DOI: 10.22059/ijbse.2019.288803.665222 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹ (ص ۴۸۴-۴۷۱)

Application of the Edible Coating of Carboxy Methyl Cellulose/Pectin Composite Containing *Humulus lupulus* Extract on the Shelf Life of Fresh Cute Oranges at Cold Conditions

MASOUD NOROUZI ZADEH[1], SAJAD PIRSA[2], SABER AMIRI[3*], LAYA REZAZAD BARI[4]

1. Department of Food Science and Technology, Saba Institute of Higher Education, Urmia, Iran
2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Urmia University, Urmia, Iran
3. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
4. Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resource, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received: Sep. 12, 2019- Revised: Nov. 9, 2019- Accepted: Dec. 2, 2019)

ABSTRACT

In this study, the fresh slices of orange were immersed in composite edible coatings including pectin (constant value, 1%), carboxymethyl cellulose (0, 1, 2%) and *Humulus lupulus* extract (0, 0.5 and 1%) and were kept in the refrigerator for 4, 9 and 14 days. Then, the characteristics of the samples were evaluated by qualitative tests including pH, acidity, antioxidant activity, total phenol, color properties (ΔE), vitamin C and total acceptance. In the following, the optimum conditions were determined based on the results of the tests and two samples were selected for validation tests. The optimum samples (including 1% pectin coating, 1.88% carboxymethyl cellulose (CMC) and 1% *Humulus lupulus* extract) and control (without edible coating) were kept in the refrigerator for 10 days and in addition to the above tests, two tests of texture analysis (penetration test) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR analysis) were performed on them. The examination of the results showed that CMC and *Humulus lupulus* extracts prevented the oxidation of vitamin C. Composite edible coatings, especially in the high percentage of CMC, were able to maintain good vitamin C content in the fresh slices of orange. There was also a significant difference between the results of the control and optimum sample tests, indicating the positive effect of the edible coating used on the fresh slices of orange.

Keywords: Edible coatings, Bioactive, Shelf life, Fresh slices of orange, Optimization

* Corresponding Author's Email: s.amiri@tabrizu.ac.ir

کاربرد پوشش خوراکی کامپوزیتی کربوکسی‌متیل‌سلولز/پکتین حاوی عصاره رازک بر ماندگاری برش‌های تازه پرتقال در شرایط سرد

مسعود نوروزی‌زاده[۱]، سجاد پیرسا[۲]، صابر امیری[۳*]، لعیا رضازاد باری[۴]

۱. گروه علوم وصنایع غذایی، موسسه آموزش عالی صبا، ارومیه، ایران

۲. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳. گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۱- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۸/۸/۱۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۹/۱۱)

چکیده

در این پژوهش برش‌های تازه پرتقال در پوشش‌هایی خوراکی کامپوزیتی شامل پکتین (در مقدار ثابت، یک درصد)، کربوکسی متیل سلولز (صفر، ۱ و ۲ درصد) و عصاره رازک (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) غوطه‌ور شده و برای مدت ۴، ۹ و ۱۴ روز در یخچال نگهداری شدند. سپس ویژگی‌های نمونه‌ها با آزمون‌های کیفی شامل pH، اسیدیته، آنتی‌اکسیدان، فنل کل، رنگ، ویتامین C و پذیرش کلی بررسی گردید. در ادامه شرایط بهینه بر اساس نتایج آزمایشات تعیین شده و دو نمونه برای آزمون‌های تاییدی انتخاب گردید. نمونه بهینه (شامل پوشش پکتین ۱ درصد، کربوکسی متیل سلولز (CMC) ۱/۸۸ درصد و عصاره رازک ۱ درصد) و شاهد (بدون پوشش خوراکی) به مدت ۱۰ روز در یخچال نگهداری شدند و علاوه بر آزمایشات فوق دو آزمون بررسی بافت (نفوذ) و طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR) بر روی آن ها انجام گرفت. بررسی نتایج آزمایشات نشان داد که CMC و عصاره رازک از اکسیداسیون ویتامین C جلوگیری کرده بودند. پوشش خوراکی کامپوزیتی، به خصوص درصد بالای CMC توانست مقدار ویتامین C را در برش‌های تازه پرتقال به خوبی حفظ کنند. همچنین بین نتایج آزمایشات نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی داری وجود داشت که نشان دهنده تاثیر مثبت پوشش خوراکی مورد استفاده در نگهداری برش‌های تازه پرتقال بود.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌های خوراکی، زیست فعال، ماندگاری، برش‌های تازه پرتقال، بهینه سازی

مقدمه

میوه‌ها نقش مهمی در رژیم غذایی انسان دارند ولی مشکل مهم در رابطه با میوه‌های تازه برش داده شده، مدت زمان کوتاه نگهداری آنها می‌باشد. این میوه‌های آماده مصرف به دلیل فساد سریع میکروبی، تجزیه آنزیمی ترکیبات مغذی، از دست دادن رطوبت و تغییر رنگ که منجر به از دست دادن ظاهر مطلوب می‌شود، از نظر اقتصادی پذیرش ندارند (Qadri *et al.*, 2015). پرتقال[۱] میوه‌ای از خانواده مرکبات است که در مناطق گرمسیری پرورش می‌یابد و برخلاف میوه‌های گرمسیری ماندگاری پس از برداشت آن زیاد است؛ اما وقفه زیاد بین برداشت تا عرضه، این محصول را دچار فسادهای قارچی و باکتریایی می‌کند. در بین کشورهای جهان، ایران با سطح زیر کشت حدود ۲۴۰ هکتار و تولید حدود ۴/۰۲ میلیون تن در سال از نظر سطح زیر کشت، رتبه‌ی نهم و از نظر تولید رتبه‌ی هفتم را داراست (FAO, 2010). از آنجایی که سرانه مصرف پرتقال در ایران پنج برابر سرانه جهانی است، متقابلا میزان ضایعات پوست پرتقال روند افزایشی دارد. امروزه با توجه رشد سریع مصرف میوه‌های تازه برش خورده آماده مصرف در کشورهای پیشرفته، تقاضا برای محصولات با کیفیت، تازه و با ماندگاری بالا در حال افزایش است. از این رو، پژوهش‌های زیادی برای نگهداری، افزایش ماندگاری و قابلیت مصرف میوه‌ها صورت گرفته است (Azarakhsh *et al.*, 2014; Rojas-Graü *et al.*, 2007; Olivas *et al.*, 2005).

پوشش‌های خوراکی لایه‌های نازکی از مواد هستند که سدی محافظ در مقابل انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل شده در غذا ایجاد می کنند و می‌توانند توسط مصرف کننده خورده شوند. متداول‌ترین نوع از این پوشش‌ها، پوشش‌های پلی ساکاریدی هستند که شامل پکتین، مشتقات سلولزی و ... می‌باشد. پکتین و مشتقات سلولزی همانند کربوکسی متیل‌سلولز

* نویسنده مسئول: s.amiri@tabrizu.ac.ir

1. *Citrus sinensis*

نفوذ پذیری اندکی به گازها دارند و برای بهبود خاصیت آبگریزی آن‌ها از اسید های چرب استفاده می کنند (Navaroo, 2011). این پوشش‌ها با ایجاد یک لایه نازک روی محصول از عبور میکروارگانیسم‌ها و اکسیژن جلوگیری می‌کنند، در نتیجه مشکل خشک و چروکیده شدن میوه‌های تازه برش خورده و همچنین فساد باکتریایی را برطرف می‌کنند. کربوکسی متیل سلولز (CMC) از جمله‌ی پلی ساکاریدهای مشتق شده از سلولز است که در تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار می گیرد، که در ترکیب با سایر ترکیبات مثل پکتین، فیلم‌ها و پوشش‌هایی با خواص مکانیکی مطلوب، مقاوم و شفاف ایجاد می‌کند (Ghanbarzadeh *et al*., 2009). نحوه پوشش‌دهی نمونه-ها به نوع و شکل میوه بستگی دارد. مناسب‌ترین نوع پوشش‌دهی، از طرق غوطه‌ور کردن می باشد. در این روش محفظه‌ای محتوی ماده پوشش‌دهنده تهیه شده و محصول مورد نظر در مدت زمان معین در آن غوطه‌ور می‌گردد و تا حدی که ضخامت لازم روی سطح فرآورده ایجاد گردد، ادامه دارد (Arnon *et al*., 2014; Oms-Oliu *et al*., 2008). امروزه استفاده از افزودنی‌های طبیعی به عنوان آنتی‌اکسیدان، طعم دهنده، نگهدانده و... در پوشش ها رواج یافته است. یکی از این موارد استفاده از عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی می‌باشد. رازک[1] گیاهی دارویی است که اسانس حاصل از آن دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدعفونی کننده و تقویت کننده‌ی معده جهت هضم می‌باشد. اما استفاده از دز بالای آن موجب تاثیر منفی بر هورمون‌ها و ایجاد آلرژی می‌شود. این گیاه در صنایع آبجوسازی و به عنوان طعم دهنده استفاده می‌شود و دارای اثر ضد باکتریایی است (Kowalczyk & Biendl, 2016; Chien *et al*., 2007). Guerreiro *et al*. (2016) به بررسی اثر پوشش خوراکی آلژینات سدیم بر ماندگاری برش‌های سیب پرداختند. ایشان در نهایت گزارش کردند که پوشش مذکور موجب افزایش ماندگاری نمونه‌ها و کاهش قهوه‌ای شدن در سیب شده است، همچنین تولید اتیلن کاهش یافته است و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش داشته است. Radi *et al*. (2017) اثر پوشش ژلاتینی با استفاده از آلوئه‌ورا و عصاره‌ی چای سبز را بر ماندگاری برش‌های پرتقال بررسی کردند؛ در نتیجه گزارش کردند که پوشش‌ها باعث کاهش رشد میکروبی، کاهش افت وزن و افزایش خواص حسی شده است. Jafari *et al*., (2018) به بررسی اثر پوشش تری هالوز حاوی اسانس درمنه بر ویژگی‌های پس از برداشت گوجه فرنگی گیلاسی پرداختند. ایشان در نهایت گزارش کردند که پوشش مذکور از کاهش اسیدیته نمونه‌ها در طی نگهداری جلوگیری کرده است و اسانس درمنه رسیدگی زود رس و پیری را به تاخیر انداخته بود. Taghinejad *et al*., (2012) به مقایسه‌ی پوشش‌های کیتوزان-رس و قارچ‌کش- واکس بر روی برخی ویژگی‌های کیفی پرتقال تامسون در حین انبارمانی پرداختند. در نتیجه گزارش کردند که پوشش مذکور موجب مقاوت میوه در برابر بیماری‌های قارچی شده است، همچنین استحکام بافت درونی میوه نیز افزایش یافته بود. محتوای بالای رطوبت پرتقال محیط مستعدی را برای رشد باکتری و قارچ‌ها به وجود آورده است، بنابراین فناوری پوشش-دهی، برای بهبود طعم و مزه محصولات غذایی استفاده می‌شود که با نگهداری آن‌ها در بسته‌هایی با این پوشش‌ها، می توان یک سد در مقابل انتقال مواد (آب، گاز و چربی‌ها) از جمله اکسیژن ایجاد کرد و در نتیجه مدت نگهداری آن را بالا برد (Rojas-Graü *et al*., 2008; Sattari, 2009). برش‌های پرتقال به علت نداشتن پوست و شرایط نامناسب نگهداری مستعد آلودگی‌های باکتریایی و قارچی هستند؛ بنابراین استفاده از پوشش‌های محافظ حاوی ترکیبات نگهدارنده طبیعی برای رفع این مشکلات ضروری است. از اینرو، هدف پژوهش حاضر بهینه سازی پوشش کامپوزیت کربوکسی متیل سلولز-پکتین حاوی عصاره رازک جهت افزایش ماندگاری برش‌های تازه میوه پرتقال است.

مواد و روش ها

تهیه پوشش‌های خوراکی و پوشش‌دهی نمونه‌ها

مواد مورد نیاز شامل پکتین پرتقال (شرکت Obipektin، سوئیس)، عصاره رازک (شرکت دارو سازی باریج اسانس، کاشان، ایران) کربوکسی‌متیل‌سلولز (شرکت Panreac، آلمان) می باشند. همچنین میوه‌های پرتقال تامسون۲ از بازار محلی ارومیه تهیه شده و توسط گروه باغبانی دانشگاه ارومیه مورد تایید قرار گرفت. ژل کامپوزیت، مطابق طرح آماری (جدول ۱) شامل پکتین یک درصد (در مقدار ثابت) و مقادیر صفر، یک و دو درصد کربوکسی‌متیل‌سلولز و عصاره رازک صفر، ۰/۵ و یک درصد تهیه شد. بدین منظور مقادیر مختلف این ترکیبات در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۵ دقیقه همزده شد تا کاملا حل گردند. پس از تهیه محلول‌های پوشش، پرتقال های انتخاب شده با سایز متوسط به صورت برش های چهارتایی کاملا یکسان و مساوی به وسیله‌ی چاقوی استریل آماده شدند. سپس برش‌های تازه پرتقال به مدت یک دقیقه در ژل غوطه‌ور شدند و در دمای محیط قرار داده شدند تا پوشش بر روی سطح پرتقال تثبیت گردد. سپس نمونه‌ها درون ظرف‌های استریل درب

1. *Humulus lupulus*

2. Thompson

دار قرار داده شده و در دوره های زمانی ۴، ۹ و ۱۴ روز مورد بررسی قرار گرفتند (Tapia, *et al*., 2007).

اندازه گیری pH

الکترود دستگاه pH متر (Metrohm 827، سوییس) در دمای محیط و در ۱۰ میلی‌لیتر آب پرتقال بدست آمده توسط آب میوه گیری قرار داده شد و مقدار pH اندازه‌گیری شد (Supraditareporn & Pinthong, 2007).

اندازه‌گیری اسیدیته

جهت اندازه‌گیری اسیدیته نمونه‌ها در روزهای معین، مقدار یک میلی‌لیتر از آب نمونه مورد نظر با نه میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد؛ سپس با NaoH با نرمالیته ۰/۲ تیتر گردید. در نهایت مقدار اسیدیته بر حسب اسید سیتریک مطابق رابطه‌ی ۱ محاسبه گردید (Navarro-Tarazaga *et al*., 2011).

(رابطه ۱)

$$\text{اسیدیته}=\frac{\text{حجم سود مصرفی}\times\text{نرمالیته}\times\text{جرم مولکولی اسید سیتریک}}{\text{وزن نمونه}\times 1000}\times 100$$

اندازه‌گیری خواص آنتی‌اکسیدان

برای اندازه‌گیری درصد خواص آنتی‌اکسیدانی از روش مهار DPPH[1] استفاده شد. بدین منظور مقدار یک میلی‌لیتر از آب نمونه مورد نظر با سه میلی لیتر DPPH مخلوط گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی انکوبه شدند. سپس میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (PG instruments t80 UV-Vis، انگلستان) در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد و مطابق رابطه‌ی ۲ درصد خاصیت آنتی اکسیدانی محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری میزان جذب نمونه شاهد از یک میلی‌لیتر متانول و یک میلی‌لیتر DPPH استفاده شد (Oms-Oliu *et al*., 2008).

(معادله ۲)

$$\text{درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی (برحسب درصد مهار DPPH)} = \frac{A_c-A_s}{A_c}\times 100$$

که در آن A_c میزان جذب نمونه کنترلی و A_s میزان جذب نمونه است.

اندازه‌گیری فنل‌کل

برای اندازه‌گیری میزان فنل‌کل در نمونه‌ها مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر از آب نمونه با دو میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو[2] ۱۰ درصد و دو میلی‌لیتر کربنات‌سدیم مخلوط گردید و سپس به مدت یک ساعت در تاریکی انکوبه شدند. میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار غلظت نهایی فنل (X) در نمونه‌ها پس از محاسبه توسط رابطه‌ی ۳ توسط محلول‌های استاندارد ضربدر ۵ /۲ شد تا مقدار نهایی آن بر حسب اسیدگالیک بدست آید (Cortés, *et al*., 2008).

(رابطه ۳)

Y=۰/۰۱۳X-۰/۰۰۴

اندازه‌گیری ویتامین C

برای اندازه گیری ویتامین C از روش یدومتریک مطابق با روش Gohari and Hassanzadeh در سال ۱۳۹۷، ابتدا محلول ۰/۰۱ نرمال ید تهیه گردید (مقدار ۱/۲۶۹ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر مخلوط نموده و به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد). برای تعیین فاکتور ید محلول فوق، پس از دو روز نگهداری، ۲۰ میلی لیتر از آن را در یک ارلن ریخته و روی آن ۲ میلی لیتر محلول نشاسته ۱ درصد اضافه گردید. این مخلوط را با محلول اسید آسکوربیک خالص تیتر نموده به طوری که در نقطه پایان محلول به رنگ خاکستری کم رنگ تغییر رنگ داد. برای محاسبه فاکتور ید از معادله زیر استفاده شد:

(رابطه ۴)

$$F=\frac{A}{B\times N\times 88.1}$$

که در آن F= فاکتور محلول ید، A= مقدار اسید آسکوربیک خالص (میلی گرم)، B= مقدار مخلوط ید مصرف شده (میلی لیتر) و N= نرمالیته محلول ید است.

بعد از تعیین فاکتور ید مقدار ویتامین C در آب میوه اندازه گیری شد. برای این کار ۱۰ میلی لیتر از آب پرتقال در ارلن مایر ریخته شد و روی آن ۲ میلی لیتر محلول نشاسته ۱ درصد اضافه گردید. سپس مخلوط نشاسته و آب میوه توسط محلول ید تیتر گردید. عمل تیتراسیون تا ظهور رنگ خاکستری روشن ادامه یافت. برای محاسبه مقدار ویتامین C در آب میوه بر حسب میلی گرم از معادله زیر استفاده شد:

(رابطه ۵)

$$Vitamin\ C=\frac{S\times N\times F\times 88.1}{10}\times 100$$

که در آن S= مقدار محلول ید مصرف شده (میلی لیتر)، N= نرمالیته محلول مصرف شده و F= فاکتور محلول ید مصرف شده است.

آزمون رنگ سنجی

برای اندازه‌گیری رنگ سطحی نمونه‌های پوشش‌داده شده ابتدا دستگاه روی یک صفحه سفید استاندارد قرار داده شد و پارامترهای رنگی پوشش‌ها روی صفحه سفید استاندارد توسط دستگاه رنگ سنج MINOLTA مدل CM-3600d اندازه‌گیری شد. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتر بر حسب شاخص‌های L, a, b بیان شدند و اختلاف رنگ کل (ΔE) مطابق معادله

1. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

2. Folin–Ciocalteu reagent

۵ محاسبه گردید. داده‌ها در طی سه اندازه‌گیری از نقاط مختلف نمونه‌ها بدست آمد و از آن‌ها میانگین گرفته شد (Cortés, *et al.*, 2008).

(رابطه ۵)

$$\Delta E=\sqrt{(L_{sample}-L^{*})^2+(a_{sample}-a^{*})^2+(b_{sample}-b^{*})^2}$$

آزمون پذیرش‌کلی

نمونه‌های تهیه شده به همراه پرسشنامه به ۱۰ ارزیاب با مشخصات زیر داده شد: هیچکدام از آن‌ها سیگاری نباشند. هیچ یک از آن‌ها به مواد غذایی خاصی حساسیت نداشته باشند. سن آن‌ها بین ۲۰ تا ۶۰ سال باشد. آنان در پرسشنامه‌های خود تیمارها را از لحاظ پذیرش کلی رنگ، طعم، عطر و بافت مورد ارزیابی قرار دادند و به آنها از ۱ (کمترین امتیاز) تا ۵ (بیشترین امتیاز) امتیاز دادند. برای تشخیص تمایز طعم نمونه‌ها از یکدیگر در فواصل ارزیابی یک لیوان آب در اختیار افراد قرار گرفت. سپس جمع امتیازات۱۰ ارزیاب به عنوان نمره‌ی خواص حسی (پذیرش‌کلی) در نظر گرفته شد (Arnon *et al.*, 2014).

آزمون بافت سنجی (نفوذ)

در این آزمون هر دو قسمت پوستی (بیرونی) و گوشتی (درونی) پرتقال مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش نفوذ با پروب استیل به قطر ۲ میلی متر، سرعت تست ۲ میلی متر در ثانیه و مسافت طی شده توسط پروب ۵ میلی متر بود که توسط دستگاه بافت سنج (Texture analyser TA-XT2plus , Stable Microsystems, Surrey, UK) انجام شد. سرعت قبل و بعد از آزمون ۱۰ میلی متر در ثانیه تعیین شده بود. پس از انجام آزمون، نمودارهای نیرو-تغییر شکل مربوط به هر پرتقال رسم گردید و از آن‌ها نیروی شکست و تنش مربوط، تعیین گردید. مقدار مشخص نیرو بر حسب کیلوگرم بر ثانیه برای نفوذ به درون نمونه‌ها محاسبه و بدست آمد (Arnon *et al.*, 2014).

آزمون طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FT-IR)

دو نمونه بهینه پس از ۱۰ روز نگهداری در دمای یخچال به مدت ۲۴ ساعت در آون قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. سپس قسمت گوشتی نمونه‌ها به همراه KBr با استفاده از پرس هیدرولیکی به شکل قرص آماده شد. در نهایت آزمون طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز توسط دستگاه FT-IR (Shimadzu 8400, Kyoto, Japan) در محدوده ۴۰۰ تا ۴۰۰۰بر سانتی متر انجام گرفت (Arnon *et al.*, 2014; Chien *et al.*, 2007).

طرح و آنالیز آماری

در پژوهش حاضر از روش سطح پاسخ[1] و طرح باکس بنکن[2] برای بررسی اثر سه فاکتور عددی غلظت کربوکسی متیل سلولز (صفر، ۱ و ۲ درصد)، غلظت عصاره رازک (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) و مدت زمان نگهداری (۴، ۹ و ۱۴ روز) با ۱۷ نمونه آزمایشی استفاده شد (جدول ۱). جهت بررسی اثر معنی‌داری فاکتورها و بر هم‌کنش-های آن‌ها از روش تجزیه واریانس در سطح خطای $\alpha \leq$ ۰/۰۵ استفاده گردید. طرح، تجزیه آماری و رسم نمودارها با نرم افزار Design Expert v11 (Stat-Ease Int. Co., Minneapolis, MN, USA) انجام گرفت.

جدول ۱: طرح آماری

Run	CMC (%)	*Humulus lupulus* Extract (%)	Storage Time (Day)
۱	۰	۰/۵	۴
۲	۲	۰/۵	۴
۳	۱	۰/۵	۹
۴	۱	۰	۱۴
۵	۱	۱	۱۴
۶	۲	۱	۹
۷	۰	۱	۹
۸	۲	۰/۵	۱۴
۹	۲	۰	۹
۱۰	۱	۰	۴
۱۱	۱	۰/۵	۹
۱۲	۰	۰	۹
۱۳	۱	۰/۵	۹
۱۴	۰	۰/۵	۱۴
۱۵	۱	۱	۴
۱۶	۱	۰/۵	۹
۱۷	۱	۰/۵	۹

نتایج و بحث

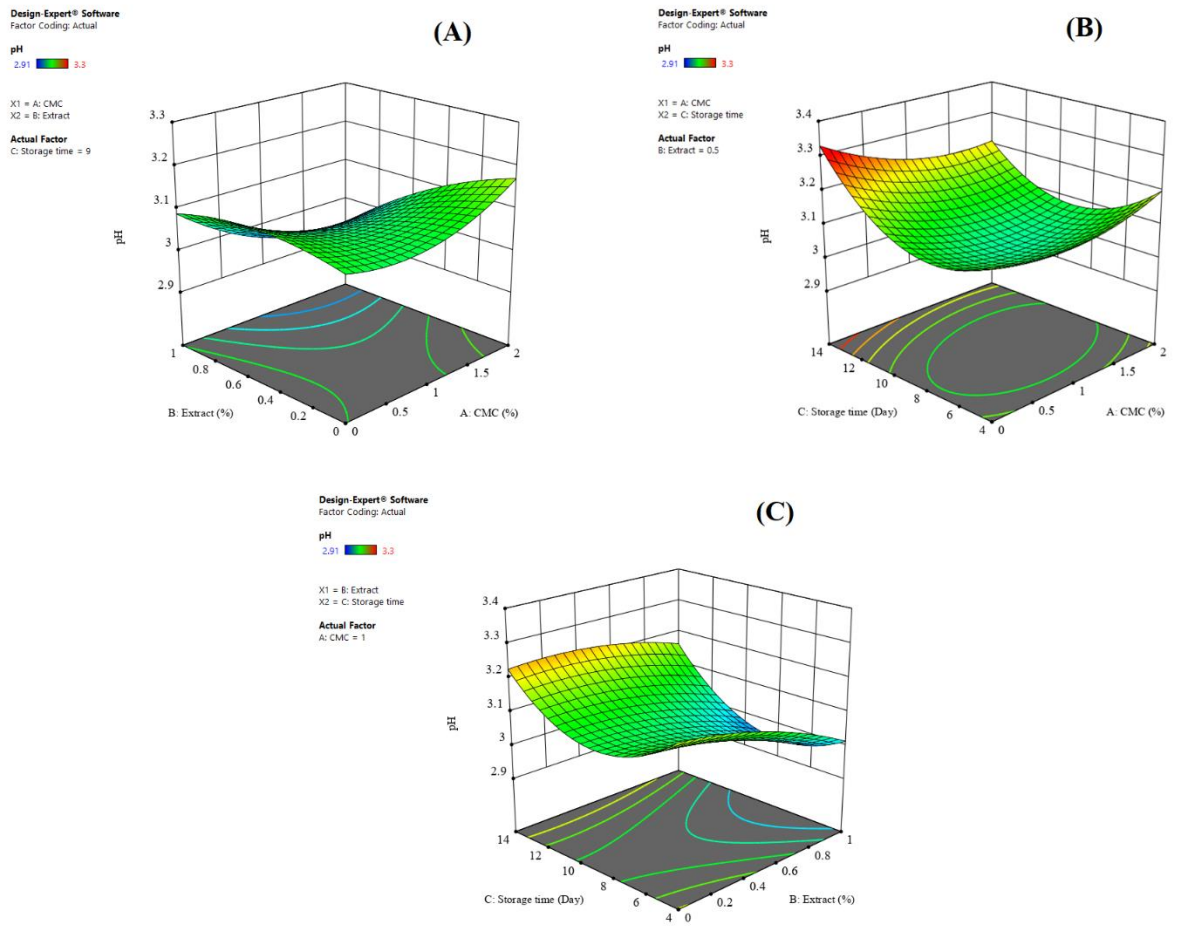
نتایج pH

بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر pH معنی دار بود ($p<$۰/۰۵). همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد pH نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری و بدون حضور CMC و عصاره رازک افزایش می‌یابد. مدت زمان نگهداری مهمترین عامل تاثیر گذار بر pH بود. به طوری که در روز ۹ کاهش و در روز ۱۴ افزایش داشتند. وجود درصد بالای CMC از تغییرات pH جلوگیری کرده است و پایین بودن درصد عصاره رازک موجب افزایش آن شده است. بیشترین مقدار pH مربوط به نمونه ای بود

1. Response Surface Methodology
2. Box-behnken

که درصد CMC آن یک درصد بود و pH آن معادل ۳/۲۶ بود. همچنین نمونه ای که در روز نهم مقدار CMC آن دو درصد و عصاره رازک آن یک درصد بود، pH آن در رنج حداقل و معادل ۲/۹۲ قرار داشت. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که CMC از کاهش pH در طول زمان نگهداری جلوگیری کرده است.

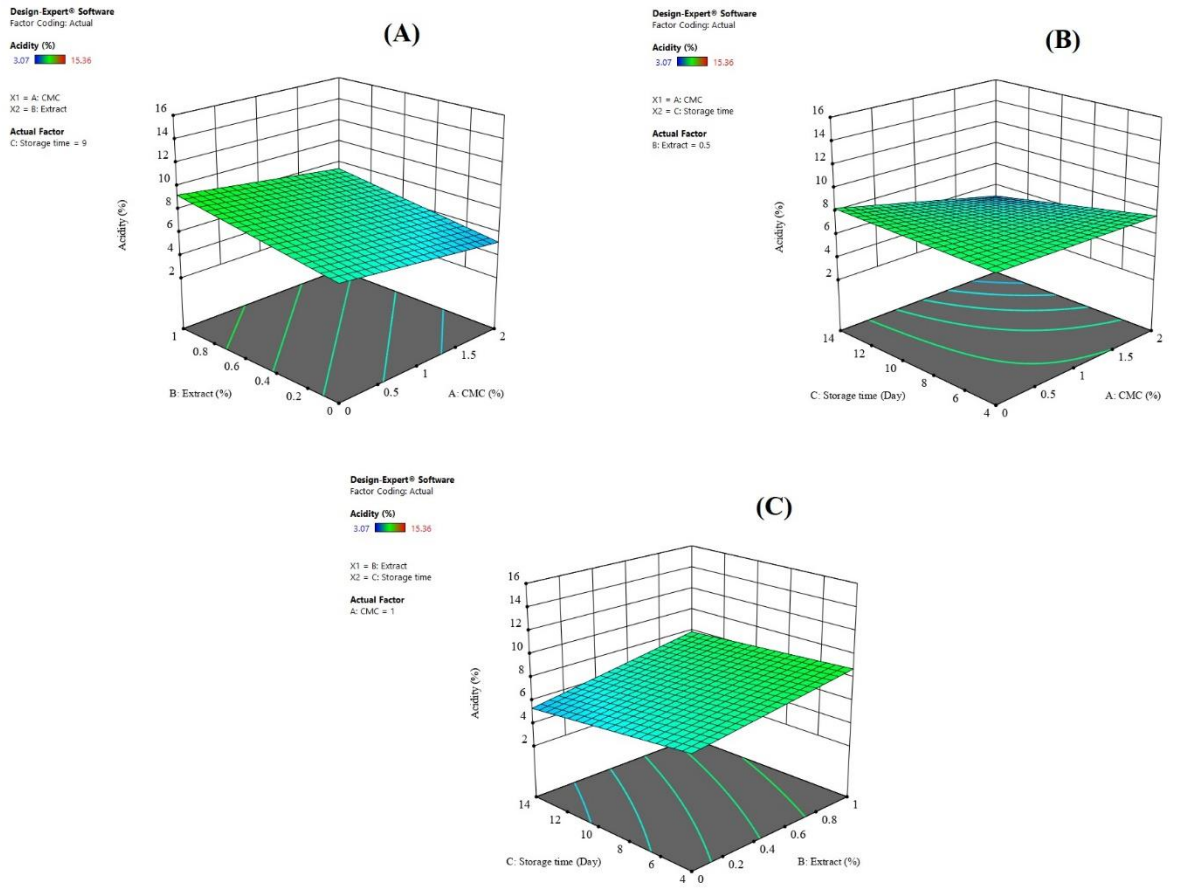
افزایش pH نشان‌دهنده این است که پرتقال‌ها به سمت پیری رفته‌اند؛ اما نمونه‌هایی که pH کاهشی داشتند، بیانگر این است که آن‌ها مستعد حملات قارچی و فساد بوده‌اند (Cortes *et al.*, 2007). Martín-Diana *et al.* (2009) افزایش pH آب پرتقال، با گذشت زمان نگهداری و تغییرات کلی آن را بین ۳/۲۱ تا ۳/۶۳ بیان کردند. آن‌ها از غلظت‌های مختلف کیتوزان برای پوشش‌دهی پرتقال استفاده کردند و نتیجه گرفتند که هرچه غلظت کیتوزان بیشتر باشد آب میوه دارای pH بالاتری خواهد بود.



شکل ۱: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر pH نمونه‌ها

اسیدیته

بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر اسیدیته نمونه‌ها برحسب اسید سیتریک معنی دار نبود ($p>0/05$). ولی احتمالا به دلیل فعالیت میکروبی و تولید سایر اسیدهای آلی اسیدیته با افزایش مدت زمان نگهداری و بدون حضور پوشش خوراکی زیست فعال افزایش داشت. همانطور که در شکل ۲ مشخص است اسیدیته نمونه‌ها در روز ۹ روند افزایشی و در روز چهاردهم با کاهش رو به رو شدند. افزایش مقدار CMC و کاهش مقدار عصاره رازک در پوشش‌ها موجب کاهش اسیدیته در طول دوره نگهداری شد. علت افزایش اسیدیته ممکن است به علت انجام فرایند تخمیر در نمونه‌ها باشد Supraditareporn & (Pinthong, 2009). با گذشت زمان نگهداری، اسید کاهش می‌یابد و بر مقدار قند افزوده می‌شود (El-Zeftawi, 1997).



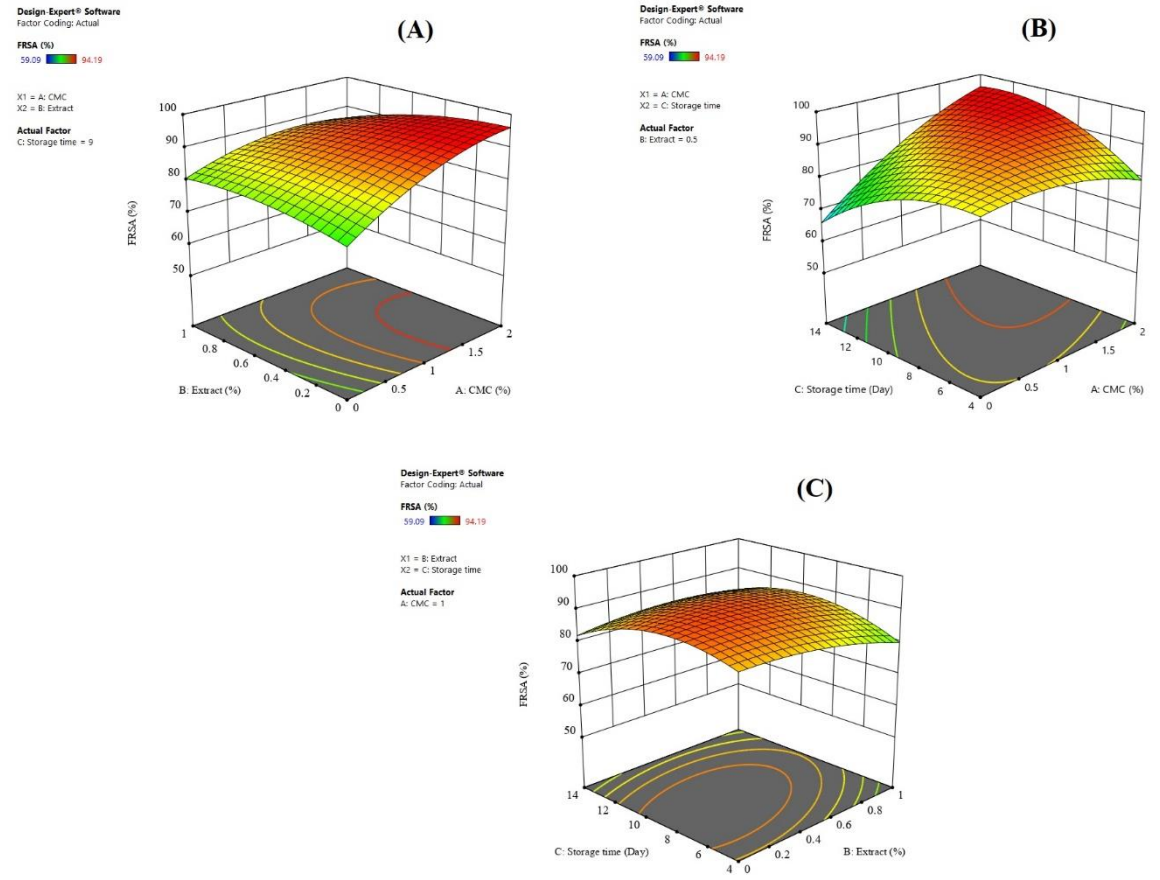
شکل ۲: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (٪)، B: غلظت عصاره رازک (٪) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر اسیدیته نمونه‌ها

خواص آنتی‌اکسیدانی

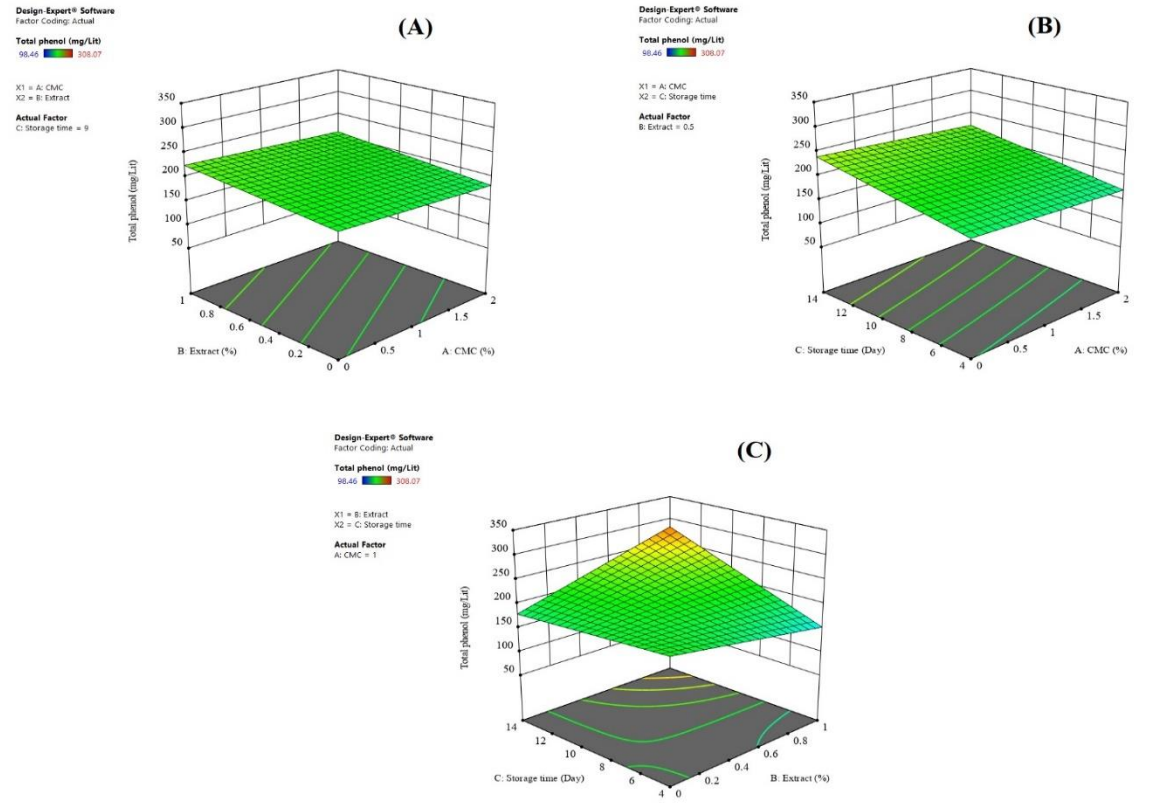
بر اساس نتایج تاثیر غلظت‌های مختلف CMC و همچنین اثر متقابل CMC و زمان ماندگاری بر مقدار آنتی‌اکسیدان از لحاظ آماری معنی دار بود (p<۰/۰۵). همانطور که در شکل ۳ مشخص است با افزایش درصد CMC و مدت زمان نگهداری درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH افزایش داشت. به عبارت بهتر، درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با گذشت زمان کاهش نداشت. زیرا CMC در درصد بالا موجب می‌گردد رهایش اسانس رازک به آرامی صورت گیرد و درنتیجه با گذشت زمان اثر محافظت کنندگی خوبی بر روی برش‌های تازه پرتقال داشته و موجب حفظ خواص آنتی اکسیدانی در نمونه‌ها شد. همچنین CMC در ترکیب با پکتین موجب ایجاد لایه ای محافظ بر سطح نمونه گردید و از رسیدن اکسیژن و تولید رادیکال آزاد و در نهایت اکسیداسیون محصول جلوگیری کرد (Serrano-Cruz *et al.*, 2013). Gardner *et al.* (2000) با بررسی میزان فلاونوئید، آنتی‌اکسیدان و ویتامین C در میوه پرتقال و نارنگی نشان دادند که که خاصیت آنتی اکسیدانی در طول مدت نگهداری کاهش می‌یابد.

فنل کل

بر اساس نتایج اثر متقابل عصاره رازک و مدت زمان نگهداری بر میزان فنل‌کل از نظر آماری معنی دار بود (p<۰/۰۵). با افزایش غلظت عصاره رازک و مدت زمان نگهداری میزان ترکیبات فنلی افزایش داشت (شکل ۴). افزایش مقادیر فنل‌کل برحسب میلی‌گرم اسید گالیک بر لیتر نشان‌دهنده‌ی زیاد بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی آن است. درصدهای بالای CMC و عصاره رازک باعث افزایش مقدار فنل‌کل در طول دوره‌ی نگهداری شدند. مقادیر فنل با گذشت زمان در نمونه‌ها روند افزایشی داشت. نمونه‌هایی که فنل آن‌ها کاهش داشته است به علت شکست ساختار سلولی طی پدیده پیری در طول دوره نگهداری است (Macheix *et al.*, 1990; Ghasemnezhad & Shiri, 2010). دما و زمان نگهداری بیشترین اثر را بر مقدار فنل دارند؛ به طوری که نگهداری شش ماهه در دمای پایین، میزان فنل آب پرتقال را ۱۰ الی ۲۰ درصد کاهش می‌دهد (Klimczak *et al.*, 2007; Martín-Diana *et al.*, 2009).



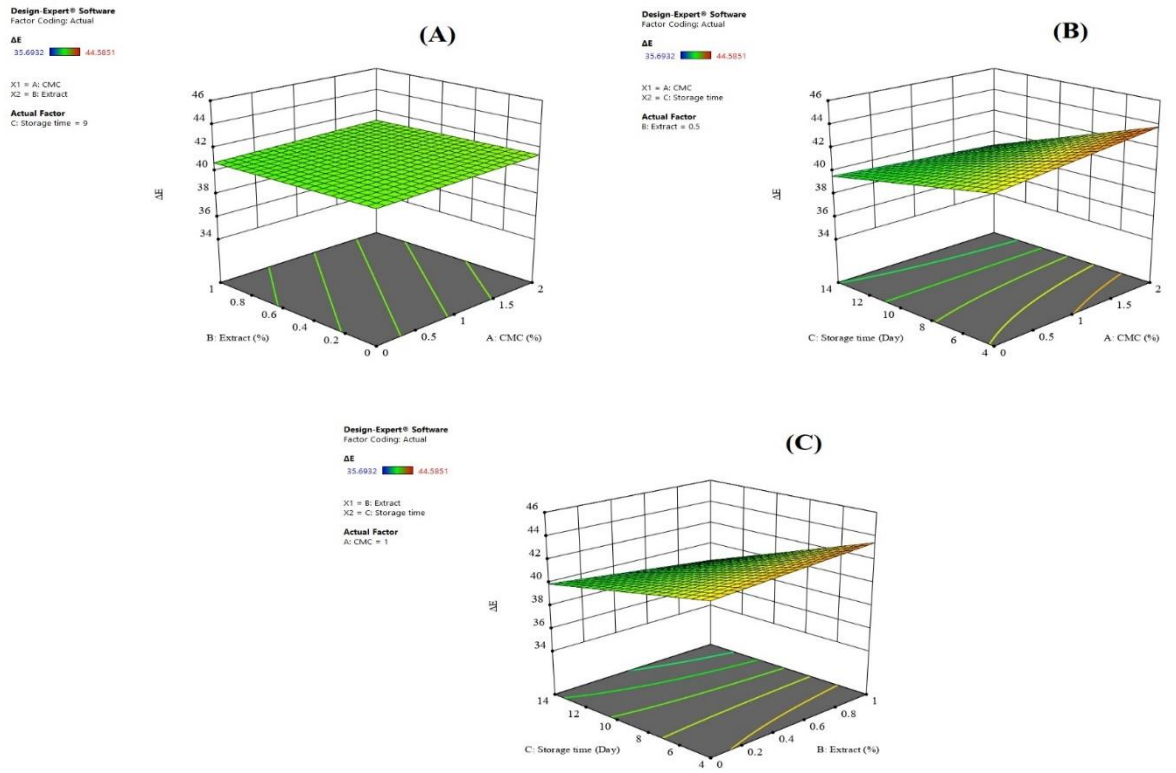
شکل۳: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر خاصیت آنتی اکسیدان



شکل ۴: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر فنل‌کل نمونه‌ها

تغییرات رنگ

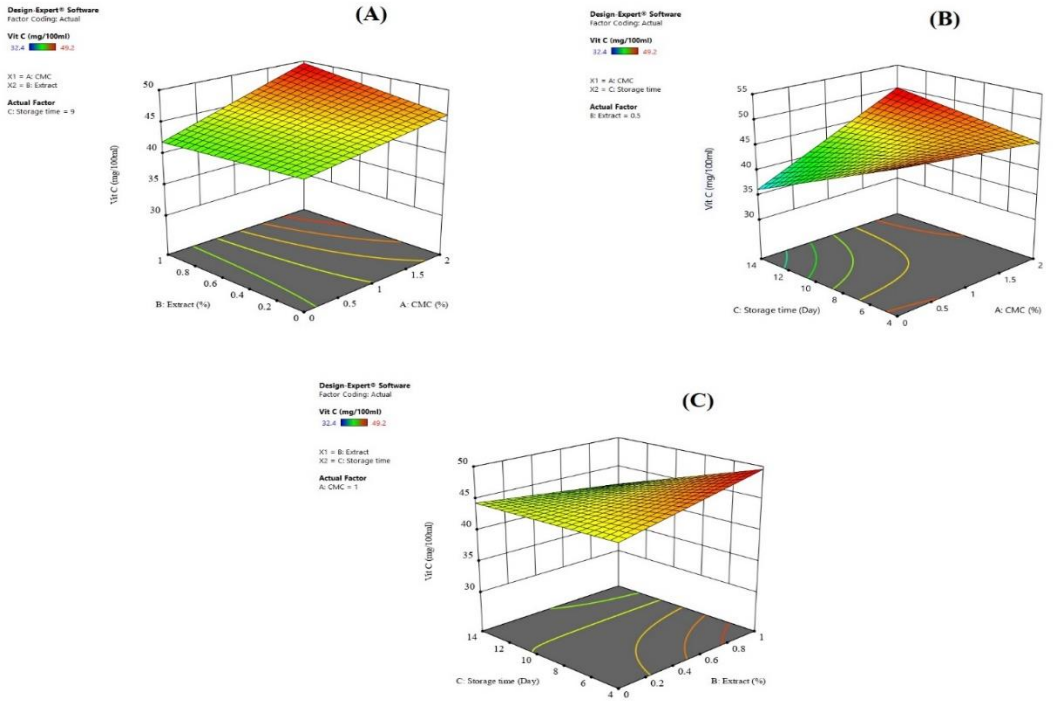
نتایج نشان داد که اثر متقابل میزان CMC و مدت زمان نگهداری و همچنین درصد عصاره رازک و مدت زمان نگهداری بر اختلاف رنگ نمونه‌ها اثر معنی دار داشت (p<۰/۰۵). اختلاف رنگ نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری، میزان CMC و عصاره رازک رابطه‌ی مستقیم داشته است (شکل ۵). به طوری که با افزایش مدت زمان نگهداری اختلاف رنگ در نمونه‌ها کاهش داشت؛ با افزایش مقادیر CMC و عصاره رازک میزان اختلاف رنگ افزایش یافت. علت کدری در پوشش خوراکی به دلیل وجود پکتین و عصاره رازک بود. میزان اختلاف رنگ در نمونه‌ای که درصد عصاره آن صفر بود پس از نه روز به بالاترین مقدار خود یعنی ۴۴/۵۹ رسیده بود، اما نمونه‌ای که درصد عصاره و CMC آن بالا بود در روز چهاردهم اختلاف رنگ کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت و این عدد معادل ۳۵/۶۹ بود. تغییر رنگ یکی از عوامل تاثیر گذار در تشخیص کیفیت پرتقال تازه در طول نگهداری است (Perez-Gago., 2006). علت تغییرات رنگ در برش میوه جات تازه به دلیل انجام واکنش‌های مربوط به ترکیبات فنلی و قهوه‌ای شدن آنزیمی می باشد (Oms-Oliu., 2010). یکی از عوامل تاثیر گذار در تغییر رنگ برش‌های میوه جات، وجود اکسیژن و نور است، که با کاهش اسید اسکوربیک و تخریب کارتنوئید موجب کاهش مقدار شاخص (b) و کاهش رنگ زرد و نارنجی در میوه می‌شود (Haugard *et al*., 2002).



شکل ۵: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر تغییرات رنگ نمونه‌ها

ویتامین C

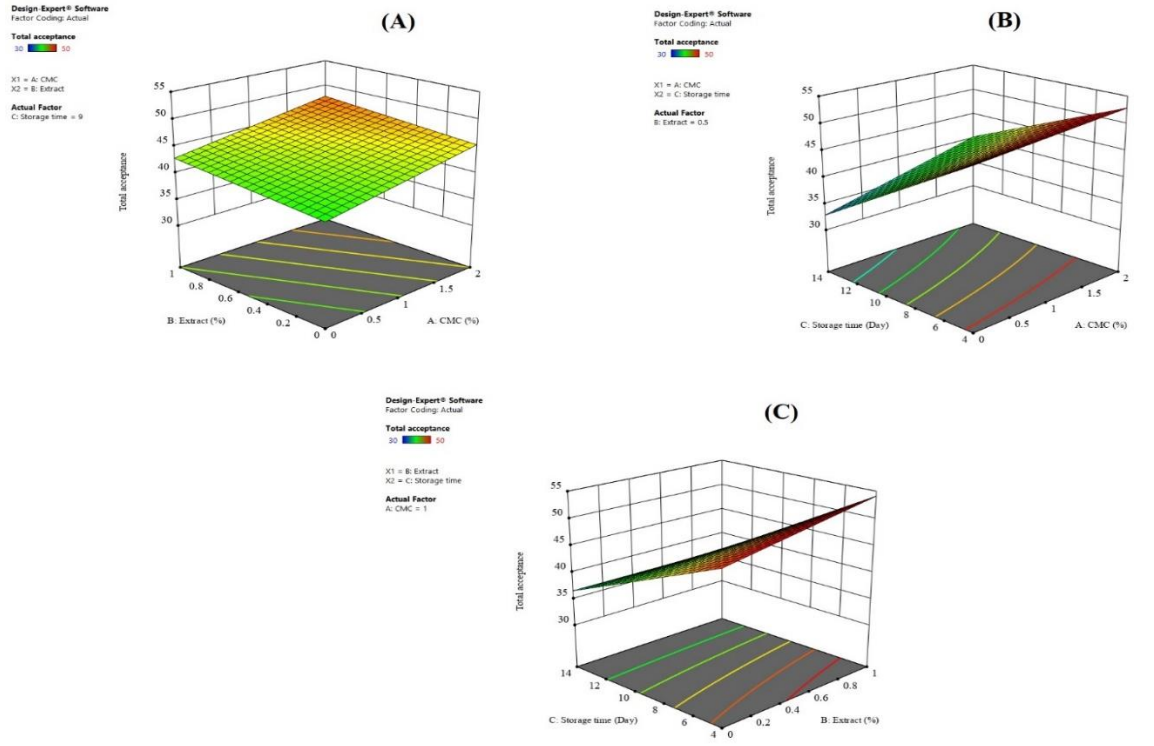
بر اساس نتایج اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر میزان ویتامین C نمونه‌ها از نظر آماری معنی دار بود (p<۰/۰۵). اثر غلظت های مختلف CMC و زمان ماندگاری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر مقدار ویتامین C بیشترین تاثیر را بر میزان ویتامین C داشت (p<۰/۰۵). مقدار این ویتامین با گذشت زمان کاهش چشمگیری نداشته است و در برخی نمونه‌ها ثابت باقی مانده است (شکل ۶). وجود مقادیر بالای CMC از اکسیداسیون و کاهش ویتامین C در نمونه‌ها جلوگیری کرده است. علت تغییرات مقدار ویتامین C به دما و مدت زمان نگهداری نسبت داده شده است که این مقدار به گونه پرتقال هم بستگی دارد (Klimczak *et al*., 2007). به نظر می رسد که نمونه های تیمار شده به دلیل کنترل میزان ورود اکسیژن به داخل سلول و کاهش میزان فعالیت آنزیمی توسط پوشش، تغییر در میزان ویتامین C کمتر بوده است. بنابراین پوشش پکتین و CMC منجر به حفظ این ویتامین در طول زمان ماندگاری می گردد (Yossef, 2014).



شکل ۶: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر مقدار ویتامین C نمونه‌ها

ارزیابی حسی

نتایج نشان داد اثر متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر میزان پذیرش کلی نمونه‌ها اثر معنی دار داشت ($p<۰/۰۵$). پذیرش کلی نمونه‌ها از لحاظ رنگ، طعم، عطر و بافت نمونه ها در طول دوره‌ی تگهداری حتی تا روز چهاردهم نیز حفظ شده بود. همچنین طعم نمونه‌ها در طول دوره ی نگهداری تغییر محسوسی نداشتند. می-توان گفت که مدت زمان ماندگاری بیشترین تاثیر را بر مقدار پذیرش کلی نمونه‌ها دارا بود. از نظر ارزیاب‌ها پذیرش کلی در نمونه‌ها با گذشت مدت زمان نگهداری کاهش داشت، این کاهش به علت نرم و سست شدن بافت نمونه‌ها بوده است (شکل ۷).



شکل ۷: اثر متغیرهای مورد مطالعه (A: غلظت CMC (درصد)، B: غلظت عصاره رازک (درصد) و C: مدت زمان نگهداری (روز)) بر پذیرش کلی نمونه‌ها

بهینه سازی

از روش تابع مطلوبیت جهت تعیین شرایط بهینه استفاده گردید. جدول ۲ شرایط بهینه‌ها را نشان می‌دهد. سپس جهت تایید شرایط بهینه به دست آمده از نرم افزار، آزمایشات فیزیکوشیمیایی بر روی نمونه تولیدی در شرایط بهینه انجام پذیرفت و با نمونه شاهد (برش‌های تازه پرتقال بدون پوشش) مقایسه گردید. همچنین آزمون بافت سنجی نفوذ و آزمون FT-IR برای بررسی گروه‌های عاملی شیمیایی پوشش خوراکی کامپوزیتی انجام گرفت.

جدول ۲: شرایط نمونه‌های بهینه و شاهد

مدت زمان نگهداری (روز)	عصاره رازک (٪)	کربوکسی‌متیل‌سلولز (٪)	پکتین (٪)	نام نمونه
۱۰	۱	۱/۸۸	۱	بهینه
۱۰	۰	۰	۰	شاهد

pH پس از گذشت ۱۰ روز برای نمونه‌ی شاهد بیشتر از نمونه بهینه بود (جدول ۳) و نشان‌دهنده این است که نمونه شاهد بیشتر رو به پیری رفته و دچار فساد شده است. بنابراین پوشش خوراکی کامپوزیتی استفاده شده از فساد زود رس و در نتیجه تغییرات pH جلوگیری کرده است. اسیدیته نمونه بهینه از شاهد کمتر بود و این بیانگر عملکرد مناسب پوشش خوراکی مورد استفاده در حفظ کیفییت برش‌های تازه پرتقال در مدت نگهداری ۱۰ روزه می‌باشد. خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه بهینه در مقایسه با نمونه شاهد به علت اثر مثبت CMC در جلوگیری از اکسیداسیون، خواص آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشت. مقدار فنل‌کل در نمونه بهینه از شاهد بیشتر شد و می توان تخمین زد که فرآیند پیری در نمونه‌ای که فنل کمتری دارد به مراتب بیشتر بوده است. میزان اختلاف رنگ در نمونه بهینه بیشتر از نمونه شاهد بود و این تفاوت بیشتر ممکن است به علت وجود عصاره رازک یا کدر شدن توسط پکتین باشد. مقدار ویتامین C موجود در نمونه پوشش داده شده بسیار بیشتر از نمونه بدون پوشش بود. تاثیر پوشش خوراکی در عدم کاهش ویتامین C ممکن است به دلیل اثر آن در محافظتی بر برش‌های تازه پرتقال در برابر اکسیژن و نور باشد. بیشترین امتیاز داده شده از لحاظ پذیرش کلی به برش‌های تازه پرتقال پوشش داده شده بود و نمونه شاهد به علت نرمی و ظاهر نامناسب امتیاز کمتری را دریافت کرد.

جدول ۳: نتایج آزمون نمونه‌های بهینه و شاهد

امتیاز پذیرش کلی	اختلاف رنگ (ΔE)	ویتامین C (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر)	فنل‌کل (میلی‌گرم بر لیتر)	فعالیت آنتی‌اکسیدان (درصد مهار رادیکال‌های DPPH)	اسیدیته	pH	نمونه
۳۷/۵	۴۸/۷۱	۴۱/۷	۱۵۱/۱۱	۸۱/۸	۸/۰۶	۳/۲۱	شاهد
۴۵	۵۰/۵۷	۴۸/۸	۲۱۴/۴۲	۸۳/۸۷	۷/۶۴	۳	بهینه

آزمون بافت (نفوذ)

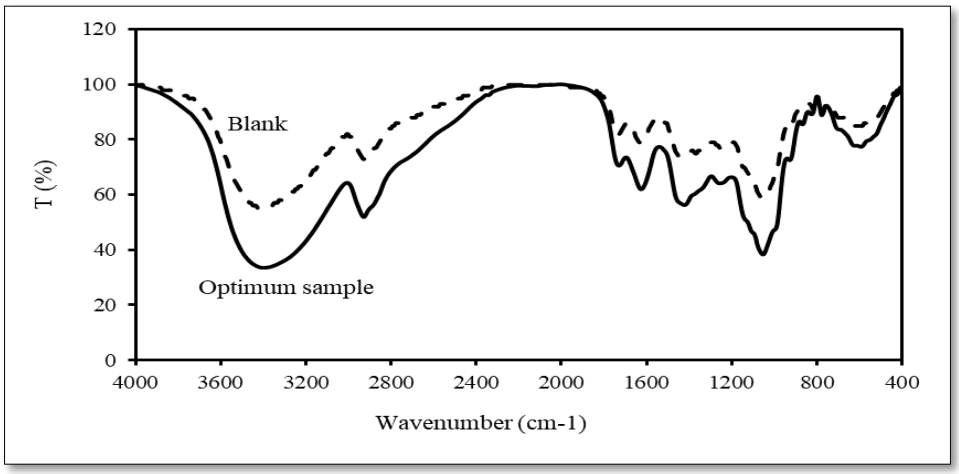
جدول ۴ نتایج آزمون بافت سنجی (نفوذ) را در قسمت پوستی و گوشتی برای نمونه‌های بهینه نشان می‌دهد. در این آزمون نمونه‌ها یک بار از قسمت پوستی و یک بار از قسمت گوشتی با پروپ و نیرویی مشخص تحت فشار قرار گرفتند. مقایسه‌ی مقدار کیلوگرم فشار وارده در ثانیه به قسمت‌های پوستی و گوشتی نمونه‌های بهینه به این صورت بود که برای قسمت گوشتی، بیشترین فشار وارده به این قسمت برای نمونه بهینه بیشتر از شاهد بود که بیانگر سفتی و بافت محکم تر این قسمت در نمونه پوشش داده شده بود. همچنین نیروی لازم برای برش یا متلاشی شدن بافت میوه در نمونه پوشش داده شده کمتر از نمونه بدون پوشش بود. بنابراین پوشش مورد استفاده موجب استحکام بافت درونی میوه شد. نتایج نشان داد که بین نتایج نمونه بهینه و نمونه شاهد برای قسمت گوشتی پرتقال، اختلاف معنی داری وجود دارد. برای قسمت پوست، بیشترین فشار وارده به این قسمت برای نمونه شاهد اندکی بیشتر از نمونه بهینه بود. همچنین نیروی لازم برای برش یا متلاشی شدن قسمت پوست برای نمونه شاهد از بهینه بیشتر بود که بیانگر از دست دادن آب و سفت شدن پوست نمونه‌ی شاهد است. بنابراین پوشش‌ها از تبخیر آب جلوگیری کردند و باعث استحکام بافت درونی پرتقال شده است. مقایسه‌ی نتایج دو نمونه نشان داد که اختلاف معنی داری بین نمونه‌های بدون پوشش و پوششداده شده برای قسمت پوست پرتقال وجود دارد. هرچقدر زمان ماندگاری میوه جات تازه افزایش یابد سفتی بافت پرتقال کاهش می‌یابد و رو به نرم شدن می رود (Fidelibus *et al.*, 2002).

جدول ۴: نتایج آزمون بافت سنجی نمونه‌های بهینه و شاهد

Area (kg.s) (work of shearing) قسمت پوست	Maximum Force (Kg) قسمت پوست	Area (kg.s) (work of shearing) قسمت گوشتی	Maximum Force (Kg) قسمت گوشتی	عصاره رازک (درصد)	CMC (درص)	پکتین (درصد)	نوع نمونه
۱/۳۷۴	۰/۶۱۳	۰/۴۵۱	۰/۱۵۳	۱	۱/۸۸	۱	بهینه
۱/۴۴۱	۰/۶۲۵	۰/۴۵۵	۰/۱۳۲	۰	۰	۰	شاهد

آزمون FT-IR نمونه‌های بهینه

شکل ۸ طیف‌های FT-IR را برای دو نمونه شاهد و بهینه نشان می‌دهد. با توجه به طیف‌ها، عددهای موجی در نقاط افت پیک شناسایی شدند و توسط نرم افزار IRPal نسخه دو پیوندهای شیمیایی و ترکیبات موجود در نمونه‌ها شناسایی شدند. طیف‌های نمونه شاهد در ناحیه ۳۴۰۰ نشان‌دهنده‌ی پیوندهای O-H مربوط به الکل‌ها، دیمر O-H مربوط به گروه کربوکسیلیک اسیدها، NH مربوط به آمیدها و باندهای هیدروژنی مربوط به گروه فنل‌ها است. عدد موجی ۲۷۰۰ نشان‌دهنده‌ی وجود پیوندهای C-H مربوط به آلدهیدها است. عدد موجی ۱۷۰۰ نشان‌دهنده‌ی وجود پیوندهای C-O و مربوط به آلدهیدها و آمیدها است. پیک ۱۶۵۰ به علت وجود پیوندهای دوگانه C مربوط به آلکن‌ها و باندهای دوگانه کربن و اکسیژن مربوط به وجود آمیدها است. عدد موجی ۱۴۵۰ به علت وجود پیوند C-C و به علت وجود ترکیبات آروماتیک است. عدد موجی ۱۰۰۰ به علت وجود پیوند C-O مربوط به گروه استرها و کربوکسیلیک اسیدها است. پیک ۵۰۰ مربوط به پیوند C-Br مربوط به آلکیل‌هالیدها است. طیف‌های نمونه بهینه همانند نمونه شاهد می‌باشد و در دو نقطه‌ی افت با هم تفاوت دارند. عدد موجی ۳۴۵۰ در نمونه بهینه نشان‌دهنده‌ی پیوند O-H مربوط به الکل‌ها و باندهای ArO-H مربوط به فنل‌ها است. و عدد موجی ۱۴۵۰ نشان‌دهنده‌ی پیوند C-C مربوط به وجود ترکیبات آروماتیک است (Arnon *et al*., 2014; Chien *et al*., 2007).



شکل ۸: نمودار پیک های طیف‌سنجی نمونه‌های بهینه و شاهد

نتیجه‌گیری

میوه‌ها پس از برداشت به علت فعالیت متابولیک و آنزیمی خود مستعد آلودگی میکروبی هستند و همین امر موجب کاهش مدت زمان ماندگاری آن‌ها می شود. از طرفی برش‌های تازه پرتقال به علت نداشتن پوست به راحتی توسط میکروارگانیسم ها به خصوص میکروارگانیسم های سرما دوست و قارچها آلوده می‌شوند. همچنین برش‌های تازه با از دست دادن سریع آب، خشک و چروکیده می شوند. در این خصوص استفاده از پوشش بر روی برش های تازه مزایایی از قبیل افزایش ماندگاری، کاهش افت وزن، کاهش از دست دادن آب، کاهش فرار مواد عطری، جلوگیری از جذب بوهای اطراف را موجب می شوند. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که وجود پوشش خوراکی کامپوزیتی کربوکسی‌متیل‌سلولز پکتین حاوی عصاره رازک باعث حفظ پارامتر های کیفی مهم پرتقال برش خورده شده بود. وجود کربوکسی‌متیل‌سلولز از اکسیداسیون ویتامین C جلوگیری کرد. پذیرش کلی نمونه‌ها با گذشت ۱۰ روز به خوبی حفظ شده بود و هیچ کدام از نمونه ها دچار تغییرات ظاهری ناشی از فساد باکتریایی و کپک نشده بودند. نتایج نشان داد که بین نتایج pH، اسیدیته، آنتی اکسیدان، اختلاف رنگ و بافت قسمت‌های گوشتی و پوستی نمونه شاهد و بهینه اختلاف معنی داری وجود دارد و بین نتایج فنل کل، ویتامین C و پذیرش کلی این دو نمونه اختلاف معنی داری وجود نداشت.

REFERENCES

Arnon, H., Zaitsev, Y., Porat, R., & Poverenov, E. (2014). Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *87*, 21-26.

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.

Chien, P. J., Sheu, F., & Yang, F. H. (2007). Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of food engineering*, *78*(1), 225-229.

Cortés, C., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2008). Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food control*, *19*(2), 151-158.

El-Zeftawi, B. M. (1976). Cool storage to improve the quality of Valencia oranges. *Journal of Horticultural Science*, *51*(3), 411-418.

FAO. 2010. Citrus fruit – fresh and processed, annual statistics, 2009. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.

Fidelibus, M. W., Teixeira, A. A., & Davies, F. S. (2002). Mechanical properties of orange peel and fruit treated pre–harvest with gibberellic acid. *Transactions of the ASAE*, *45*(4), 1057.

Gardner, P. T., White, T. A., McPhail, D. B., & Duthie, G. G. (2000). The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food chemistry*, *68*(4), 471-474.

Ghanbarzade, B., Almasi, H., and Zahedi, Y. (2009). Biodegradable Edible biopoly-mers In Food and Drug Packaging. Tehran polytechnic University Press, 514p.

Ghasemnezhad, M, Shiri, M.A, (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (Prunus armeniaca L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(1), pp.25-33.

Guerreiro, A. C., Gago, C. M., Faleiro, M. L., Miguel, M. G., & Antunes, M. D. (2016). Edible coatings enriched with essential oils for extending the shelf-life of 'Bravo de Esmolfe'fresh-cut apples. *International journal of food science & technology*, *51*(1), 87-95.

Haugaard, V., Weber, C., Danielsen, B., & Bertelsen, G. (2002). Quality changes in orange juice packed in materials based on polylactate. *European Food Research and Technology*, *214*(5), 423-428.

Jafari, S., Hojjati, M., Noshad, M. (2018). Effect of trehalose coating included Artemisia sieberi essential oil on some quantitative and qualitative postharvest characteristics of cherry tomato, *Innovative Food Technologies*, 5(2), 287-300

Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., & Gliszczyńska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, *20*(3-4), 313-322.

Kowalczyk, D., & Biendl, M. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of biopolymer/candelilla wax emulsion films containing hop extract–A comparative study. *Food hydrocolloids*, *60*, 384-392.

Macheix, J.J., Fleuriet, A. and Billot, J. (1990). Fruit phenolics. Florida: CRC Press, Inc

Martín-Diana, A. B., Rico, D., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2009). Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative food science & emerging technologies*, *10*(4), 590-600.

Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A., & Pérez-Gago, M. B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *LWT-Food Science and Technology*, *44*(10), 2328-2334.

Olivas, G. I., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical reviews in food science and nutrition*, *45*(7-8), 657-670.

Oms-Oliu, G., Rojas-Graü, M. A., Gonzalez, L. A., Varela, P., Soliva-Fortuny, R., Hernando, M. I. H., ... & Martin-Belloso, O. (2010). Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, *57*(3), 139-148.

Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT-Food science and technology*, *41*(10), 1862-1870.

Perez-Gago, M. B., Serra, M., & Del Rio, M. A. (2006). Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, *39*(1), 84-92.

Qadri, O. S., Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2015). Fresh-cut fruits and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks—A review. *Cogent Food & Agriculture*, *1*(1), 1121606.

Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., & Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of Food Quality*, *2017*.

Rojas-Graü, M. A., Raybaudi-Massilia, R. M., Soliva-Fortuny, R. C., Avena-Bustillos, R. J., McHugh, T. H., & Martín-Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest biology and Technology*, *45*(2), 254-264.

Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in food science & technology*, *20*(10), 438-447.

Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., & Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(1), 139-147.

Serrano-Cruz, M. R., Villanueva-Carvajal, A., Rosales, E. J. M., Dávila, J. F. R., & Dominguez-Lopez, A. (2013). Controlled release and antioxidant activity of Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) extract encapsulated in mixtures of carboxymethyl

Orange during Storage, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 43(1), 37-45

Tapia, M. S., Rojas-Graü, M. A., Rodríguez, F. J., Ramírez, J., Carmona, A., & Martin-Belloso, O. (2007). Alginate-and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of food science*, *72*(4), E190-E196.

Yossef, M. A. 2014. Comparison of Different Edible Coatings Materials for Improvement of Quality and Shelf Life of Perishable Fruits. *Middle East Journal of Applied Sciences* 2: 416-424.

cellulose, whey protein, and pectin. *LWT-Food Science and Technology*, *50*(2), 554-561.

Supraditareporn, W., & Pinthong, R. (2007). Physical, chemical and microbiological changes during storage of orange juices cv. Sai Nam Paung and cv. Khieo Waan in northern Thailand. *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)*.

Taghinejad, E., Khoshtaghaza, M. H., Faghih Nasiri, M., Movahed Nejad, M. H., (2012). A Comparison of Chitosan-Clay and Fungicide-Wax Coatings on some Quality Properties of Thomson Navel