل روند چگالی در طی زمان، نزولی بوده است (شکل ۷). دلیل این امر به خاطر رابطه مستقیم چگالی با افت وزن می‌باشد. در مورد پوشش‌ها کمترین کاهش چگالی مربوط به پوشش واکس می‌باشد. این امر به خاطر نفوذناپذیری مناسب این پوشش نسبت به کاهش آب محصول می‌باشد. در تحقیقی روندی نزولی برای چگالی را طی مدت انبارداری سبب بیان نموده است [۱۰].



**۳-۵- شدت رنگ**

جدول ۲ تغییرات شدت رنگ را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار را نشان می‌دهد. در مورد شدت روشنایی  $L^*$  بر اساس جدول ۲ در شرایط محیطی روندی نزولی داشته و بیشترین افت مربوط به نمونه بدون پوشش می‌باشد. در تحقیقی نیز روند شدت روشنایی سیب را طی انبارداری کاهش ذکر کرده است [۱۳]. در شرایط سردخانه‌ای به دلیل شرایط کنترلی دما و رطوبت در هیچ کدام از پوشش‌ها تغییرات محسوس طی زمان مشاهده نشد. نتایج در تحقیق روجاس و همکاران نشان داد نمونه‌های پوشش داده میزان شدت رنگ بیشتری دارند. البته تغییرات شدت رنگ در تحقیق فوق در طی زمان انباری معنادار نبوده است [۱۴].

در مورد ضریب  $a^*$  (طیف سبز تا قرمزی) یک دلیل رسیدگی نمونه در طی انبارداری در هر دو روش نگهداری، رنگ سیب از سبزی به قرمزی متمایل گردید. این شدت تغییر در نمونه بدون پوشش در شرایط محیطی بیشتر مشاهده گردید. در مورد شدت زردی  $b^*$  در شرایط سردخانه‌ای بعد از یک افزایش از زمان برداشت تا ماه اول روند برای تمام پوشش‌ها ثابت ماند. در شرایط محیطی پوشش واکس تقریباً بعد از ماه دوم تغییرات زیادی نداشت. بیشترین تغییرات نیز مربوط به نمونه بدون پوشش بود که از زمان برداشت تا ماه سوم روندی صعودی داشته سپس کاهش شده است.

**۳-۶- شدت رنگ کل****۳-۶-۱- شرایط محیطی**

جدول ۲ تغییرات رنگ کل را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط محیطی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج شدت رنگ کل تقریباً تا ماه سوم برای نمونه بدون پوشش و برای بقیه نمونه‌ها تا ماه دوم روندی افزایشی را طی نموده است. بعد از آن روند کاملاً نزولی می‌باشد. شدت کاهش در نمونه بدون پوشش بیشترین و پوشش واکسی کمترین می‌باشد. نتایج تحقیق کی و همکاران نیز نشان داد که ضریب روشنایی سیب پوشش‌دار با شدت و مقدار کمتری نسبت به نمونه شاهد

افت نمود [۱۷]. نتایج تحقیق روجاس و همکاران نیز نشان داد نمونه‌های پوشش داده با آلجینات میزان شدت رنگ بیشتری دارند [۱۴].

**۳-۶-۲- شرایط سردخانه‌ای**

جدول ۲ تغییرات رنگ کل را برای نمونه سیب‌های پوشش داده شده در دوره انبار و در شرایط سردخانه را نشان می‌دهد. در شرایط سردخانه‌ای یک صعود از زمان برداشت تا ماه اول وجود داشته و سپس روند تغییرات ثابت می‌شود.

**۳- نتیجه گیری**

۱- در شرایط سردخانه‌ای به دلیل کنترل دما و رطوبت برای پوشش‌های مختلف پارامترهای ضریب روشنایی، چگالی، شدت زردی، ضریب رنگ کل و pH تقریباً در طی زمان ثابت بوده است

۲- در شرایط محیطی به دلیل دما بالا و رطوبت پایین تغییرات محسوس‌تر می‌باشد. پارامترهای بریکس، pH، شدت قرمزی و شدت رنگ کل تا ماه سوم روندی صعودی دارد. پارامترهای چگالی و شدت روشنایی نیز روندی نزولی داشتند.

۳- پوشش واکس موجب افت کمتر چگالی شده است. همچنین کمترین تغییرات شدت قرمزی نیز مربوط به این پوشش می‌باشد.

۴- پوشش نانوکامپوزیت کمترین تغییرات را در بریکس به خود اختصاص داده است.

۵- پوشش کیتوسان نیز بیشترین تغییرات بریکس افت چگالی را در شرایط محیطی داشت.

۶- از لحاظ طعم و مزه که به بریکس و pH بستگی دارد. پوشش نانوکامپوزیت در شرایط محیطی به خصوص شرایط سردخانه‌ای تغییرات کمتری را نشان داد.

۷- از لحاظ کیفیت ظاهری که به رنگ و چگالی بستگی دارد، پوشش واکس در سردخانه و محیط بهتر عمل کرده است.

جدول ۲ مقایسه میانگین شدت رنگ نسبت به زمان نگهداری، پوشش‌های مختلف و شرایط نگهداری

| فاکتور ماه | بدون پوشش           |                     | پوشش واکس           |                     | پوشش کیتوسان         |                      | پوشش نانو کامپوزیت   |                      |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            | سردخانه             | محیط                | سردخانه             | محیط                | سردخانه              | محیط                 | سردخانه              | محیط                 |
| L          | ۷۶,۷۸ <sup>a</sup>  | ۷۶,۷۸ <sup>ab</sup> | ۷۶,۷۸ <sup>a</sup>  | ۷۶,۷۸ <sup>ab</sup> | ۷۶,۷۸ <sup>a</sup>   | ۷۶,۷۸ <sup>ab</sup>  | ۷۶,۷۸ <sup>a</sup>   | ۷۶,۷۸ <sup>ab</sup>  |
|            | ۷۶,۳۵ <sup>a</sup>  | ۷۶,۱۵ <sup>ab</sup> | ۷۷,۵۱ <sup>a</sup>  | ۷۷,۴۷ <sup>a</sup>  | ۷۷,۹۴ <sup>a</sup>   | ۷۷,۳۱ <sup>a</sup>   | ۷۷,۵۹ <sup>a</sup>   | ۷۶,۳۱ <sup>a</sup>   |
|            | ۷۶,۰۶ <sup>a</sup>  | ۷۶,۵۰ <sup>ab</sup> | ۷۷,۲۷ <sup>a</sup>  | ۷۵,۴۲ <sup>ab</sup> | ۷۵,۶۶ <sup>ab</sup>  | ۷۶,۰۷ <sup>a</sup>   | ۷۷,۰۱ <sup>a</sup>   | ۷۶,۰۷ <sup>a</sup>   |
|            | ۷۰,۹۴ <sup>b</sup>  | ۷۸,۵۰ <sup>a</sup>  | ۷۵,۶۵ <sup>ab</sup> | ۷۴,۷۶ <sup>b</sup>  | ۷۳,۸۴ <sup>c</sup>   | ۷۲,۴۲ <sup>bc</sup>  | ۷۷,۴۴ <sup>a</sup>   | ۷۲,۴۲ <sup>bc</sup>  |
|            | ۶۶,۹۴ <sup>c</sup>  | ۷۸,۲۴ <sup>a</sup>  | ۷۷,۷۱ <sup>a</sup>  | ۶۹,۶۱ <sup>c</sup>  | ۷۰,۷۵ <sup>d</sup>   | ۷۰,۷۵ <sup>c</sup>   | ۷۷,۴۲ <sup>a</sup>   | ۷۰,۷۵ <sup>c</sup>   |
|            | ۵۷,۸۹ <sup>d</sup>  | ۷۶,۳۳ <sup>ab</sup> | ۷۶,۵۲ <sup>ab</sup> | ۶۶,۵۵ <sup>d</sup>  | ۶۵,۳۴ <sup>c</sup>   | ۶۱,۰۷ <sup>d</sup>   | ۷۷,۱۲ <sup>a</sup>   | ۶۱,۰۷ <sup>d</sup>   |
| a          | -۰,۷۶ <sup>f</sup>  | -۰,۷۶ <sup>bc</sup> | -۰,۷۶ <sup>c</sup>  | -۰,۷۶ <sup>d</sup>  | -۰,۷۶ <sup>d</sup>   | -۰,۷۶ <sup>c</sup>   | -۰,۷۶ <sup>cd</sup>  | -۰,۷۶ <sup>d</sup>   |
|            | ۸,۳۶ <sup>e</sup>   | ۱,۷۲ <sup>b</sup>   | ۷,۰۳ <sup>c</sup>   | ۳,۰۸ <sup>b</sup>   | ۸,۶۹ <sup>c</sup>    | ۳,۵۰ <sup>b</sup>    | -۰,۱۰ <sup>c</sup>   | ۸,۱۰ <sup>c</sup>    |
|            | ۱۰,۷۱ <sup>d</sup>  | ۵,۰۵ <sup>a</sup>   | ۹,۹۵ <sup>b</sup>   | ۵,۲۱ <sup>ab</sup>  | ۱۰,۴۴ <sup>bc</sup>  | ۲,۹۸ <sup>b</sup>    | ۴,۱۷ <sup>b</sup>    | ۷,۶۸ <sup>c</sup>    |
|            | ۱۴,۳۷ <sup>c</sup>  | ۵,۳۰ <sup>a</sup>   | ۱۰,۹۵ <sup>b</sup>  | ۵,۱۴ <sup>ab</sup>  | ۱۲,۳۰ <sup>b</sup>   | ۵,۴۹ <sup>ab</sup>   | ۵,۹۰ <sup>ab</sup>   | ۱۱,۸۶ <sup>b</sup>   |
|            | ۱۶,۶۹ <sup>b</sup>  | ۵,۸۲ <sup>a</sup>   | ۱۵,۶۲ <sup>a</sup>  | ۵,۸۸ <sup>ab</sup>  | ۱۳,۴۶ <sup>b</sup>   | ۸,۹۱ <sup>a</sup>    | ۶,۸۵ <sup>ab</sup>   | ۱۲,۱۷ <sup>b</sup>   |
|            | ۲۱,۲۴ <sup>a</sup>  | ۷,۰۸ <sup>a</sup>   | ۱۶,۴۲ <sup>a</sup>  | ۸,۲۱ <sup>a</sup>   | ۱۷,۲۲ <sup>a</sup>   | ۷,۹۴ <sup>a</sup>    | ۷,۸۰ <sup>a</sup>    | ۱۷,۸۴ <sup>a</sup>   |
| b          | ۵۴,۶۴ <sup>bc</sup> | ۵۴,۶۴ <sup>b</sup>  | ۵۴,۶۴ <sup>c</sup>  | ۵۴,۶۴ <sup>b</sup>  | ۵۴,۶۴ <sup>b</sup>   | ۵۴,۶۴ <sup>c</sup>   | ۵۴,۶۴ <sup>c</sup>   | ۵۴,۶۴ <sup>b</sup>   |
|            | ۵۹,۳۸ <sup>a</sup>  | ۵۳,۹۰ <sup>c</sup>  | ۵۹,۳۵ <sup>a</sup>  | ۵۴,۴۹ <sup>b</sup>  | ۵۸,۸۵ <sup>a</sup>   | ۵۶,۲۴ <sup>abc</sup> | ۵۵,۴۶ <sup>bc</sup>  | ۵۹,۹۰ <sup>a</sup>   |
|            | ۶۱,۵۰ <sup>a</sup>  | ۵۶,۵۱ <sup>ab</sup> | ۵۹,۵۱ <sup>a</sup>  | ۵۷,۴۰ <sup>a</sup>  | ۶۰,۱۰ <sup>a</sup>   | ۵۵,۹۶ <sup>bc</sup>  | ۵۶,۶۹ <sup>abc</sup> | ۵۸,۱۴ <sup>a</sup>   |
|            | ۵۹,۴۹ <sup>a</sup>  | ۵۶,۱۰ <sup>ab</sup> | ۵۷,۴۳ <sup>ab</sup> | ۵۴,۷۲ <sup>b</sup>  | ۵۸,۹۵ <sup>a</sup>   | ۵۶,۲۷ <sup>abc</sup> | ۵۷,۱۶ <sup>ab</sup>  | ۵۷,۵۱ <sup>a</sup>   |
|            | ۵۵,۷۹ <sup>b</sup>  | ۵۶,۵۸ <sup>ab</sup> | ۵۶,۸۰ <sup>bc</sup> | ۵۶,۶۸ <sup>a</sup>  | ۵۹,۰۳ <sup>a</sup>   | ۵۷,۱۰ <sup>ab</sup>  | ۵۷,۳۸ <sup>ab</sup>  | ۵۸,۳۳ <sup>a</sup>   |
|            | ۵۰,۹۷ <sup>c</sup>  | ۵۷,۲۷ <sup>a</sup>  | ۵۴,۵۶ <sup>c</sup>  | ۵۷,۳۰ <sup>a</sup>  | ۵۳,۰۵ <sup>b</sup>   | ۵۸,۴۲ <sup>a</sup>   | ۵۸,۴۶ <sup>a</sup>   | ۵۲,۰۷ <sup>c</sup>   |
| E          | ۹۴,۳۲ <sup>ab</sup> | ۹۴,۳۲ <sup>ab</sup> | ۹۴,۳۲ <sup>a</sup>  | ۹۴,۳۲ <sup>a</sup>  | ۹۴,۳۲ <sup>bc</sup>  | ۹۴,۳۲ <sup>b</sup>   | ۹۴,۳۲ <sup>a</sup>   | ۹۴,۳۲ <sup>abc</sup> |
|            | ۹۷,۱۴ <sup>ab</sup> | ۹۳,۴۲ <sup>b</sup>  | ۹۷,۸۹ <sup>a</sup>  | ۹۴,۸۶ <sup>ab</sup> | ۹۸,۲۴ <sup>a</sup>   | ۹۶,۲۷ <sup>a</sup>   | ۹۵,۴۲ <sup>a</sup>   | ۹۷,۴۳ <sup>a</sup>   |
|            | ۹۸,۴۱ <sup>a</sup>  | ۹۵,۳۴ <sup>ab</sup> | ۹۶,۶۴ <sup>ab</sup> | ۹۶,۴۵ <sup>a</sup>  | ۹۷,۱۵ <sup>ab</sup>  | ۹۴,۳۳ <sup>a</sup>   | ۹۵,۷۷ <sup>a</sup>   | ۹۶,۱۰ <sup>ab</sup>  |
|            | ۹۳,۷۷ <sup>b</sup>  | ۹۶,۶۶ <sup>a</sup>  | ۹۴,۹۶ <sup>ab</sup> | ۹۳,۶۴ <sup>b</sup>  | ۹۵,۳۲ <sup>abc</sup> | ۹۴,۸۱ <sup>a</sup>   | ۹۶,۴۸ <sup>a</sup>   | ۹۳,۱۵ <sup>bc</sup>  |
|            | ۸۸,۷۹ <sup>c</sup>  | ۹۶,۷۷ <sup>a</sup>  | ۹۱,۲۰ <sup>c</sup>  | ۹۶,۴۰ <sup>a</sup>  | ۹۳,۱۶ <sup>c</sup>   | ۹۵,۸۱ <sup>a</sup>   | ۹۶,۶۸ <sup>a</sup>   | ۹۲,۵۳ <sup>c</sup>   |
|            | ۸۰,۰۳ <sup>d</sup>  | ۹۵,۷۵ <sup>ab</sup> | ۸۷,۶۴ <sup>d</sup>  | ۹۵,۹۹ <sup>ab</sup> | ۸۵,۹۶ <sup>d</sup>   | ۹۶,۲۴ <sup>a</sup>   | ۹۷,۱۴ <sup>a</sup>   | ۸۲,۲۸ <sup>d</sup>   |

- [2] Embuscado M. E. and Huber K. C. (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer.
- [3] Han J. H. (2007). Packaging for Nonthermal Processing of Food. Blackwell. Boston, USA.
- [4] Jongen W. (2002). Fruit and vegetable processing Improving quality. CRC press.

۴- منابع

- [1] Anonymous (2009). Agriculture Database of FOA-STAT. Available at <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servelet=1&hasbulk=0&version=ext&language=EN>.

- [16] El-Ghaouth A., Smilanick J. L. and Wilson C. L. (2000). Enhancement of the performance of *Candidasaitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 19:103–110.
- [17] Qi, H., Hu, W., Jiang, A. and Tian, M., (2010). Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. In press: 10.1016/j.ifset.2010.11.001
- [18] Lima Á. M. , Cerqueira M. A., Souza B. W.S., Santos E. C. M., Teixeira J. A., Moreira R. A. and Vicente A. A., (2010). New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits – Influence on fruits gas tra<sup>ns</sup>fer rate. *Journal of Food Engineering*, 97 :101–109
- [19] ISO Standard (2005). X-ray diffraction ( XRD ). BS EN 13925.
- [20] British Standard (1999). Biological evaluation medical device, part 5: tests for in vitro cytotoxicity. STD. BSI, BS EN ISO 10993-5-ENGL
- [21] STM International (2007). Standard Practice for Direct Contact Cell Culture Evaluation of Materials for Medical Devices. Designation: F 813 – 07.
- [22] Yeganeh H., Orang F., Solouk A. and Rafienia M. (2008). Synthesis, Characterization and Preliminary Investigation of Blood Compatibility of Novel Epoxy-modified Polyurethane Networks. *Journal of Bioactive And Compatible Polymers*, Vol. 23: 276-300.
- [23] Mohsenin, N. N. (1986). *Physical Properties of Plant and Animals Materials*. New York: Gordon and Beach Science.
- [24] Kabiri, K., Mirzadeh, H. and Zohouriaanmeh, M. (2007). Highly Rapid Preparation of a Bio-modified Nanoclay with Chitosan. *Iranian Polymer Journal*. 16(3): 147:151.
- [25] Darder, M., Colilla, M. and Ruiz-Hitzky, E. (2003). Biopolymer-Clay Nanocomposites Based on Chitosan Intercalated in Montmorillonite. *Chemistry Material*. 15: 3774-3780.
- [5] Zhang D. and Quantick P.C. (1998) Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage. *J Hort Sci Biotechnol* 73: 763 – 7
- [6] Sorrentino, A., Gorrasi, G. and Vittoria V. (2007). Potential perspectives of bio-nanocomposites for food packaging applications. *Food Science and Technology*. 18: 84-95.
- [7] Weiss J., Takhistov P. and McClements J. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *J Food Sci* 71 (9): 107 – 116.
- [8] Guo W., Nelson S. O., Trabelsi S. and Kays S. J. (2007). 10–1800-MHz dielectric properties of fresh apples during storage. *Journal of Food Engineering* 83: 562–569
- [9] Cocci E., Rocculi P., Romani S., Dalla Rosa M. (2006). Changes in nutritional properties of minimally processed apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 39: 265–271.
- [10] Stow J. (1993). Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 3: 1-9
- [11] Girard B. and Laub L., (1995). Effect of maturity and storage on quality and volatile production of 'Jonagold' apples. *Food Research International*, 28(5): 465-471.
- [12] Tu K., Nicolai B., De Baerdemaekera J. (2000). Effects of relative humidity on apple quality under simulated shelf temperature storage. *Scientia Horticulturae* 85: 217-229.
- [13] Massilia R. M. R., Melgar J. M., Lopez A. S., Fortuny R. S. and Belloso O. M., (2007). Shelf-life extension of fresh-cut "Fuji" apples at different ripeness stages using natural substances. *Postharvest Biology and Technology* 45: 265–275.
- [14] Rojas-Grau M. A., Tapia M. S. and Martin-Belloso O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT* 41: 139-147.
- [15] Bai J., Hagenmaier R. D. and Baldwin E. A. (2003). Coating selection for 'Delicious' and other apples. *Postharvest Biology and Technology*. 28:381-390.

## Effect of edible and nano biocompatibility coating on quality property of golden delicious apple during different storage conditions

Movahednejad, M. H. <sup>1</sup>, Khoshtaghaza, M. H. <sup>2\*</sup>, Zohouriyani Mehr, M. J. <sup>3</sup>,  
Minaee, S. <sup>2</sup>,

1- PhD graduated of Agricultural Machinery Engineering Dept., Tarbiat Modares University

2- Associated Professor of Agricultural Machinery Engineering Dept., Tarbiat Modares University

3- Associated Professor of Polymer Processing, Iran Polymer and Petrochemical Institute

(Received: 89/9/23 Accepted: 90/12/8)

Three coatings, Carnoba wax, Chitosan and nanocomposite, were used to prevent postharvest losses of Golden Delicious apple. The effect of three coatings was compared with uncoated samples on quality and physical properties of apples during storage. These properties were pH, soluble solids (TSS), color intensity (a, b, L and E coefficients) and density. The variations of quality properties of apples during six months at two conditions of cold storage (2 °C and 95% RH) and environmental storage (20 °C and 45% RH) were evaluated. The results showed that pH, brix and color intensity for three coatings had an ascending trend but density and L had a descending trend in environmental condition. In the environmental condition, the highest color intensity losses were found for the without coating samples and the lowest losses for the wax coating samples. In opposite, color intensity for the wax coating samples had lowest losses. There was no more change in brix trend for nanocomposite coating.

**Keywords:** Apple; Nanocomposite; Color intensity; Brix; Density; pH, Wax

---

\* Corresponding author, E-mail address: khoshtag@modares.ac.ir