کاربرد بسته‌بندی‌های فعال بر پایه پلی‌اتیلن و نانو ذرات رس و اکسید روی در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی

آوات شاه اویسی*[۱]، محمود کوشش صبا[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

نویسنده مسئول: * shahveisi59@gmail.com

چکیده

توت‌فرنگی از جمله میوه‌های سریع فاسد شونده می‌باشد و تا اوایل قرن اخیر به ندرت انبار می‌شد اما مسائل بازاریابی، اهمیت بررسی راه‌های مناسب افزایش عمر انباری این محصول تجملی را طلب می‌کند. در همین راستا تحقیقی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دو عامل بسته‌بندی فعال (هشت سطح) و زمان‌های مختلف نگهداری (شش سطح شامل روزهای صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز نگهداری) با ۳ تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۱ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۳ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات اکسید روی ۱ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات اکسید روی ۳ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۱ درصد + نانو ذرات اکسید روی ۱ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۱ درصد + نانو ذرات اکسید روی ۳ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۳ درصد + نانو ذرات اکسید روی ۱ درصد، پوشش پلی‌اتیلنی با نانو ذرات رس ۳ درصد + نانو ذرات اکسید روی ۳ درصد و پوشش پلی‌اتیلن معمولی بود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد، افزایش زمان نگهداری سبب افزایش درصد کاهش وزن میوه، سفتی بافت میوه و افزایش شاخص پوسیدگی می‌گردد، که بالاترین درصد کاهش وزن میوه و سفتی بافت میوه در بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلن معمولی و کمترین آن در میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش‌های پلی‌اتیلن حاوی نانو ذرات روی و رس مشاهده شد. نتایج این مطالعه نشان داد به‌کارگیری نانوذرات فعال می‌تواند مفید واقع گردد.

واژه‌های کلیدی: انبارداری، فساد، شاخص پوسیدگی، نانوذرات

مقدمه

توت‌فرنگی از جمله میوه‌های سریع فاسد شونده می‌باشد. فساد مواد غذایی به‌علت فقدان فن‌آوری مناسب بسته‌بندی، نگرانی اصلی جهانی است و انتظار می‌رود نانوتکنولوژی بتواند بسته‌بندی مواد غذایی را بهبود بخشد. در واقع، مواد جدید مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی بر پایه نانو دارای ویژگی‌های بی‌نظیری از جمله توانایی ضد میکروبی و حذف اکسیژن و همچنین ایجاد مانع در برابرگازها یا رطوبت و غیره هستند (Rai *et al*., 2018). نانو ذرات نقره، اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیوم از جمله مهمترین نانو مواد تجاری هستند که در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند (Rai *et al*., 2018). در این راستا تاثیر فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات اکسید روی در ماندگاری بامیه (Al-Naamani *et al*., 2018)، فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات نقره و اکسید روی در افرایش ماندگاری آب پرتقال (Emamifar *et al*., 2010) و فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات نقره در افرایش ماندگاری توت فرنگی (Yang *et al*., 2010) گزارش شده است. بر اساس این پژوهش‌ها مشخص گردید که فیلم‌های نانوکامپوزیت پلی‌اتیلنی، ویژگی‌های کیفی فرآورده‌های مورد مطالعه را در مقایسه با نمونه‌های شاهد بهبود دادند. در واقع بسته‌بندی‌های فعال شرایط داخل بسته را به منظور افزایش عمر محصول و یا بهبود امنیت غذایی جهت حفظ ویژگی‌های کیفی محصول تغییر می‌دهد (کوشش‌صبا و رمضانیان، ۱۳۹۴). بسته‌بندی فعال شامل استفاده از نانوساختارهای اکسید فلزی در مواد بسته‌بندی مواد غذایی است که عمر مفید، ایمنی و کیفیت محصول بسته‌بندی شده را طولانی‌تر می‌کند (Galstyan *et al*., 2018). فن‌آوری نانو در بسته‌بندی مواد غذایی به عنوان وسیله‌ای برای افزایش طول عمر محصول و کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها استفاده می‌شود (Rai *et al*., 2018). نانو ذرات رس، یون‌های فلزی (روی، نقره، مس، مولیبدن، منگنز، آهن و تیتانیوم) و اکسیدهای فلزی نیز از مهم‌ترین نانو ذراتی هستند که به ساختار زیست پلیمرها افزوده می‌شوند (Rhim *et al*., 2013). با توجه به‌غنی بودن توت‌فرنگی از مواد مغذی، امکان آلودگی آن به برخی میکروارگانیسم‌ها عامل فساد و حتی بیماری‌زا وجود دارد. از

طرفی تغییر خصوصیات کیفی توت‌فرنگی به‌علت شرایط نامناسب نگهداری و بسته‌بندی یکی از مهمترین دلایل کاهش میزان صادرات و قیمت این محصول می‌باشد. با در نظرگرفتن این موارد و با توجه به ضایعات بالای توت‌فرنگی در استان کردستان، ارائه راهکارهایی در راستای افزایش عملکرد، بهبودکیفیت تولید و افزایش زمان ماندگاری و عمر انبارداری این محصول ضروری است. بنابراین این مطالعه به منظور کاربرد بسته‌بندی‌های فعال بر پایه پلی‌اتیلن و نانو ذرات رس و اکسید روی در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی صورت می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

عملیات اجرای این طرح طی سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام گرفت. در این تحقیق توت‌فرنگی رقم پاروس بدون هیچ نشانه‌ای از آسیب مکانیکی و یا پوسیدگی قارچی، انتخاب شد. در این آزمایش از بسته‌بندی فعال بر پایه پلی‌اتیلن معمولی و نانو ذرات رس و اکسید روی هر دو در سطح ۱ و ۳ درصد به تنهایی و یا ترکیبی استفاده شد. تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دو عامل بسته‌بندی فعال (هشت سطح) و زمان‌های مختلف نگهداری (شش سطح شامل روزهای صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز نگهداری) با ۳ تکرار انجام گرفت. نانو ذرات در مرحله تهیه پوشش پلی اتیلن به مواد سازنده اضافه گردید. ۹ عدد میوه با میانگین وزنی ۱۰۰ گرم در بسته‌هایی به ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر بسته‌بندی شد. هر کدام از بسته‌ها به وسیله‌ی دستگاه دوخت حرارتی بسته‌بندی گردید.

وزن نمونه‌های توت‌فرنگی هر تیمار قبل از بسته‌بندی و پس از بسته‌بندی در طی بازه‌های زمانی مشخص اندازه‌گیری شد و درنهایت به صورت درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه نمونه بر اساس رابطه ۱ بیان گردید.

رابطه ۱ وزن اولیه/(وزن ثانویه – وزن اولیه) × ۱۰۰ = درصد کاهش وزن

به‌منظور اندازه‌گیری میزان سفتی بافت میوه از دستگاه بافت‌سنج (Santam, STM-1, Iran) استفاده گردید. به این منظوردر هر زمان نمونه‌برداری از ۸ میوه در هر تکرار برای اندازه‌گیری سفتی استفاده و میانگین آنها برحسب نیوتون گزارش گردید.
به‌منظور سنجش میزان شاخص پوسیدگی در طول دوره نگهداری، تمامی ۹ میوه موجود در هر تکرار با توجه به مقدار آسیب (نرم شدگی، سیاه‌شدگی و رشد میکروارگانیسم‌ها) ایجاد شده در هر زمان اندازه‌گیری بررسی و در ۵ درجه طبقه‌بندی شدند. نتایج با استفاده از رابطه ۲ محاسبه و به‌صورت درصد گزارش شد،

رابطه ۲

درصد شاخص پوسیدگی=۱۰۰× ∑ (درجه×تعداد میوه آسیب دیده) /(۵×۹)

صفر: میوه‌های بدون هیچگونه آسیب، ۱: میوه‌های با آسیب کمتر از یک‌چهارم، ۲: میوه‌های با آسیب بین یک‌چهارم تا دوچهارم، ۳: میوه‌های با آسیب بین دوچهارم تا سه‌چهارم، ۴: میوه‌های با آسیب بیشتر از سه‌چهارم

قبل از تجزیه داده‌ها برای حصول اطمینان از نرمال بودن باقیمانده خطاها با استفاده از آزمون نرمالیتی (Shapiro-Wilk) داده‌ها آزمون شدند و پس از آن تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارSAS 9.1 داده‌ها تجزیه شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ver. 2016 انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱- تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد کاهش وزن، سفتی بافت و شاخص پوسیدگی میوه توت‌فرنگی در بسته‌بندی با پوشش‌های پلی‌اتیلنی مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کاهش وزن	سفتی	شاخص پوسیدگی
زمان نگهداری	۵	۱۴۹/۲**	۳۴/۶۵**	۴۶۷/۴۷**
پوشش‌های پلی‌اتیلنی	۸	۱۶/۶**	۳/۷۴**	۹۶/۰۲**
زمان نگهداری × پوشش‌های پلی‌اتیلنی	۴۰	۳/۴۵**	۰/۴۷**	۳۰/۹۸**
خطا	۱۰۸	۱/۸	۰/۳۵	۴/۲۳
ضریب تغیرات (٪)		۱۹/۷	۱۲/۱	۱۷/۵

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

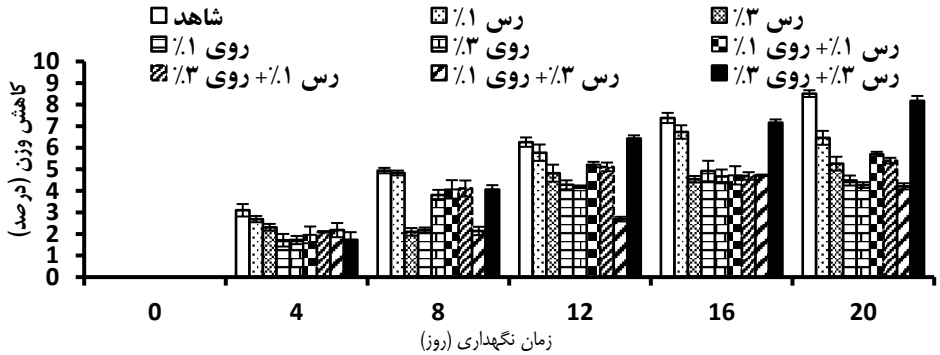
نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت میوه توت‌فرنگی

تجزیه واریانس صفات مربوط به درصد کاهش وزن و سفتی بافت میوه توت‌فرنگی در جدول ۱ نشان دهنده تأثیر معنی‌دار زمان نگهداری و پوشش‌های پلی‌اتیلینی مختلف است به‌نحوی که اثرات ساده زمان نگهداری و پوشش‌های پلی‌اتیلینی در سطح ۱ درصد و همچنین اثر متقابل زمان نگهداری و پوشش‌های پلی‌اتیلنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

کاهش وزن میوه توت‌فرنگی

مقایسه میانگین اثر متقابل زمان نگهداری و پوشش‌های پلی‌اتیلنی صفت کاهش وزن میوه توت‌فرنگی در شکل۱، نشان می‌دهد افزایش زمان نگهداری سبب افزایش درصد کاهش وزن میوه می‌گردد. تیمار شاهد (پوشش پلی‌اتیلین معمولی) در ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ روز بعد از نگهداری به ترتیب با ۳/۱، ۴/۹۴، ۵/۷۷، ۷/۳۸ و ۸/۵۱ درصد کاهش وزن، نسبت به سایر تیمارها بیشترین درصد کاهش وزن میوه را داشت. در نهایت در روز بیستم کمترین درصد کاهش وزن میوه در تیمارهای رس ۳ درصد + اکسیدروی ۱ درصد (۴/۲۱ درصد)، اکسیدروی ۳ درصد (۴/۲۷ درصد) و اکسیدروی ۱ درصد (۴/۴۸ درصد) مشاهده شد.

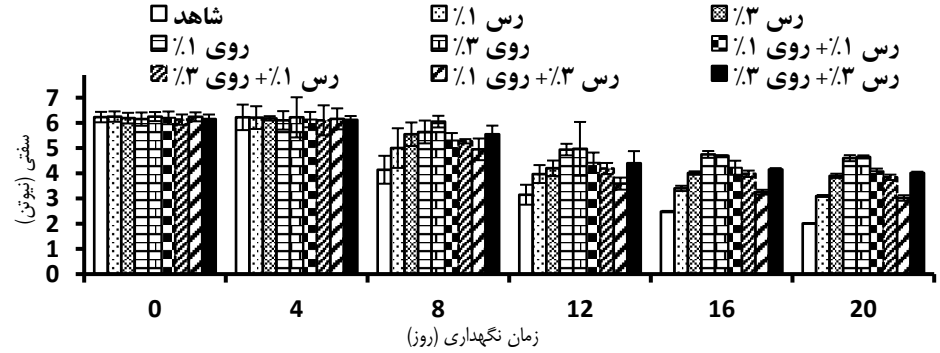
در این مطالعه استفاده از نانو ذرات رس و اکسید روی و همچنین تیمارهای ترکیبی نانو ذرات رس + اکسید روی سبب جلوگیری از افزایش درصدکاهش وزن میوه‌های توت فرنگی شدکه در این میان تیمارهای رس ۳ درصد + اکسیدروی ۱ درصد (۴/۲۱ درصد)، اکسیدروی ۳ درصد (۴/۲۷ درصد) و اکسیدروی ۱ درصد (۴/۴۸ درصد) توانستند نسبت به سایر تیمارها عملکرد بهتری داشته باشند، در همین ارتباط رسولی (۱۳۹۶) بیان داشت که پوشش‌های پلی‌اتیلنی به‌عنوان مانع در برابر حرکت بخار آب به محیط خارج از بسته‌بندی عمل کرده و درنتیجه اختلاف فشار بخار آب، بین میوه توت‌فرنگی و هوای داخل بسته‌بندی کمتر شده و در نهایت از دست‌دهی آب‌میوه کاهش می‌یابد.



شکل ۱- تغییرات کاهش وزن (درصد) میوه توت‌فرنگی بسته‌بندی شده در پوشش‌های پلی‌اتیلنی مختلف در طول ۲۰ روز نگهداری

میزان سفتی میوه توت‌فرنگی

در این مطالعه با افزایش زمان نگهداری میزان سفتی وزن میوه توت‌فرنگی کاهش یافت، اختلاف معنی‌داری تا روز هشتم دوره نگهداری بین تیمارها مشاهده نشد، اما پس از آن سفتی در میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلن معمولی (تیمار شاهد) با سرعت بیشتری کاهش یافت. کمترین میزان سفتی بافت میوه در تیمار شاهد و در روز بیستم نگهداری با ۲/۰۱ نیوتن مشاهده شد. در روز چهارم نگهداری میان تیمارهای پوشش پلی‌اتیلنی تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، در روز هشتم تیمار اکسیدروی ۳ درصد (۶/۰۵ نیوتن) دارای بیشترین میزان سفتی میوه بود و با تیمارهای اکسیدروی ۱ درصد (۵/۶۴ نیوتن)، رس ۳ درصد (۵/۵۵ نیوتن)، رس ۳ درصد + اکسیدروی ۳ درصد (۵/۵۵ درصد) و رس ۱ درصد (۵ نیوتن) اختلاف معنی‌داری نداشت. طی روز دوازدهم، روز شانزدهم و روز بیستم بیشترین میزان سفتی میوه در تیمارهای اکسیدروی ۳ درصد (به ترتیب ۴/۹۷، ۴/۷ و ۴/۶۵ نیوتن) و اکسیدروی ۱ درصد (۴/۹۴، ۴/۷۵ و ۴/۶ نیوتن) در شکل ۲ مشاهده شد. در همین ارتباط رسولی (۱۳۹۶) عنوان نمود که تغییرات سفتی در طول دوره نگهداری امکان دارد به‌دلیل تغییرات در ترکیب گازهای درون بسته‌بندی باشد.



شکل ۲- تغییرات میزان سفتی (نیوتن) میوه توت‌فرنگی بسته‌بندی شده در پوشش‌های پلی‌اتیلنی مختلف در طول ۲۰ روز نگهداری

شاخص پوسیدگی میوه توت‌فرنگی

در این مطالعه با افزایش زمان نگهداری شاخص پوسیدگی سیر صعودی داشت، اختلاف معنی‌داری تا روز دوازدهم دوره نگهداری بین تیمارها مشاهده نشد، اما پس از آن شاخص پوسیدگی در میوه‌های بسته‌بندی شده با پوشش پلی‌اتیلن معمولی (تیمار شاهد) با سرعت بیشتری افزایش پیدا کرد و اختلافت میان تیمارهای مختلف مشاهده شد، به نحوی که بیشترین درصد شاخص پوسیدگی در تیمار شاهد با ۱۱/۶۳ درصد مشاهده شد. با رسیدن به روز دوازدهم نگهداری تیمار شاهد (پوشش پلی‌اتیلن معمولی) با ۵/۲۵ درصد نسبت به سایر تیمارها پوسیدگی بیشتری را در میوه‌ها به‌وجود آورد و با تمامی تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌دار داشت، سایر تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند. در روزهای شانزدهم و بیستم، تیمارهای اکسیدروی ۱درصد (به‌ترتیب ۴/۱۹ و ۵/۶۷ درصد)، اکسیدروی ۳

درصد (۴/۲۸ و ۶/۴ درصد) و رس ۳ درصد + اکسید روی ۳ درصد (۴/۵۱ و ۶/۶۵ درصد) کمترین درصد شاخص پوسیدگی میوه در شکل ۳ ارزیابی گردید.

شکل ۳- تغییرات شاخص پوسیدگی (درصد) میوه توت‌فرنگی بسته‌بندی شده در پوشش‌های پلی‌اتیلنی مختلف در طول ۲۰ روز نگهداری

شاخص پوسیدگی از مهمترین عوامل اصلی در هنگام عرضه میوه توت‌فرنگی برای مصرف‌کنندگان می‌باشد. کاهش وزن و کاهش سفتی از عوامل موثر بر پوسیدگی میوه توت‌فرنگی هستند. در واقع سفتی بافت میوه توت‌فرنگی با کاهش وزن و پوسیدگی توت‌فرنگی ارتباط تنگاتنگی دارد. بنابراین می‌توان اظهار داشت دراین مطالعه با توجه به اینکه با افزایش زمان نگهداری درصد کاهش وزن در شکل ۱ افزایش یافت و میزان سفتی در شکل ۲ کاهش پیدا نمود، لذا با توجه به همبستگی شاخص پوسیدگی با صفات مذکور، افزایش شاخص پوسیدگی نیز متاثر از کاهش وزن و میزان سفتی قرار گرفت، شکل ۳. از سوی دیگر تیمارهای با توجه به اینکه تیمارهای اکسید روی ۱ و ۳ درصد دارای کمترین میزان کاهش وزن در شکل ۱ و بیشترین میزان سفتی در شکل ۲ بودند، لذا کمتر بودن شاخص پوسیدگی در این تیمارها را می‌توان ناشی از تاثیر صفات مذکور دانست.

نتیجه گیری

تغییرات فیزیولوژیکی- بیوشیمیایی پویا و فعال طی نگهداری اتفاق می‌افتد و حاکی از تداوم حیات اگر چه در شکل آرام می‌باشد. با توجه به اینکه تغییرات فیزیولوژیکی را نمی‌توان متوقف کرد اما حداقل می‌توان از مطالعه حاضر نتیجه گرفت که کمترین تغییرات در تیمارهای پوشش پلی‌اتیلین با اکسید روی و عمده تغییرات در تیمار پوشش پلی‌اتیلن معمولی اتفاق می‌افتد. شاید بتوان از طریق این دست مطالعات، یک بسته‌بندی مطلوب تعریف و برای افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت فیزیولوژیکی میوه‌ها اقدام کرد.

منابع

رسولی، م. ۱۳۹۶. تغییرات کیفی و ضایعات پس از برداشت میوه توت‌فرنگی بسته‌بندی شده با پوشش‌های پلی‌اتیلنی مختلف در ترکیب با پرتودهی فرابنفش. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی علوم باغبانی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان. ص۱۳۴.

کوشش‌صبا، م. و رمضانیان، ا. ۱۳۹۴. زیست‌شناسی و فن‌آوری پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه‌ها (ترجمه). چاپ اول، انتشارات دانشگاه کردستان، ص ۲۸۸.

Al-Naamani, L., Dutta, J., Dobretsov, S. 2018. Nanocomposite zinc oxide-chitosan coatings on polyethylene films for extending storage life of okra (*Abelmoschus esculentus*) Nanomaterials, 8: 1-14.

Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimanian-Zad, S. 2010. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 11(4): 742-748.

Galstyan, V., Bhandari, M.P., Sberveglieri, V., Sberveglieri, G., Comini, E. 2018. Metal oxide nanostructures in food applications: Quality control and packaging. Chemo sensors, 6(2): 16-33.
Rai, M., Ingle, A.P., Gupta, I., Pandit, R., Paralikar, P., Gade, A., Chaud, M.V., dos Santos, C.A. 2018. Smart nanopackaging for the enhancement of food shelf life. Environmental Chemistry Letters: 1-14.
Rhim, J.W., Park, H.M., Ha, C.S. 2013. Bio-nanocomposites for food packaging applications. Progress in Polymer Science, 38(10): 1629-1652.
Yang, F.M., Li, H.M., Li, F., Xin, Z.H., Zhao, L.Y., Zheng, Y.H., Hu, Q.H. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 °C. Journal of Food Science, 75(3): 236-240.

Application of active packaging based on polyethylene and nano particle of clay and zinc oxide in postharvest quality maintenance of strawberry fruit

Awat Shah Ovaisi[1*], Mahmoud Koushesh Saba[2]
[1]M.Sc. student in Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran
[2]Associate Professor of Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran
[*]*Corresponding Author: shahveisi59@gmail.com*

Abstract
Strawberry is one of the fastest decaying fruits and It was rarely stored until the beginning of the last century, but marketing issues require the importance of considering appropriate ways to increase the shelf life of this luxury product. In this regard, a factorial experiment in the form of a complete randomized design with two active packaging factors (eight levels) and different storage times (six levels including zero days, 4, 8, 12, 16 and 20 days of storage) with 3 Repeat performed. Treatments include polyethylene coating with 1% clay nanoparticles, polyethylene coating with 3% clay nanoparticles, polyethylene coating with 1% zinc oxide nanoparticles, polyethylene coating with 3% zinc oxide nanoparticles, polyethylene coating with nanoparticles 1% clay + 1% zinc oxide nanoparticles, polyethylene coating with 1% clay nanoparticles + 3% zinc oxide nanoparticles, polyethylene coating with 3% clay nanoparticles + 1% zinc oxide nanoparticles, polyethylene coating with nano 3% clay particles + 3% zinc oxide nanoparticles and ordinary polyethylene coating. The results of the present study showed that increasing the storage time increases the percentage of fruit weight loss, fruit tissue firmness and increases the caries index, the highest percentage of fruit weight loss and firmness of fruit tissue was seen in packaging with ordinary polyethylene coating and the lowest was observed in fruits packed with polyethylene coatings containing nanoparticles of zinc and clay. The results of this study showed that the use of active nanoparticles can be useful.
***Keywords*:** Shelf life, Spoilage, Caries index, Nanoparticles