Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 3, Autumn 2019 (515-526)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.255508.1435

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۸ (ص ۵۲۶-۵۱۵)

اثر پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم بر ماندگاری میوه توت‌فرنگی رقم گاویوتا (*Fragaria ananassa*)

سولماز پورعزیز[۱]، فاطمه ناظوری[۲*]، سید حسین میردهقان[۳] و مجید اسماعیلی‌زاده[۳]

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر(عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۵)

چکیده

مصرف توت‌فرنگی تازه به‌دلیل داشتن ویتامین، فنل، آنتوسیانین و دیگر مواد پاداکسنده که در پیشگیری از سرطان و بیماری‌های مختلف مؤثر است افزایش بسیاری داشته، ولی کاهش ویژگی‌های کمی و کیفی این محصول در طی نگهداری و عرضه به بازار، یکی از چالش‌های مهم محسوب می‌شود. استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، به‌دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی، رو به گسترش است و نتایج مثبتی ازجمله کاهش افت وزن، سرعت رسیدن، حفظ رنگ و خواص حسی و ظاهری میوه‌ها و سبزی‌ها را به‌دنبال داشته است. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم بر ماندگاری میوه توت‌فرنگی نگهداری‌شده در دمای ۱±۴ درجه سلسیوس انجام گرفت. تیمارها شامل شاهد (آب مقطر)، آلژینات‌سدیم یک، دو و سه درصد و دوره انبارمانی به‌مدت ۷ و ۱۴ روز با ۴ تکرار تهیه شدند. طی انبارمانی، شاخص‌های درخشندگی، کروما، میزان سفتی، اسید کل، ویتامین‌ث، فنل، فعالیت پاداکسندگی و آنتوسیانین کاهش یافت؛ اما کاربرد پوشش، سبب حفظ این شاخص‌ها گردید؛ به‌طوری‌که در بین تیمارهای این آزمایش، تیمار آلژینات دو درصد تأثیر بیشتری در حفظ این صفات داشت؛ علاوه بر این، با گذشت زمان انبارمانی، فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، کاهش وزن و pH افزایش یافت. کاربرد پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم دو درصد تا ۱۴ روز سبب حفظ سطوح پایین‌تر pH و فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز شده و کاهش وزن را نیز به‌طور مؤثری کنترل نمود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم پلی‌فنل اکسیداز، آنتوسیانین، پوشش خوراکی.

Effect of sodium alginate on the shelf life of strawberry fruits (*Fragaria ananassa* L.cv. Gaviota)

Solmaz Poraziz[1], Fatemeh Nazoori[2*], Seyed Hossein Mirdehghan[3] and Majid Esmailizadeh[3]

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Assistant Professor, Professor and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

(Received: Apr. 8, 2018 - Accepted: May 26, 2018)

ABSTRACT

Consumption of fresh strawberries has increased significantly because of its vitamins, phenols, anthocyanin's and other antioxidant which are effective in preventing various cancers and diseases, but the reduction in the quantitative and qualitative characteristics of this fruit during storage and supply to the market is one of the most important challenges. Application of films and edible coatings is increasing because of its natural contain materials and the absence of environmental pollution which were led to positive results, such as reduction in weight loss, ripening, color improvement, sensory and appearance properties of fruits and vegetables. This study was conducted to investigate the effect of sodium alginate on the shelf life of strawberry fruit stored at 4±1°C. The treatments included control (distilled water), sodium alginate 1, 2 and 3% and storage period for 7 and 14 days with 4 replicates. During storage, brightness index, chroma, rigidity, total acidity, vitamin C, phenol, antioxidant activity and anthocyanin contents decreased, but the application of coatings preserved these indices. So that, two percent alginate treatment was more effective in preserving these traits during experiment. In addition, with the time of storage, polyphenol oxidase enzyme activity, weight loss and pH increased. While the application of sodium alginate 2% preserved the lower levels of pH and activity of the enzyme polyphenol oxidize, it also effectively controlled weight loss up to 14 days.

Keywords: Anthocyanin, edible coatings, polyphenol oxidase enzyme.

* Corresponding author E-mail: fatemehnazoori@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria* × *ananassa* Duch) میوه‌ای نافرازگرا با عطروطعم بسیار مطلوب و منحصربه‌فرد است. این میوه به‌دلیل حساسیت به از دست‌دادن آب، آسیب مکانیکی، نرم‌شدن بافت و فساد، عمر پس از برداشت بسیار کوتاهی دارد (Dong & Wang, 2017) .عمده‌ترین ارقامی که در ایران کشت و کار می‌شوند شامل کردستان، سلوا، کاماروسا، پاروس، گاویوتا، پاجرو و الیسا می‌باشند (Eshghi *et al*., 2007). از ارقامی که کشت و پرورش آن در ایران رواج یافته است می‌توان گاویوتا را نام برد که دارای میوه درشت و سفت بوده و طعم خوبی دارد (Miri *et al*., 2017). ضایعات میوه توت‌فرنگی از مرحله برداشت تا رسیدن به دست مصرف‌کننده، حدود ۳۰ درصد برآورد شده است؛ بنابراین کاهش سرعت تخریب ویژگی‌های کمی و کیفی آن، یکی از چالش‌های مهم محسوب می‌شود (Min *et al*., 2005).

روش‌های متعددی مانند انجماد، آب‌گرم، اتمسفر کنترل‌شده، نورماورابنفش، اشعه گاما، تیمارهای شیمیایی و پوشش‌های خوراکی برای حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی انجام گرفته است (Dong & wang, 2017). یکی از روش‌های مناسب برای افزایش ماندگاری این میوه، کاربرد پوشش‌های خوراکی تهیه‌شده بر پایه پلی‌مرهای طبیعی است. پوشش‌ها با جایگزینی و تقویت لایه‌های طبیعی در سطح محصولات غذایی، مانع از دست‌دادن رطوبت می‌شوند؛ درحالی‌که به‌طور انتخابی اجازه تبادل کنترل‌شده را به گازهای مهم مانند اکسیژن، دی‌اکسید کربن و اتیلن که در تنفس محصول درگیر هستند را داده و از طریق حفظ رطوبت و خواص مکانیکی منجر به طولانی‌تر شدن عمر محصولات غذایی می‌شوند (Galus & Kadzinska, 2015). جنس پوشش‌های خوراکی از پروتئین، لیپید و پلی‌ساکارید می‌باشد (Maftoonazad *et al*., 2008). نشاسته، سلولز و مشتقات آن، پکتین، آلژینات، کیتوزان و کاراژینان مواد اصلی پلی‌ساکاریدی هستند (Galus & Kadzinska, 2015). فیلم‌ها و پوشش‌های پلی‌ساکاریدی هم در نحوه تولید و هم در خواص کاربردی، با فیلم‌ها و پوشش‌های پروتئینی تفاوت دارند. پلی‌ساکاریدها، کربوهیدرات‌هایی با وزن مولکولی بالا هستند و فیلم‌های مشتق‌شده از پلی‌ساکاریدها اغلب به‌دلیل آرایش زنجیره پلیمر، نفوذپذیری اندکی نسبت به گازها دارند اما خواص مکانیکی ضعیف دارند و ماهیت آب‌دوست آنها نفوذپذیری ضعیفی نسبت به بخارآب فراهم می‌آورد (Wang & Gao, 2013).

آلژینات نمک آلژینیک اسید و پلی‌مر دی‌مانوروئیک اسید[1] و ال‌گلوکورونیک اسید[2] است (Guerreiro *et al*., 2015) و از جلبک‌های قهوه‌ای متعلق به خانواده Phaeophyceae به‌دست‌آمده و به‌عنوان پوشش استفاده می‌شود (Nair *et al*., 2018). نمک‌های آلژینات به شکل پودر سفید تا زرد مایل به قهوه‌ای هستند که فاقد بو می‌باشند. آلژینات سدیم به‌عنوان امولسیون‌کننده، پایدارکننده و تغلیظ‌کننده محسوب می‌شود. مزیت آلژینات در ساخت فیلم‌های خوراکی است و به‌دلیل خواص کلوئیدی منحصربه‌فرد و توانایی آن در تشکیل ژل قوی یا پلیمرهای نامحلول در واکنش با کاتیون‌های فلزی بنیانی مانند کلسیم است (Fan *et al*., 2009). کاربرد پوشش آلژینات (۲٪) و کیتوزان (۱٪) غنی‌شده با عصاره پوست انار بر روی میوه گواوا منجر به افزایش کیفیت این میوه شده است. این پوشش‌ها نه‌تنها ویژگی‌های بصری میوه را بهبود بخشیدند، بلکه به‌طور مؤثری پارامترهای تغذیه‌ای را از طریق کاهش سرعت تنفس و در نتیجه به تأخیر انداختن پیری را حفظ کردند (Nair *et al*., 2018). تیمار آلژینات‌سدیم در غلظت‌های ۱، ۳ و ۵ درصد، پارامترهای مرتبط با رسیدن مانند تغییرات رنگ، نرم‌شدن و کاهش اسیدیته را در میوه گیلاس به تأخیر انداخت و میزان تنفس را کاهش داد. علاوه بر این، تأثیر مثبتی بر حفظ غلظت‌های فنل کل و فعالیت پاداکسندگی این میوه داشت (Diaz- Mula *et al*., 2012). در یک بررسی که پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد در ترکیب با پکتین و لاکتات‌کلسیم برای قطعات برش‌خورده هندوانه استفاده شده است، طول عمر نمونه‌های تیمارشده از ۷ روز در شاهد به ۱۲ تا ۱۵ روز در نمونه‌های پوشش داده‌شده افزایش یافت. علاوه بر این، کیفیت نمونه‌های

1. D- mannuronic acid
2. L- guluronic acid

www.SID.ir

Archive of SID

پوشش داده‌شده را نیز افزایش داده است (Sipahi *et al.*, 2013). کاربرد پوشش خوراکی بر اساس آلژینات و سویا در غلظت‌های ۲، ۲/۵ و ۳ درصد، سبب کاهش از دست‌دهی آب و حفظ مواد جامد محلول توت‌فرنگی‌های پوشش داده‌شده گردید (Ahmed & Butt, 2014). همچنین پوشش خوراکی آلژینات (۲ درصد) در ترکیب با عوامل ضد میکروبی، علاوه بر کاهش بروز پوسیدگی میکروبیولوژی و از دست‌دادن وزن میوه توت‌فرنگی، سبب حفظ استحکام و بهبود کیفیت این میوه در طول دوره انبارمانی شده است (Fan *et al.*, 2009). بررسی مطالعات پژوهشگران، نشان از تأثیر کاربرد پوشش خوراکی آلژینات در افزایش عمر انبارمانی میوه‌های مختلف مانند توت‌فرنگی (Fan *et al.*, 2009; Gol *et al.*, 2013; Pereto *et al.*, 2017; Han *et al.*, 2004)، نارنگی (Chen *et al.*, 2016)، گریپ‌فروت (Aloui *et al.*, 2014)، گیلاس (Diaz-Mula *et al.*, 2012) انبه (Robles-Sanchez *et al.*, 2013)، آناناس (Azarakhsh *et al.*, 2014)، آلو (Valero *et al.*, 2013)، هلو (Maftoonazad *et al.*, 2008) و گلابی (Moraes *et al.*, 2012) داشته است. فسادپذیری، ضایعات قابل‌توجه در مرحله پس از برداشت و پایین‌بودن عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی، از عمده‌ترین موانع تولید این محصول می‌باشد. با توجه به ارزیابی اثرات پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم در بهبود موارد ذکرشده، پژوهشی به‌منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم بر ماندگاری و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم گاویوتا انجام شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های توت‌فرنگی رقم گاویوتا از گلخانه‌ای واقع در شهر جیرفت تهیه و میوه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه پس از برداشت دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان منتقل شد. میوه‌های سالم و یکنواخت برای انجام تیمار انتخاب شد. تیمار آلژینات‌سدیم در سطوح ۰ (شاهد)، یک، دو و سه درصد با غوطه‌وری میوه‌ها به‌مدت ۵ دقیقه در ۵۰۰ میلی‌لیتر از این محلول صورت گرفت. شاهد نیز در آب مقطر تیمار شد و بعد از اعمال تیمارها و خشک‌شدن میوه‌ها، نمونه‌های پوشش‌داده شده داخل ظروف یک‌بارمصرف درب‌دار (تقریباً ۲۰۰ گرم) قرار داده و بعد از توزین به سردخانه با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۸۵ درصد منتقل شدند. پس از پایان هر دوره انبارداری (هفت و ۱۴ روز) نمونه‌ها از سردخانه بیرون آورده و پس از توزین، پارامترهای کمی و کیفی میوه‌ها به‌روش ذیل بررسی شدند.

شاخص رنگ میوه و کاسبرگ بعد از خروج میوه‌ها از سردخانه در دو نقطه روبه‌روی هم (مدل Konica Minolta CR 400, Japan) انجام شد. شاخص‌های رنگ شامل درخشندگی (L*)، قرمز-سبز(a*) و آبی-زرد (b*) بود و شاخص کروما و زاویه هیو برای از طریق رابطه‌های ۱ و ۲ زیر محاسبه شد (Azarakhsh *et al.*, 2014).

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a*)^2 + (b*)^2} \quad (۱$$

$$\text{hue} = \tan^{-1}\left(\frac{b*}{a*}\right)^{\circ} \quad (۲$$

کاهش وزن میوه‌ها به کمک ترازو دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. میوه‌ها پیش از ورود به انبار و پس از بیرون‌آوردن از آن در روزهای آزمایش وزن شدند (Wang & Gao, 2013). مواد جامد محلول[1] (TSS) بر حسب درصد، به‌وسیله دستگاه قندسنج دیجیتال[2] (مدل PAL-1 Atago, Japon) در دمای اتاق و سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (LU0805637, Taiwan) با پروب ۱۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و بر حسب کیلوگرم نیرو بیان شد (Robles-Sanchez *et al.*, 2013). پ‌هاش (pH) با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل Germany inolab720, WTW82362) و میزان اسیدیته کل (TA) میوه برحسب اسیدسیتریک که اسید غالب میوه توت‌فرنگی است با هیدروکسید سدیم (۰/۱ نرمال) عیارسنجی و محاسبه شد. آنتوسیانین کل با استفاده از روش تفاوت جذب در pHهای مختلف اندازه‌گیری شد (Wang & Gao, 2013). از پیروگالل به‌عنوان پیش‌ماده آنزیم پلی‌فنل اکسیداز استفاده و فعالیت آنزیم با استفاده از ضریب خاموشی پیروگالل معادل (۶/۲ $mM^{-1}Cm^{-1}$) و فرمول $A=\varepsilon bc$ محاسبه گردید

1. Total Soluble Solids (TSS)
2. Refeactometer

www.SID.ir

Archive of SID

(Nicoli *et al*., 1991). فعالیت پاداکسندگی با استفاده از DPPH[1] به‌روش شرح داده‌شده توسط Robles-Sánchez *et al*. (2013) و اندازه‌گیری فنل با استفاده از معرف فولین- سیکالتیو و استفاده از طیف‌سنج نوری در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر انجام شد. محاسبه میزان ترکیبات فنلی با استفاده از استاندارد گالیک‌اسید ۱ میلی‌مولار بر حسب معدل میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه انجام شد (Valero *et al*., 2013). اندازه‌گیری ویتامین‌ث به‌روش عیارسنجی با محلول ید توسط واکنش اکسایش و احیا صورت گرفت.

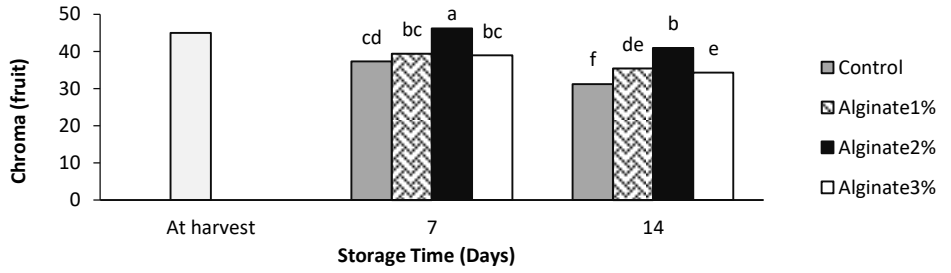
آنالیز آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول غلظت آلژینات در چهار سطح و فاکتور دوم دوره انبارمانی در دو سطح بود. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS.9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. جداول و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Excel و Word رسم و نتایج تفسیر گردید

نتایج و بحث

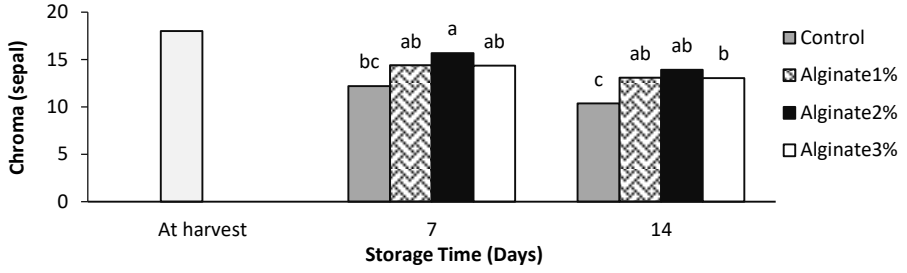
شاخص رنگ

با گذشت زمان انبارمانی شاخص درخشندگی میوه و کاسبرگ کاهش یافت (جدول ۲) اما تیمار آلژینات ۲ درصد توانست به نحو مؤثری مانع کاهش این شاخص نسبت به تیمار شاهد شود (جدول ۱). البته دیگر غلظت‌های آلژینات نیز در حفظ این شاخص مؤثر بودند. هر چقدر که شاخص کرومای میوه و کاسبرگ پایین‌تر باشد، وضوح رنگ نیز به همان نسبت کاهش می‌یابد. در پژوهش حاضر نمونه‌های پوشش‌داده شده با آلژینات‌سدیم دارای کرومای بالاتری نسبت به شاهد بودند (شکل‌های ۱ و ۲). در این بررسی زاویه رنگ تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت.



شکل ۱. اثر متقابل آلژینات‌سدیم و دوره انبارمانی بر شاخص کرومای میوه توت‌فرنگی. حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSDاست (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 1. Interaction effect of sodium alginate and storage period on chromate index of strawberry fruit. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۲. اثر متقابل آلژینات‌سدیم و دوره انبارمانی بر شاخص کرومای کاسبرگ توت‌فرنگی. حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 2. Interaction effect of sodium alginate and storage period on chromate index of strawberry sepal. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

1. 1,1-diphenyl-2-picrylhidrazel

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. اثر آلژینات‌سدیم بر صفات فیزیکی و شیمیایی میوه توت‌فرنگی
Table 1. The effect of sodium alginate on some physical and chemical properties of strawberry fruits

	L Value (fruit)	L Value (sepal)	Total acidity (%)	Soluble solids (Brix)	Anthocyanin (mg/g f.w)	Antioxidant activity (%)	Vitamin C (mg/100ml)
Control	30.29c	23.37c	0.41d	6.07a	17.4c	34.62c	54.5d
Alginate 1%	33.1b	29.9b	0.44b	5.29b	21.3b	40.25b	59.2c
Alginate 2%	39.04a	35.01a	0.48a	5.3b	25.66a	42.75a	66a
Alginate 3%	32.75b	33.7a	0.44c	5.76ab	22.46b	39b	62.37b

Means within each column followed by the same letter are not significantly different. حروف همسان در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار هستند.

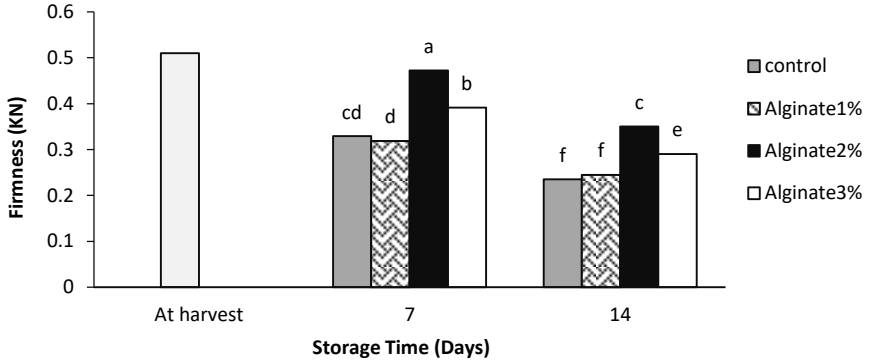
رنگ یک عامل مهم در درک کیفیت میوه توت‌فرنگی است (Hernandez-Munoz *et al*., 2008). تغییرات رنگ از طریق اندازه‌گیری سه شاخص L، کروما و زاویه رنگ بیان می‌شود که L، میزان درخشندگی محصول، کروما نشان‌دهنده میزان شدت رنگ و شاخص زاویه رنگ یک مختصات از شاخص‌های رنگی استاندارد در میوه را نشان می‌دهد (Fan *et al*., 2009). با گذشت زمان، انبارمانی رنگ میوه توت‌فرنگی تغییر کرده و میوه‌ها تیره‌تر و سطح آنها قهوه‌ای می‌شود (Hernandez-munos *et al*., 2008). دلیل تیره‌تر شدن رنگ میوه توت‌فرنگی با گذشت زمان انبارمانی افزایش سنتز آنتوسیانین‌ها و همچنین از دست‌دادن رطوبت میوه می‌باشد (Han *et al*., 2004). مزایای پوشش در حفظ رنگ میوه توت‌فرنگی به‌دلیل تأثیر آن بر کاهش تیره‌شدن میوه در طی ذخیره‌سازی است که در نتیجه حساسیت بالای میوه به اکسیداسیون اتفاق می‌افتد (Guerreiro *et al*., 2015). نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان‌دهنده تأثیر مثبت پوشش آلژینات بر پارامترهای رنگی میوه انبه (Robles-Sanchez *et al*., 2013) و آناناس (Azarakhsh *et al*., 2014) است که دلیل آن را به کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مربوط دانسته اند. تأخیر در پیری، از دلایل کاهش تغییرات رنگ میوه از جمله شاخص درخشندگی میوه است. در واقع پوشش‌ها با تغییر اتمسفر درونی محصول، سبب کاهش فرآیند تنفس و فعالیت‌های متابولیکی میوه شده و از این طریق سبب تأخیر در پیری و حفظ شاخص‌های رنگی میوه و کاسبرگ می‌شوند (Garcia *et al*., 2012). در پژوهش حاضر، نمونه‌های پوشش داده شده با آلژینات دارای کرومای بالاتری نسبت به شاهد بود. نتایج پژوهش انجام‌شده بر روی میوه‌های توت‌فرنگی پوشش-داده شده با کیتوزان در ترکیب با کلسیم دارای سطوح بالاتر کروما بودند (Hernandez-munos *et al*., 2008).

سفتی

نتایج حاصل از این آزمایش، نشان‌دهنده تأثیرگذار بودن آلژینات‌سدیم در حفظ سفتی میوه توت‌فرنگی است؛ به‌نحوی‌که با وجود کاهش میزان سفتی با گذشت زمان انبارمانی، تیمارها توانستند سفتی میوه را نسبت به تیمار شاهد حفظ کنند (شکل ۳). آلژینات ۲ درصد در روز هفتم انبارمانی توانست سفتی میوه را در سطوح بالایی نزدیک به میزان آن در زمان برداشت حفظ کند. سفتی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی است که قضاوت مصرف‌کننده و در نتیجه پذیرش توسط مصرف‌کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در طی انبارمانی فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین که پروتوپکتین را به پکتین‌های محلول در آب تجزیه می‌کند از یک طرف و کاهش فشار تورژسانس سلولی که منجر به شکستن دیواره سلولی می‌شود از طرف دیگر، منجر به نرم‌شدن میوه می‌گردد (Wang & Gao, 2013). دلیل حفظ سفتی میوه به‌وسیله پوشش آلژینات، ایجاد یک اتمسفر داخلی مناسب در میوه‌های پوشش‌داده شده است که منجر به کاهش متابولیسم میوه توت‌فرنگی و افزایش ماندگاری آن می‌گردد (Fan *et al*., 2009). به‌طورکلی، پوشش‌ها روند نرم‌شدن میوه را کند می‌کنند که احتمالاً ناشی از خواص ممانعتی پوشش در برابر جذب O_2 است که منجر به کاهش فعالیت‌های متابولیکی شده و در نتیجه فرآیند رسیدن و پیری را به تأخیر انداخته و از این طریق سبب حفظ سفتی میوه می‌گردد (Sogvar *et al*., 2016).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. اثر متقابل آلژینات‌سدیم و دوره انبارمانی بر سفتی میوه توت‌فرنگی. حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSDاست (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 3. Interaction effect of sodium alginate and storage period on strawberry fruit firmness. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

کاهش وزن

با گذشت زمان انبارمانی از دست‌دهی آب میوه افزایش یافت (شکل ۴). به‌طوری که در روز پایان، میزان کاهش وزن در شاهد به ۳/۵۷ درصد رسید. با این حال آلژینات‌سدیم توانست از دست‌دهی وزن را کاهش دهد اما تیمار دو درصد آلژینات‌سدیم نسبت به سایر تیمارها، تأثیر بیشتری بر کاهش از دست‌دادن وزن داشت. کاهش وزن میوه‌ها و سبزی‌های تازه، عمدتاً به‌دلیل از دست‌دادن آب در نتیجه فرآیندهای تنفس و تعرق است (Hernandez-Munoz *et al*., 2006). پوشش آلژینات با ایجاد یک مانع فیزیکی در برابر از دست‌دادن رطوبت و درنتیجه به تعویق‌انداختن پیری و چروکیدگی منجر به حفظ وزن در محصولات می‌شود (Fan *et al*., 2009). نتایج حاصل از کاربرد پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم (۱ و ۳ درصد) بر روی میوه آلو نیز نشان‌دهنده تأثیر این پوشش در کاهش از دست‌دهی وزن است (Valero *et al*., 2013).

pH و اسید کل

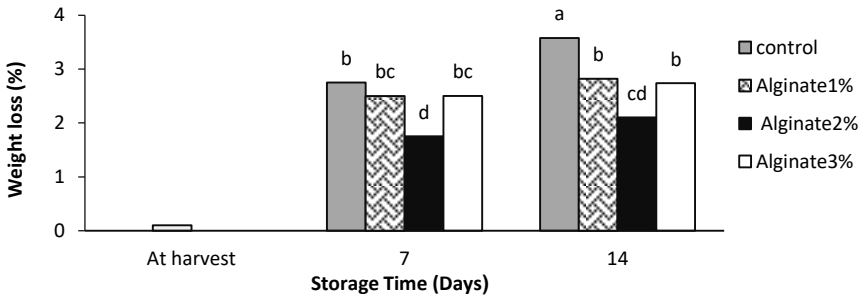
در این پژوهش، با گذشت زمان انبارمانی میزان pH میوه توت‌فرنگی افزایش (شکل ۵) ولی اسید کل کاهش یافت (جدول۲). احتمالاً دلیل افزایش pH، مصرف اسیدهای آلی در فرآیند تنفس طی مدت انبارمانی است. تیمار آلژینات ۲ و ۳ درصد توانست سبب حفظ pH در سطوح پایین‌تری نسبت به شاهد شود. نتایج این بررسی همسو با نتایج محققین دیگر بر روی میوه هلو (Maftoonazad *et al*., 2008) و گلابی (Moraes *et al*., 2012) است. در طول رسیدن و پیری محتوای اسید میوه به‌عنوان یک ماده مهم در متابولیسم تنفس کاهش می‌یابد در نتیجه، تنفس بیشتر منجر به کاهش بیشتر در اسیدیته می‌شود؛ بنابراین میزان اسید میوه شاخص خوبی برای میزان تنفس است (Valero *et al*., 2013). در میوه توت‌فرنگی طی مدت نگهداری به‌ویژه در انبارهایی با دمای پایین، میزان اسید میوه کاهش می‌یابد که می‌تواند به‌دلیل شکسته‌شدن اسید به قند در طی تنفس، میوه باشد. در این پژوهش نیز میزان اسید کل با گذشت زمان انبارمانی کاهش یافت؛ اما تیمار آلژینات قادر به حفظ اسیدیته نسبت به شاهد بود (جدول۱). در بین غلظت‌های مختلف آلژینات، تیمار آلژینات ۲ درصد، تأثیر بیشتری در حفظ اسیدیته داشت. درواقع پوشش‌های خوراکی از طریق تغییر اتمسفر درونی و کاهش میزان تنفس، تغییرات اسیدیته را در میوه‌های پوشش داده شده کاهش می‌دهند (Eshghi *et al*., 2014).

مواد جامد محلول

در پژوهش حاضر با گذشت زمان انبارمانی میزان مواد جامد محلول افزایش یافت (جدول ۲) و مقدار این شاخص در تیمار آلژینات ۱ و ۲ درصد از نوسانات کمتری برخوردار بود (جدول۱).

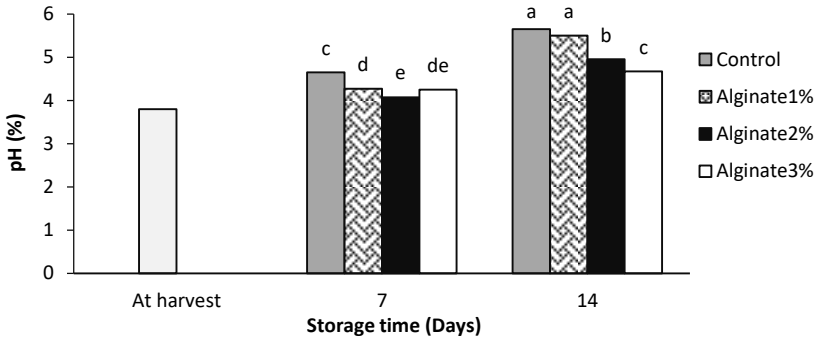
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. اثر متقابل آلژینات‌سدیم و دوره انبارمانی بر کاهش وزن میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی، حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 4. Interaction effect of sodium alginate and storage period on strawberries weight loss. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۵. اثر متقابل آلژینات‌سدیم و دوره انبارمانی بر میزان pH میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 5. Interaction effect of sodium alginate and storage period on pH of fruit juice strawberries during storage. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

مواد جامد محلول حاوی اجزای مهم به‌ویژه قندها و اسیدهای آلی هستند که مسئول طعم و پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده می‌باشند (Garcia *et al.*, 2012). تعادل بین قندها و اسیدهای آلی در تعیین طعم میوه توت‌فرنگی مهم است و وجود میزان بالای قند و اسید برای ایجاد طعم خوب در توت‌فرنگی لازم است (Eshghi *et al.*, 2014). در میوه‌های نافرازگرا مانند توت‌فرنگی، میزان مواد جامد محلول به‌طور طبیعی در طول دوره ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد؛ که دلیل آن این است که در این میوه‌ها در زمان برداشت منبع انرژی وجود ندارد و یا بسیار کم است، درحالی‌که یک منبع انرژی برای مصرف در تنفس لازم است؛ بنابراین در طی انبارمانی از قندهای موجود در میوه به‌عنوان یک منبع برای تنفس استفاده شده و در نتیجه محتوای مواد جامد محلول کاهش می‌یابد. دلیل عمده تجمع مواد جامد محلول افزایش ازدست‌دهی آب است؛ اما حلالیت‌پذیری پلی‌یورونیدها و همی‌سلولزهای دیواره سلولی در توت‌فرنگی بالغ، همچنین ممکن است به افزایش در محتوای مواد جامد محلول کمک کند (Guerreiro *et al.*, 2015). پوشش یک لایه نیمه‌نفوذپذیر ایجاد می‌کند و تعرق را کاهش داده و با کاهش سرعت تنفس سبب حفظ مواد جامد محلول در میوه پوشش‌داده شده می‌گردد (Ghasemi *et al.*, 2016). با این حال افزایش مقدار محتوای مواد جامد محلول در نتایج کار محققینی (Hernandez- Munos *et al.*, 2008; Tanada-Palmo & Graso, 2005) که روی میوه توت‌فرنگی کار کردند مشاهده شده است. دلیل این افزایش می‌تواند از دست‌دادن آب بیشتر باشد که منجر به افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌شود (Garcia *et al.*, 2012).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. اثر دوره انبارمانی بر صفات فیزیکی و شیمیایی میوه توت‌فرنگی

Table 2. The effect of Storage time on some physical and chemical properties of strawberry fruits

Storage time (days)	L Value (fruit)	L Value (sepal)	Total acidity (%)	Soluble solids (Brix)	Anthocyanin (mg/g f.w)	Antioxidant activity (%)	Vitamin C (mg/100ml)
At harvest	47	44	.55	4.5	38	59	88
7 (day)	36.1a	33.59a	.45a	5.2b	23.68a	45.6a	64.7a
14 (day)	31.48b	27.4b	.43b	6a	19.7b	32.6b	56.3b

حرف‌های همسان در هر ستون بیانگر نبود اختلاف معنی‌دار هستند. Means within each coleumn followed by the same letter are not significantly different.

آنتوسیانین

در این پژوهش، طی مدت انبارمانی میزان آنتوسیانین نسبت به زمان برداشت کاهش یافت (جدول۲) که دلیل این کاهش می‌تواند به پیری و از بین‌رفتن بافت میوه و تخریب آنتوسیانین‌ها نسبت داده شود. اما تیمار آلژینات منجر به حفظ میزان آنتوسیانین نمونه‌های پوشش‌داده شده نسبت به شاهد گردید (جدول۱). آنتوسیانین‌ها گروهی از ترکیبات‌فنلی محلول در آب هستند که مسئول رنگ قرمز تا آبی در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها می‌باشند (Garcia *et al*., 2012). این ترکیبات دارای اثرات مفید بسیاری بر سلامتی انسان بوده و از مواد پاداکسنده به‌شمار می‌روند (Garcia-Alonso *et al*., 2004). به‌دلیل این‌که شاخص مورد استفاده برای تعیین زمان برداشت میوه توت‌فرنگی، رنگ قرمز ناشی از سنتز آنتوسیانین است، مقدار آنتوسیانین برای ارزیابی بلوغ توت‌فرنگی مهم است (Garcia *et al*., 2012). کاهش محتوای آنتوسیانین طی دوره انبارمانی و حفظ این شاخص توسط آلژینات و سایر پوشش‌های خوراکی همسو با پژوهش‌های انجام‌شده بر روی میوه توت‌فرنگی است (Fan *et al*., 2009; Han *et al*., 2004). پوشش آلژینات به‌عنوان یک مانع گازی عمل کرده و فضای داخلی را در میوه‌ها تعدیل می‌کند (سطوح بالاتر CO_2 و سطوح پایین‌تر O_2) که این به‌نوبه خود باعث تغییر در واکنش‌های بیوشیمیایی منجر به سنتز آنتوسیانین می‌گردد (Gol *et al*., 2013)؛ بنابراین کاهش تنفس و تأخیر در پیری بافت میوه و درنتیجه ممانعت از تخریب آنتوسیانین به‌واسطه فرآیند پیری می‌تواند دلیل حفظ آنتوسیانین به‌وسیله پوشش باشد (Ma *et al*., 2013).

آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

نتایج نشان می‌دهد که فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز با گذشت زمان انبارمانی افزایش یافته است (شکل ۶) اما در تیمار آلژینات ۲ درصد کمترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز ثبت شد. آنزیم پلی‌فنل اکسیداز به‌عنوان یک کاتالیزور در واکنش‌های اکسیداسیون عمل می‌کند (Jiang, 2013). این آنزیم هیدرولیز مونو فنل‌ها[1] به ۱- دی فنل‌ها[2] و اکسیداسیون ۱- دی فنل‌ها را به ۱- کوینون‌های[3] معادل آن را کاتالیز می‌کند (Chiabrando & Giacalone, 2016) و تجمع ملانین که رنگیزه مسئول رنگ قهوه‌ای در بافت‌های گیاهی است را سبب می‌شود (Falguera *et al*., 2011). نتایج ما با نتایج پژوهش‌های دیگر محققین بر روی میوه هلو مطابقت داشت (Gorny *et al*., 1999). نتایج پژوهش انجام‌شده بر روی میوه شلیل نیز نشان‌دهنده تأثیر بیشتر پوشش آلژینات بر کنترل فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نسبت به ترکیب کیتوزان و آلژینات است (Chiabrando & Giacalone, 2016). به‌طورکلی، پوشش‌ها با داشتن خواص ممانعتی در برابر اکسیژن، سبب کاهش تماس بخش‌های داخلی محصول با اکسیژن اطراف شده و از فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز ممانعت کرده و واکنش‌های اکسیداسیون را کاهش می‌دهند.

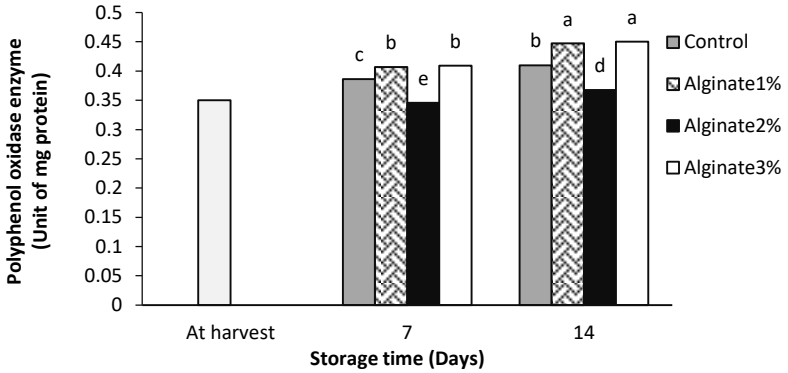
ترکیبات فنلی و فعالیت پاداکسندگی

با گذشت زمان انبارمانی، میزان فنل کل کاهش یافت. در پایان دوره انبارمانی، بالاترین میزان ترکیبات فنلی مربوط به تیمار آلژینات ۲ درصد و کمترین میزان آن در شاهد ثبت شد. بالاترین میزان فعالیت پاداکسندگی در تیمار آلژینات ۲ درصد (۴۰ درصد) و کمترین در شاهد مشاهده شد (جدول ۱). با گذشت زمان انبارمانی فعالیت پاداکسندگی بیش از ۴۵ درصد نسبت به زمان برداشت کاهش یافت (جدول ۲).

1. Monophenols
2. O-diphenols
3. O-quinones

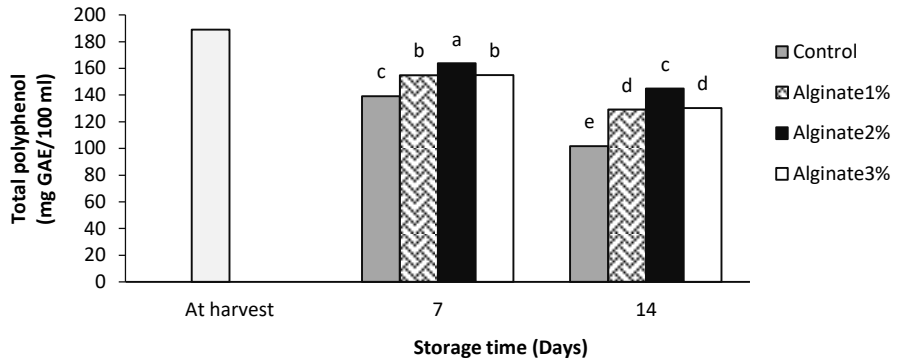
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. تأثیر غلظت‌های مختلف آلژینات‌سدیم بر میزان آنزیم پلی‌فنل اکسیداز میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 6. Effect of different concentrations of sodium alginate on the amount of polyphenol oxidase enzymes in strawberry fruit during storage. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.



شکل ۷. تأثیر غلظت‌های مختلف آلژینات‌سدیم بر میزان ترکیبات فنلی میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی حروف مشترک بیان‌گر نبود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها بر پایهٔ آزمون LSD است (p<۰/۰۵). خطوط بالای نمودار بیانگر میانگین‌ها ± خطای استاندارد است.

Figure 7. Effect of different concentrations of sodium alginate on the amount of polyphenol compounds in strawberry fruit during storage. Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at p<0.05 according to the LSD test. The vertical line on the columns show means ± standard errors.

طی زمان نگهداری، فعالیت پاداکسندگی میوه‌ها کاهش می‌یابد که این روند به‌دلیل محافظت سلول در برابر آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد است. کاهش آنتوسیانین و ترکیبات فنلی هم یکی دیگر از دلایل کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی است؛ زیرا این ترکیبات خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند و با کاهش میزان آنها، فعالیت پاداکسندگی نیز کاهش خواهد یافت. کاهش فعالیت ضد اکسیداسیونی می‌تواند به‌دلیل پیری و پوسیدگی در طی ذخیره‌سازی نیز اتفاق بیفتد (Sogvar *et al*., 2016). تأثیر مثبت پوشش خوراکی آلژینات در حفظ فعالیت پاداکسندگی در مطالعات انجام‌شده بر روی میوه انبه (Robles-Sanchez *et al*., 2013)، گواوا (Nair *et al*., 2018) و گیلاس (Aloui *et al*., 2014) نیز گزارش شده است. دلیل آن توانایی پوشش در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه، کاهش میزان پوسیدگی و فعالیت‌های آنزیمی است که منجر به کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌شود.

یکی از دلایل اصلی کاهش ترکیبات فنلی در طی انبارمانی، اکسیداسیون فنل‌ها به‌وسیله آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز (Duan *et al*., 2011) و تنفس بالای محصول نسبت داده شده است (Ali *et al*., 2011). با وجود کاهش میزان ترکیبات فنلی با گذشت زمان انبارمانی، تیمار آلژینات توانسته سبب حفظ سطوح بالاتر این ترکیبات نسبت به شاهد گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی پوشش خوراکی آلژینات روی میوه گواوا (Nair *et al*., 2018) و آلو (Valero *et al*., 2013) سبب تأخیر در فرآیند رسیدن و همچنین حفظ سطوح بالاتر ترکیبات فنلی گردید که دلیل آن ایجاد یک حفاظ و کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن اطراف محصول و در نتیجه کاهش دسترسی آنزیم پلی‌فنل اکسیداز به اکسیژن و کاهش اکسیداسیون فنل‌ها می‌باشد (Jiang & Li, 2001).

ویتامین‌ث

مقدار ویتامین‌ث طی انبارمانی روند کاهشی داشته به‌طوری که نسبت به زمان برداشت ۳۶ درصد کاهش را ثبت کرد (جدول۲). در بین تیمارهای مختلف آلژینات نیز بالاترین میزان ویتامین‌ث در تیمار آلژینات ۲ درصد (۶۶ میلی‌گرم) و کمترین مربوط به تیمار شاهد (۵۴/۵) بود؛ بنابراین تیمار آلژینات توانسته به‌طور مؤثری سبب حفظ ویتامین‌ث گردد (جدول۱).

به‌طور معمول، مقدار ویتامین‌ث در توت‌فرنگی تازه با توجه به نوع رقم در محدوده ۸۴-۲۶ میلی‌گرم در هر صد گرم قرار دارد (Martinez-Romero *et al*., 2013). این مقدار با گذشت زمان انبارمانی کاهش می‌یابد؛ همان‌طور که در این پژوهش کاهش یافت. این کاهش در نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام‌شده بر روی میوه گواوا (Nair *et al*., 2018) و توت‌فرنگی (Gol *et al*., 2013) نیز ثبت شده است. کاهش میزان ویتامین‌ث در طول دوره انبارمانی به‌دلیل فعالیت آنزیم آسکوربیک‌اسید اکسیداز است که آسکوربیک‌اسید را به دهیدرو آسکوربیک‌اسید و فنل‌اکسیداز تبدیل می‌کند. از دلایل دیگر کاهش ویتامین ث، اتو اکسیداسیون است که به‌طور خودبه‌خودی هنگامی‌که آسکوربیک‌اسید با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود، اتفاق می‌افتد (Sogvar *et al*., 2016). علاوه بر اکسیداسیون، افزایش pH در اثر فعالیت آنزیمی می‌تواند سبب کاهش ویتامین ث شود. برخی محققین فرآیندهای اکسیداتیو را عامل اصلی انهدام ویتامین ث در بافت میوه‌ها بیان کردند و دریافتند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، حرارت و آنزیم‌های اکسیدکننده تسریع می‌شود (Plaza *et al*., 2006). کاهش تلفات ویتامین‌ث با کاربرد پوشش‌های خوراکی به‌دلیل کاهش نفوذپذیری این پوشش‌ها به اکسیژن است که سبب تأخیر در واکنش‌های اکسیداسیون ویتامین ث در محصول می‌شود (Sogvar *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، میوه توت‌فرنگی رقم گاویوتا طی انبارمانی دچار تغییراتی می‌گردد. اما پوشش آلژینات‌سدیم سبب کاهش تغییرات در پارامترهای کمی و کیفی میوه مانند سفتی، رنگ، پ.هاش، فعالیت پاداکسندگی، ترکیبات فنلی و اسیدیته شده و در نتیجه سبب حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی می‌شود. به‌نظر می‌رسد نگهداری میوه توت‌فرنگی در ظروف درب‌دار پلاستیکی و دمای ۱±۴ درجه سلسیوس با استفاده از پوشش خوراکی آلژینات‌سدیم دو درصد تا ۱۴ روز با حفظ اکثر صفات کمی و کیفی امکان‌پذیر است.

REFERENCES

1. Ahmed, W. & Butt, M. S. (2014). Preserving Strawberry (*Fragaria ananasa*) using alginate and Soy Based edible coatings. *American Journal of Food Science and Technology*, 2(5), 158-161.
2. Aloui, H., Khwaldia, K. H., Sanchez-Gonza´ lez, L., Muneret, L., Jeandel, C., Hamdi, M. & Desobry, S. (2014). Alginate coatings containing grapefruit essential oil or grapefruit seed extract for grapes preservation. *International Journal of Food Science & Technology*, 49, 952-959.
3. Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P. & Adzahan, N. M. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1-7.
4. Chiabrando, V. & Giacalone, G. (2016). Effects of edible coatings on quality maintenance of fresh-cut nectarines. *Journal of Food and Agriculture*, 28(3), 201 .
5. Chen, C., Peng, X., Zeng, R., Chen, M., Wan, C. & Chen, J. (2016). *Ficus hirta* fruits extract incorporated into an alginate-based edible coating for Nanfeng mandarin preservation. *Scientia Horticulturae*, 202, 41-48.

www.SID.ir

Archive of SID

6. Diaz-Mula, H. M., Serrano, M., & Valero, D. (2012) Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 2990-2997.
7. Dong, F. & Wang, X. (2017). Effects of carboxymethyl cellulose incorporated with garlic essential oil composite coatings for improving quality of strawberries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 821-826.
8. Eshghi S, Hashemi M, Mohammadi A, Badie F, Mohammad hosseini Z, Ahmadi S. K. & Ghanati K. (2014). Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(2), 9-19.
9. Eshghi, S., Abdi, G., Tafazoli, E. & Yavari, S. (2007). Strawberry research and biotechnology in Iran. *Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(2), 39-41.
10. Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A. & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Journal of Food Science and Technology*, 22(6), 292-303.
11. Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L. & Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria× ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53(1), 84-9.
12. Galus, S. & Kadzinska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Journal of Food Science and Technology*, 45(2): 273-283.
13. Garcia, L. C., Pereira, L. M., Sarantópoulos, L., Claire, I. G. & Hubinger, M. D. (2012). Effect of Antimicrobial Starch Edible Coating on Shelf-Life of Fresh Strawberries. *Packaging Technology and Science*, 25(7), 413-425.
14. Garcia-Alonso, M., Rimbach, G., Rivas-Gonzalo, J. C. & de Pascual-Teresa, S. (2004). Antioxidant and cellular activities of anthocyanins and their corresponding vitisins studies in platelets, monocytes, and human endothelial cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11), 3378-3384.
15. Ghasemi, M., Ramin, A. A. & Amini. F. (2016).The Effect of coating containing chitosan on quality and Increase post-harvest life cucumber cv zomorod. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*, 5(15). (in Farsi)
16. Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 185-195.
17. Gorny, J. R., Hess-Pierce, B. & Kader, A. A. (1999). Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slices as affected by cultivar, storage atmosphere and chemical treatments. *Journal of Food Science*, 64(3), 429-432.
18. Guerreiro, A. C., Gago, C. M., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. & Antunes, M. D. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 51-60.
19. Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W. & Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria× ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest biology and Technology*, 33(1), 67-78.
20. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria× ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110(2), 428-435.
21. Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J. & Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), 247-253.
22. Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91-97.
23. Ma, Z., Yang, L., Yan, H., Kennedy, J. F. & Meng, X. (2013). Chitosan and oligochitosan enhance the resistance of peach fruit to brown rot. *Carbohydrate Polymers*, 94, 272-277.
24. Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S. & Marcotte, M. (2008). Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of food Science and Technology*, 43(6), 951-957.
25. Min, S., Harris, L. J., Han, J. H. & Krochta, J. M. (2005). Listeria monocytogenes inhibition by whey protein films and coatings incorporating lysozyme. *Journal of Food Protection*, 68(11), 2317-2325.
26. Miri, M., Hoseini. M., Sori, M. & Abbaspour, S. (2017). Effect of Potassium Nitrate and Phenyl Phthalamic Acid on Some of Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry. *Journal of Plantproduction*, 39(4), 43-52. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

27. Moraes, K. S. D., Fagundes, C., Melo, M. C., Andreani, P. & Monteiro, A. R. (2012). Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. *Food Science and Technology*, 32(4), 679-684.
28. Nair, M. S., Saxena, A. & Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L). *Food Chemistry*, 240, 245-252.
29. Nicoli, M. C., Elizable, B. E., Piotti, A. & Lerici, C. R. (1991). Effect of sugar and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. *Journal of Food Biochemistry*, 15, 169-184.
30. Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G. & Martin-Belloso, O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *Food Science and Technology*, 50(1), 240-246.
31. Sipahi, R. E., Castell-Perez, M. E., Moreira, R. G., Gomes, C. & Castillo, A. (2013). Improved multilayered antimicrobial alginate-based edible coating extends the shelf life of fresh-cut watermelon (*Citrullus lanatus*). *Food Science and Technology*, 51(1), 9-15.
32. Sogvar, O. B., Saba, M. K. & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 29-35.
33. Tanada-Palmu, P. S. & Grosso, C. R. (2005). Effect of edible wheat gluten –based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananasa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 199-208.
34. Valero, D., Diaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S. & Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77, 1-6.
35. Wang, S. Y. & Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). *Food Science and Technology*, 52(2), 71-79.

www.SID.ir