Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 1, Spring 2022 (257-270)
DOI: 10.22059/ijhs.2021.323782.1930

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۱ (ص ۲۷۰-۲۵۷)

نشریه پژوهشی:

اثر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و سینامالدئید بر ویژگی‌های حسی و آلودگی میکروبی بذرپوشینه انار

اعظم رنجبر[۱]، اصغر رمضانیان[۲*] و شهرام شکرفروش[۳]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
۳. استاد، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۲/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۸)

چکیده

به‌منظور حفظ صفات کیفی، ویژگی‌های حسی و کاهش آلودگی میکروبی بذرپوشینه‌های انار رقم رباب نی‌ریز، اثر ترکیبی بسته‌بندی با دو نوع پوشش پلیمری و غلظت‌های مختلف سینامالدئید، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. عامل اول پوشش‌های پلیمری در دو سطح (پلی‌اتیلن + پلی‌استر و بی‌اکسیلاری‌ارینت‌پلی‌پروپیلن)، عامل دوم غلظت‌های سینامالدئید در چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر) و عامل سوم زمان نمونه‌برداری در شش سطح (روزهای صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵) بود. بهترین ویژگی‌های حسی بذرپوشینه انار مربوط به روزهای اول انبارمانی بود و با گذشت زمان مطلوبیت عطر و طعم کاهش یافت. تغییرات ویژگی‌های حسی و پارامترهای کیفی مرتبط با آن در تیمار بسته‌بندی با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی سینامالدئید ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. کمترین تعداد کلنی کپک و مخمر، باکتری‌های مزوفیل هوازی و باکتری‌های سایکروفیل مربوط به پوشش پلی‌اتیلن + پلی‌استر و غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید و پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در همان روز تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمار پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید باعث افزایش ماندگاری بذرپوشینه انار تا ۲۵ روز شد. پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید باعث حفظ صفات کیفی و ویژگی‌های حسی بذرپوشینه‌ها همراه با حداقل آلودگی میکروبی در مدت انبارمانی شد.

واژه‌های کلیدی: اتمسفر تغییر یافته، سایکروفیل، کپک و مخمر، مزوفیل هوازی.

Effect of modified atmosphere packaging and cinnamaldehyde on sensorial characteristics and microbial contamination of pomegranate arils

Azam Ranjbar[1], Asghar Ramezanian[2*] and Shahram Shekarforoush[3]
1, 2. Ph. D. Candidate and Professor, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
3. Professor, School of Veterinary, Shiraz University, Shiraz, Iran
(Received: May 15, 2021- Accepted: Oct. 10, 2021)

ABSTRACT

In order to maintain sensorial characteristics and to reduce the microbial load of pomegranate cv. Rabab-e-Neyriz arils, the combined effects of packaging with two types of polymer films, and different concentrations of cinnamaldehyde a three-factor factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The first factor included polymeric films at two levels (biaxial oriented polypropylene (BOPP) and Polyethylene + Polyester (PE+PES)), the second factor was the concentrations of cinnamaldehyde at four levels (0, 100, 150, and 200 µL L^{-1}) and the third factor was storage times at six levels (0, 5, 10, 15, 20, and 25 day). The best sensorial characteristics was recorded for the first day of storage and the desirability of aroma and tase decreased over time. Changes in sensorial characteristics and related qualitative parameters were more slowly in arils packaged with PE+PS containing 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde. The lowest number of mold and yeast was found in arils packaged with PE+PES film containing 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde on the first day of storage; however, it was not significantly different with PE+PES film containing 100 and 150 µL L^{-1} cinnamaldehyde and BOPP film containing 100, 150, and 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde at the same time. Packaging with PE+PES film containing 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde extended the shelf life of pomegranate arils up to 25 days. Packaging with PE+PES film containing 200 µL L^{-1} cinnamaldehyde maintained the quality and sensory properties of arils with minimal microbial contamination during storage.

Keywords: Aerobic mesophilic, modified atmosphere, mold and yeast, psychrophilic.

* Corresponding author E-mail: ramezanian@shirazu.ac.ir

مقدمه

میکروارگانیسم‌ها عامل اصلی مسمومیت‌های غذایی می‌باشند. میکروارگانیسم‌ها بر اساس نیاز دمایی برای رشد بهینه به سه گروه سایکروفیل یا سرماخواه با دمای بهینه رشد ۷ درجه سلسیوس، مزوفیل یا میان‌خواه با دمای بهینه رشد ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس و ترموفیل یا گرماخواه با دمای بهینه رشد بالای ۳۰ درجه سلسیوس تقسیم‌بندی می‌شوند (Rico *et al.,* 2007). باکتری‌های مزوفیل و سایکروفیل، میکروارگانیسم‌های تأثیرگذار در پس از برداشت محصولات تازه برش یافته می‌باشند.

ساده‌ترین روش جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در برش‌های تازه محصولات، استفاده از انبار با اتمسفر تغییر یافته و کنترل شده است (Lamikanra *et al.*, 2000). نگرانی عمده در ارتباط با این روش بسته‌بندی کنترل بار میکروبی محصول است (Salarbashi *et al.*, 2013). بنابراین بسته‌بندی فعال برای تأمین تقاضای مصرف‌کنندگان ضروری است (Serrano *et al.*, 2008). بسته‌بندی فعال ضد میکروبی از طریق کاهش میکروارگانیسم‌های مواد غذایی، ماندگاری فرآورده‌های غذایی را افزایش می‌دهد (Embuscado *et al.*, 2009). به‌دلیل اهمیت مسائل زیست محیطی، تولیدکنندگان مواد غذایی به‌دنبال روش‌های طبیعی برای تولید غذای سالم هستند. تولید ترکیب‌های ضد میکروبی طبیعی به‌منظور حفظ کیفیت و ایمنی محصولات کشاورزی و صنعتی در حال افزایش است (Linde *et al.*, 2010; Sanchez-Gonzalez *et al.*, 2011). استفاده از اسانس‌های گیاهی جهت بسته‌بندی ضد میکروبی بسیار مؤثر است (Almenar *et al.*, 2006). یکی از مزایای اسانس‌ها فعالیت ضد میکروبی آنها در حالت بخار می‌باشد که قابلیت کاربرد تدخینی را در محصولات فراهم می‌آورد. دارچین دارای فعالیت ضد قارچی و حشره بوده و از خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی برخوردار است. سینامالدئید ترکیب آلدئیدی عصاره پوست دارچین است که دارای فعالیت ضد میکروبی در برابر طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد (Holley, 2005; Sanla-Ead, 2012) که برای فعالیت ضد میکروبی نیاز به تماس مستقیم آن نیست (Amalaradjou *et al.*, 2010) و به‌عنوان یک ماده سالم توسط سازمان غذا و دارو ایالات متحده آمریکا برای استفاده در مواد غذایی تایید شده است (Sivakumar *et al*, 2002). کاربرد کارواکرول گیاه آویشن سبب اختلال در غشای باکتریایی، نشت الکترولیت‌ها، نشت یون‌های پتاسیم و در نتیجه مرگ سلولی (Bounatirou *et al*., 2007) و کاربرد اوژنول برگ گیاه دارچین سبب تخریب غشا و دیواره سلولی مخمرها می‌شود (Melgarejo-Flores *et al*., 2013). اثرات کنترل زیستی عصاره دارچین در کنترل پوسیدگی ناشی از قارچ‌ها در شرایط پس از برداشت میوه توت‌فرنگی و سیب اثبات شده است (Sernaite *et al*., 2020). بسته‌بندی برش‌های تازه سیب رقم فوجی در پلی‌وینیل‌کلراید و پوشش نانو باعث حفظ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، کاهش پوسیدگی و مهار فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنول‌اکسیداز شد (Li *et al*., 2011). بررسی تأثیر پوشش بسته‌بندی بر ویژگی‌های کیفی بذرپوشینه انار مریدولا (Mridula) نشان داد که پوشش پلیمر پلی‌پروپیلن باعث کاهش میزان تنفس، رنگ و قند کل نسبت به پلی‌اتیلن با دانسیته کم شد (Bhatia *et al*., 2015). به‌نظر می‌رسد با توجه به فعالیت ضد میکروبی سینامالدئید می‌توان از آن به‌عنوان نگهدارنده مؤثر در صنعت مواد غذایی استفاده کرد. هدف از این پژوهش بررسی اثر کاربرد هم‌زمان بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و سینامالدئید بر ویژگی‌های حسی و کنترل آلودگی میکروبی بذرپوشینه انار رقم رباب نی‌ریز می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه و اعمال تیمار

میوه انار رقم رباب نی‌ریز در زمان بلوغ تجاری از باغی واقع در شهرستان فاروق استان فارس برداشت شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشگاه شیراز میوه‌های تازه، سالم و یکنواخت به‌منظور انجام تیمارها جدا شدند. میوه‌ها با هیپوکلریت سدیم یک درصد به‌مدت پنج دقیقه گندزدایی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جدا کردن بذرپوشینه‌ها از پوسته به‌صورت دستی انجام شد و سپس به‌طور یکنواخت با هم مخلوط شدند (Ayhan & Esturk, 2009). در هر مشاهده (نمونه آزمایشی) ۵۰ گرم بذرپوشینه قرار داده شد. تیمار بذر پوشینه با

غلظت‌های مختلف سینامالدئید خالص (۹۹٪) خریداری‌شده از شرکت سیگما انجام شد. سطوح صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید با سمپلر روی گاز سترون اضافه و در بسته‌های حاوی بذر پوشینه قرار داده شد (Valero *et al*., 2006). بسته‌بندی بذرپوشینه‌ها با دو نوع پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر با ابعاد ۲۵۰×۱۵۰ میلی‌متر، ضخامت ۹۰ میکرون و پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌اورینتت‌پلی‌پروپیلن با ابعاد ۲۵۰×۱۵۰ میلی‌متر، ضخامت ۴۰ میکرون انجام گرفت (جدول۱). سپس نمونه‌ها در دمای ۱±۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۳±۹۲ درصد قرار گرفتند (Caleb *et al*., 2013a). نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر ۲۴ ساعت پس از بسته‌بندی (روز صفر) و با فاصله ۵ روز یکبار انجام گرفت.

جدول ۱. خصوصیات نفوذپذیری پلیمرها.
Table 1. Permeability properties of polymers.

Polymer	Oxygen transmission ($g\ m^{-2}\ day^{-1}\ bar^{-1}$)	Carbon dioxide ransmission ($g\ m^{-2}\ day^{-1}\ bar^{-1}$)	Water vapor transmission ($g\ m^{-2}\ day^{-1}\ bar^{-1}$)
BOPP	500	350	900
PE+PES	60-70	45-50	45

BOPP: Biaxial Oriented Poly Propylene
PE+PES: Polyethylene+ Polyester

اندازه‌گیری صفات

آزمون حسی

ویژگی‌های حسی شامل عطر، طعم، آبدار بودن و پذیرش کلی با استفاده از آزمون هدونیک توصیفی در پنج سطح (۱= بد، ۲= ضعیف، ۳= متوسط، ۴= خوب، ۵= بسیار خوب) توسط ۱۰ نفر ارزیاب بررسی شد. قبل از انجام آزمون، آموزش‌های لازم در مورد عطر، طعم و بافت به ارزیابان داده شد (Watts *et al*., 1989).

اندازه‌گیری میزان کل مواد جامد قابل حل

مواد جامد قابل حل به‌وسیله دستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (MA871, Hungary) که با آب مقطر کالیبره شده بود در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و بر حسب درصد بیان شد.

اندازه‌گیری میزانpH و اسیدیته قابل تیتراسیون

میزان pH توسط دستگاه pH متر (3510, England) تعیین شد. اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از ۳ میلی‌لیتر عصاره بذرپوشینه انار و اضافه کردن سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ اندازه‌گیری شد (AOAC, 1984).

شاخص روشنایی

شاخص رنگ خارجی بذرپوشینه با دستگاه رنگ‌سنج (Minolta CR-400, Japan) اندازه‌گیری شد و مقادیر L=0 [L^* (سیاه مطلق) تا L=100 (سفید مطلق)] بیان شد (Pathare *et al*., 2013).

تعیین آلودگی میکروبی

مقدار ۱۰ گرم بذرپوشینه داخل ۹۰ میلی‌لیتر محلول سرم فیزیولوژی ریخته شد و توسط دستگاه استوماکر به‌مدت یک دقیقه کاملاً همگن و سپس رقت‌های لازم (۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱) با استفاده از سرم فیزیولوژی تهیه شد. کشت میکروبی به‌صورت عمقی در محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) برای باکتری‌های مزوفیل هوازی و باکتری‌های سایکروفیل و محیط کشت عصاره مخمر دارای گلوکز و کلرامفنیکل برای کپک و مخمر انجام شد. کلیه مراحل در شرایط استریل انجام گرفت. پتری‌دیش‌ها برای رشد کپک و مخمر در انکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۵ روز (ISO 21527-2, 2008)، برای رشد باکتری مزوفیل هوازی در انکوباتور با دمای ۱ ±۳۷ درجه سلسیوس به‌مدت ۴۸ ساعت و برای رشد باکتری سرمادوست در دمای ۱±۶/۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۵ روز قرار گرفتند (NP-3788 standard, 2002). تعداد کلونی‌های میکروبی به‌صورت لگاریتم تعداد کلنی‌ها در هر گرم بذرپوشینه محاسبه شد (ISIRI, 1989).

واکاوی آماری

آزمایش به‌صورت فاکتوریل نامتعادل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل

پوشش‌های پلیمری (پلی‌اتیلن+ پلی‌استر و بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن)، غلظت‌های سینامالدئید (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر) و زمان نمونه‌برداری (روزهای صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵) بود. واکاوی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۴) و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

آزمون حسی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد اثر ساده پوشش پلیمری و زمان انبارمانی و اثرات متقابل دوگانه پوشش پلیمری و زمان انبارمانی بر طعم و پذیرش کلی بذرپوشینه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده زمان انبارمانی بر عطر و اثر ساده زمان و پوشش پلیمری بر آبدار بودن بذرپوشینه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین امتیاز عطر (۴/۱) و طعم (۴/۷) مربوط به پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز نداشت. بیشترین امتیاز آبدار بودن (۴/۶) مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر و پنجم انبارمانی بود که به‌ترتیب تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در روز صفر انبارمانی و تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت صفر، ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید و پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز پنجم انبارمانی نداشت. بیشترین امتیاز پذیرش کلی (۴/۲) مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز بیست و بیست و پنجم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در این روزها نداشت (شکل ۱).

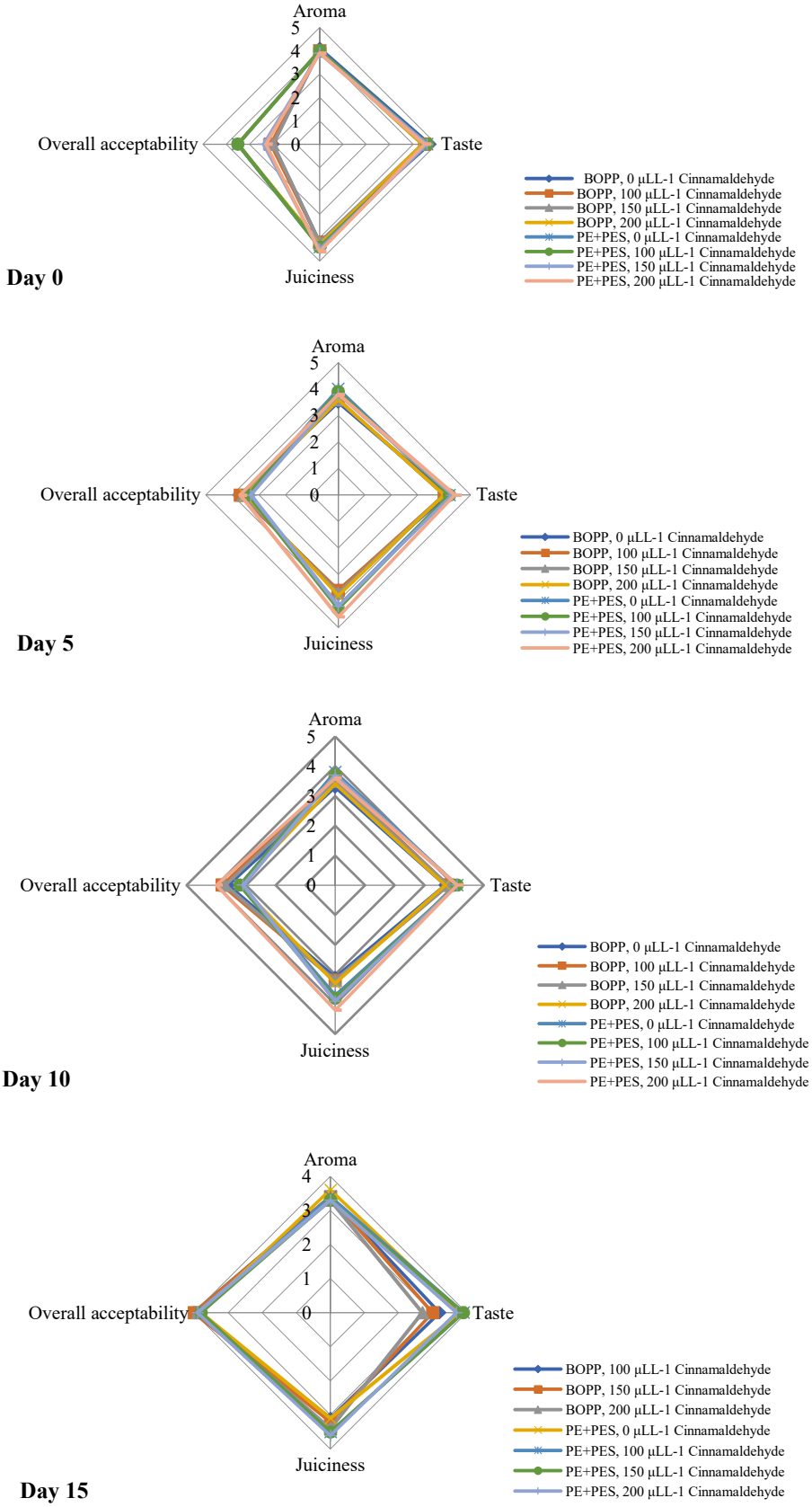
مطابق با نتایج این آزمایش بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته پذیرش کلی بذرپوشینه را افزایش داد و سبب حفظ کیفیت فرآورده شد (Ranasinghe *et al*., 2005). نتایج این پژوهش با نتایج به دست آمده روی میوه هلو با کاربرد پس از برداشت اسانس دارچین که باعث بهبود ویژگی‌های حسی گردید همسو می‌باشد (Montero-Prado *et al*., 2011). غلظت بسیار کم اکسیژن و غلظت بسیار زیاد دی‌اکسیدکربن باعث تخمیر در میوه‌ها می‌شود. ترکیب‌های اتانول و استالدئید حاصل از تخمیر، باعث ایجاد طعم نامطلوب و تأثیر منفی بر کیفیت حسی می‌شوند (Thompson *et al*., 2018).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر صفات اندازه‌گیری شده بذرپوشینه انار.
Table 2. Results of variance analysis effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on the measured characteristics of pomegranate aril.

Source of variations	df	Mean of squares									
		Taste	Aroma	Juiciness	Overall acceptability	Soluble solids content	Titratable acidity	L value	Mold and yeast	Aerobic mesophilic bacteria	Psycrophilic bacteria
Storage time	5	20.85**	11.56**	60.07**	24.93**	4.20**	0.299**	687.13**	48.37**	5.97**	18.53**
Polymer film	1	21.72**	1.80ns	18.45**	12.53**	1.83**	0.103**	185.98**	2.50**	4.62**	50.69**
Cinnamaldehyde	3	0.348ns	0.540ns	1.25ns	0.0039ns	2.33**	0.102**	169.82**	15.30**	1.23**	3.17**
Storage time× Polymer film	4	2.864**	0.543ns	0.797ns	2.30**	0.09**	0.0018**	6.58**	0.944**	0.216**	6.17**
Storage time× Cinnamaldehyde	13	0.160ns	0.224ns	0.078ns	0.057ns	0.168**	0.0047**	5.66**	3.92**	0.135**	0.176**
Polymer film× Cinnamaldehyde	3	0.140ns	0.146ns	0.047ns	0.011ns	0.241**	0.0150**	17.12**	1.89**	0.390**	0.009**
Polymer film× Cinnamaldehyde× Storage time	9	0.041ns	0.405ns	0.064ns	0.034ns	0.066**	0.0021**	4.51**	1.38**	0.171**	0.0295**
Error	195	0.688	0.870	0.570	0.624	0.0017	0.00004	0.032	0.0032	0.0030	0.0499
C.V. (%)		21.59	26.60	22.06	22.40	0.241	0.583	1.78	1.55	13.24	7.88

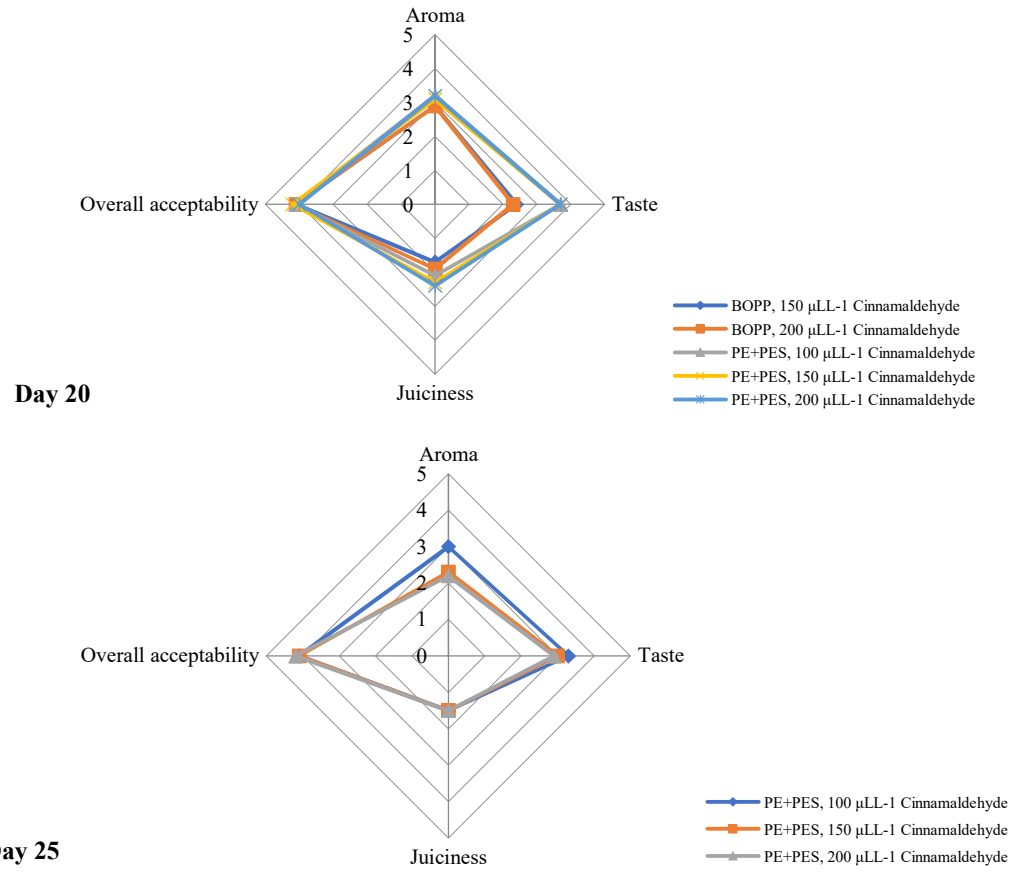
*، ** و ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 5% and 1% of probability level, and non-significantly difference, respectively.



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار پوششی و زمان انبارمانی بر ویژگی‌های حسی بذرپوشینه انار.

Figure 1. Mean comparison interaction effect of covering treatment and storage time on pomegranate aril sensory properties.



ادامه شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تیمار پوششی و زمان انبارمانی بر ویژگی‌های حسی بذرپوشینه انار.

Continued figure 1. Mean comparison effect of covering treatment and storage time on pomegranate aril sensory properties.

مزیت اصلی اسانس‌ها، خواص آنتی‌اکسیدانی قوی آنهاست که از تغییر طعم و مزه به‌علت آزاد شدن رادیکال‌های آزاد اکسیژن جلوگیری می‌کنند (Dorma & Deans, 2000). ترکیب آنتی‌اکسیدان‌ها و اتمسفر تغییر یافته از کاهش غلظت اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن داخل بسته‌بندی و در نتیجه توسعه عطر و طعم نامطلوب جلوگیری می‌کند (Waghmare & Annapure, 2013).

میزان مواد جامد قابل حل کل

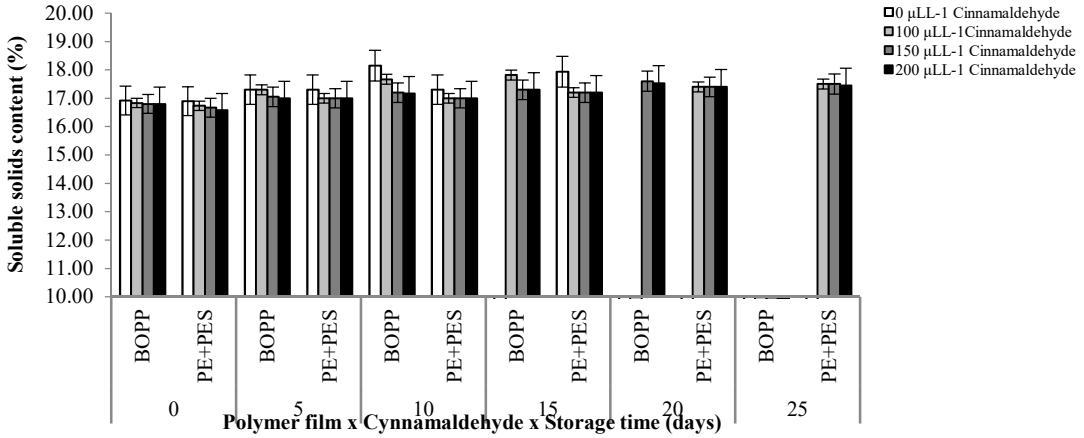
نسبت بین غلظت مواد جامد قابل حل و اسیدیته قابل تیتراسیون نشان‌دهنده کیفیت محصول است (Serrano *et al.*, 2008). نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر میزان مواد جامد قابل حل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد قابل حل (۱۸/۱۵) در پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری اورینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز دهم انبارمانی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در همان روز داشت و کمترین میزان مواد جامد قابل حل (۱۶/۵۸) در پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در همان روز داشت (شکل ۲).

قندها عمده‌ترین اسمولیت‌هایی هستند که در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی در میوه‌ها تجمع پیدا می‌کنند. بنابراین متابولیسم قند در میوه‌ها توسط ترکیب گازی اطراف آن و تنش‌های غیرزیستی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Lin *et al.*, 2019). پوشش‌های پلی‌اتیلنی نسبت به مولکول‌های بخار آب نفوذناپذیر

بوده و در نتیجه سبب ایجاد میکرواتمسفری اشباع از رطوبت در اطراف میوه می‌شوند (Ben-Yehoshua *et al*., 1996). از آنجایی که درصد مواد جامد قابل حل به میزان رطوبت میوه بستگی دارد، پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر از طریق حفظ دی‌اکسیدکربن و رطوبت سبب کاهش تنفس، تعرق و حفظ فعالیت متابولیکی بذرپوشینه‌ها شد و در نتیجه درصد افزایش مواد جامد قابل حل نسبت به بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن کمتر بود. انار میوه‌ای نافرازگرا است که افزایش مواد جامد قابل حل در آن وجود ندارد. بنابراین تعرق، از دست رفتن آب میوه و غلیظ‌تر شدن آب میوه دلیلی بر افزایش میزان مواد جامد قابل حل است (Remon *et al*., 2003).

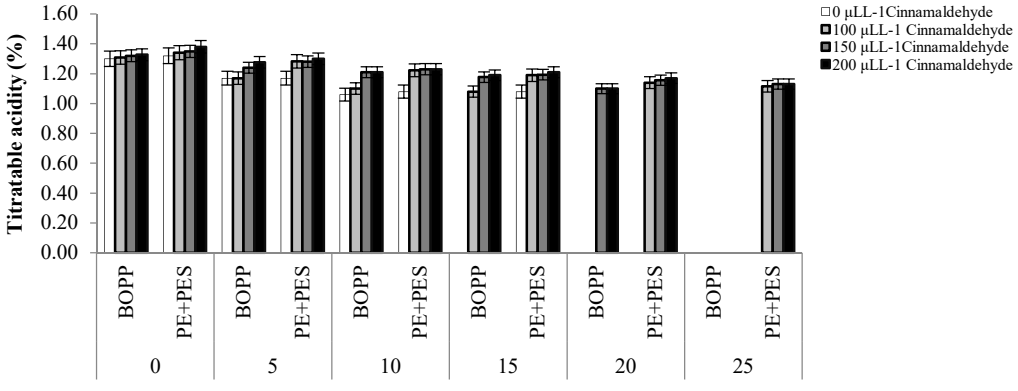
اسیدیته قابل تیتراسیون

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۳۸) در بسته‌بندی با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در همان روز داشت و کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۱/۰۶) در بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در همان روز نشان داد (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر میزان مواد جامد قابل حل بذرپوشینه انار.

Figure 2. Mean comparison interaction effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on soluble solids content of pomegranate aril.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بذرپوشینه انار.

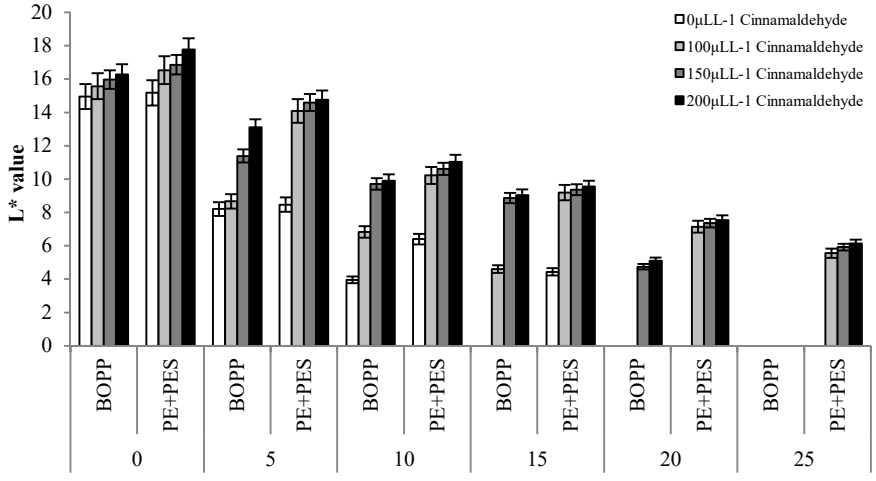
Figure 3. Mean comparison interaction effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on titratable acidity of pomegranate aril.

اتمسفر تغییر یافته، متابولیسم میوه و میزان تنفس را کاهش می‌دهد که منجر به حفظ و نگهداری سوبسترای تنفسی گردیده و فرآیند رسیدن پس از برداشت را به تأخیر می‌اندازد (Diaz-Mula *et al*., 2011). بسته‌بندی با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی سینامالدئید به‌علت ایجاد اتمسفر مطلوب و جلوگیری از مصرف اسیدها طی فرآیندهای متابولیکی نسبت به تیمار شاهد و بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی سینامالدئید سبب حفظ بهتر اسیدهای آلی گردید. مطابق با نتایج این پژوهش، پوشش پلیمری با منافذ ریزتر و نفوذپذیری کمتر باعث حفظ میزان اسیدیته و سفتی میوه گیلاس شد (Alique *et al*., 2003). در واقع پوشش‌های با نفوذپذیری کم با افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش تنفس فرآورده در بسته‌ها سبب حفظ اسیدیته می‌شوند (Devlieghere *et al*., 2002). به‌نظر می‌رسد در پوشش‌های پلیمری حاوی دی‌اکسیدکربن بالا بر اثر حل شدن دی‌اکسیدکربن، اسید کربونیک و H^+ تولید می‌شود که کاهش pH را به‌دنبال دارد (Kader & Ben-Yehshua, 2000). اسانس‌ها از طریق کاهش فرآیندهای اکسیداسیونی مانند تنفس، رسیدگی و پیری مصرف اسیدهای آلی محصولات را کاهش می‌دهند (Martinez-Romero *et al*., 2007).

شاخص روشنایی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر شاخص روشنایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین شاخص روشنایی (۱۷/۷۷) در بسته‌بندی با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها در همان روز داشت و کمترین شاخص روشنایی (۳/۹۶) در بسته‌بندی با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن بدون سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری با پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید و پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر بدون سینامالدئید در همان روز نداشت (شکل ۴).

تغییر رنگ بذرپوشینه‌های انار به پوست‌گیری و برش نسبت داده می‌شود. شاخص L^* بیانگر میزان روشنایی میوه است (Hernandez-munos *et al*., 2008) و کاهش روشنایی یک روند طبیعی در دوره پس از برداشت بسیاری از میوه‌هاست (Fernando *et al*., 2007) که در میوه توت‌فرنگی نشاندهنده تیره‌تر شدن رنگ می‌باشد (Atress *et al*., 2010).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر شاخص روشنایی بذرپوشینه انار.

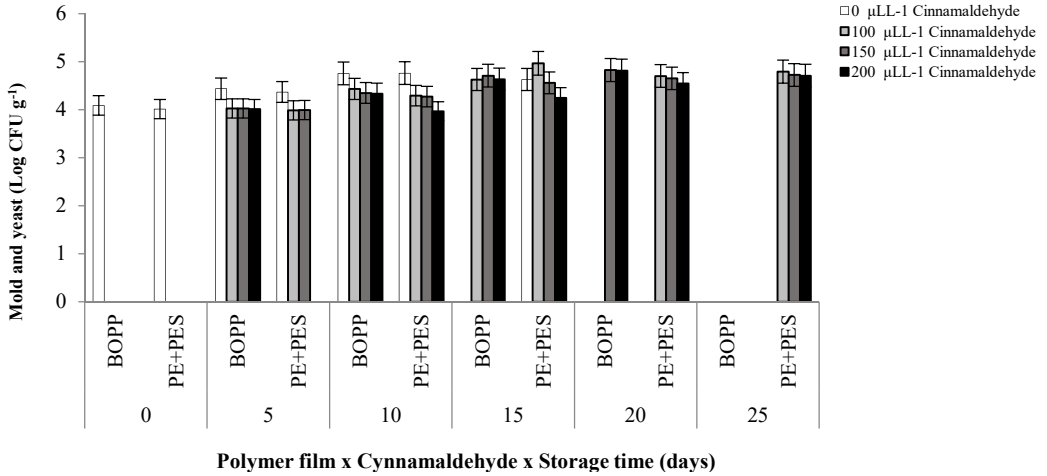
Figure 4. Mean comparison interaction effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on index L^* of pomegranate aril.

مطابق با نتایج ما حفظ شاخص روشنایی در اتمسفر تغییر یافته برای میوه توت سیاه (Tinebra *et al*., 2021) و اتمسفر حاوی اسانس برای میوه توت‌فرنگی (Atress *et al*., 2010) در طول انبارمانی گزارش شده است. بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته باعث کاهش سرعت سوخت و ساز، کاهش سرعت تغییر رنگ و طولانی‌تر شدن عمر مفید محصولات می‌شود (Lopez-Galvez *et al*., 2015). تأخیر در پیری در اثر کاربرد اسانس‌ها از دلایل کاهش تغییر رنگ و حفظ شاخص روشنایی فرآورده‌ها در شرایط پس از برداشت عنوان شده است (Valero *et al*., 2006).

تعیین آلودگی میکروبی

میکروارگانیسم‌های عامل فساد مواد غذایی از مهمترین عوامل ایجادکننده بیماری در انسان می‌باشند (Loir *et al*., 2003). نتایج آنالیز واریانس نشان داد اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر تعداد کلنی کپک و مخمر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد کلنی کپک و مخمر (۴/۹۶ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) در طول دوره انبارمانی مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت ۱۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز پانزدهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز داشت. در روز پانزدهم انبارمانی کمترین تعداد کلنی کپک و مخمر (۴/۲۴ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید بود. کمترین تعداد کلنی کپک و مخمر (صفر کلنی در گرم بذر پوشینه انار) در طول دوره انبارمانی مربوط به پوشش پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید و پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت ۱۰۰ و ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در همان روز نداشت. در روز صفر انبارمانی بیشترین تعداد کلنی کپک و مخمر (۴/۰۸ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) در پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید بود (شکل ۵).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تیمارها بر تعداد کلنی باکتری‌های مزوفیل هوازی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

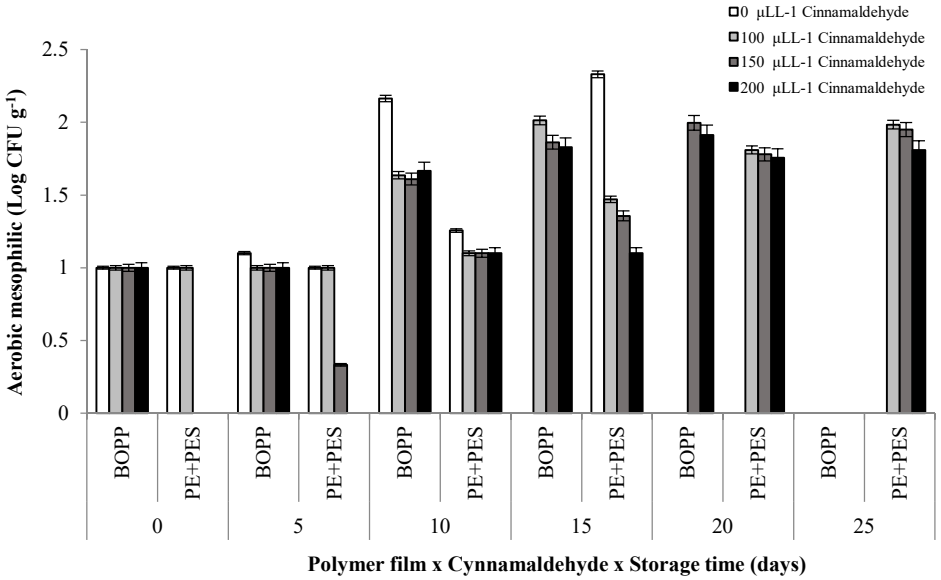


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر تعداد کلنی کپک و مخمر بذرپوشینه انار.

Figure 5. Mean comparison interaction effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on mold and yeast of pomegranate aril.

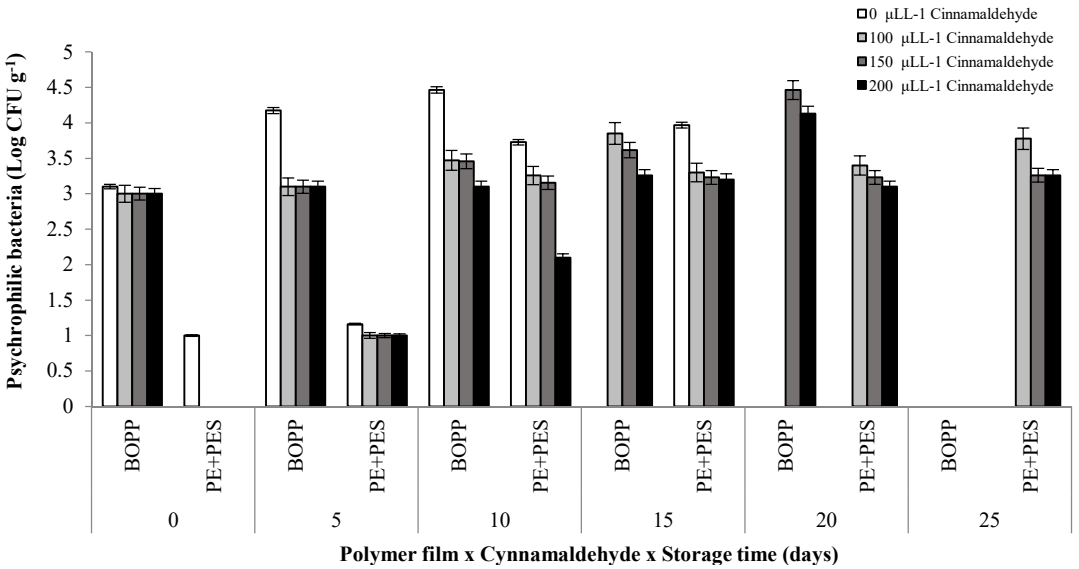
نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد کلنی باکتری‌های مزوفیل هوازی (۲/۳۳ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) درطول انبارمانی مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز پانزدهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز داشت. در روز پانزدهم انبارمانی کمترین تعداد کلنی باکتری‌های مزوفیل هوازی (۱ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید بود. کمترین تعداد کلنی باکتری‌های مزوفیل هوازی (صفر کلنی در گرم بذر پوشینه انار) درطول انبارمانی مربوط به پوشش پلی‌اتیلن+ پلی‌استر حاوی غلظت ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز داشت (شکل ۶).

نتایج آنالیز واریانس نشان داد اثر ساده، اثرات متقابل دوگانه زمان انبارمانی در غلظت سینامالدئید و زمان انبارمانی در پوشش پلیمری و اثرات متقابل سه‌گانه تیمارها بر تعداد کلنی باکتری‌های سایکروفیل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین تعداد کلنی باکتری‌های سایکروفیل (۴/۴۶ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) در طول دوره انبارمانی مربوط به پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌ارینتت‌پلی‌پروپیلن حاوی غلظت صفر میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز دهم انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز داشت. در روز دهم انبارمانی کمترین تعداد کلنی باکتری‌های سایکروفیل (۲/۱ کلنی در گرم بذر پوشینه انار) مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید بود. کمترین تعداد کلنی باکتری‌های سایکروفیل (صفر کلنی در گرم بذر پوشینه انار) در طول دوره انبارمانی مربوط به پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی غلظت ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید در روز صفر انبارمانی بود که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها در همان روز نشان داد (شکل ۷).



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرمتقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر تعداد کلنی باکتری‌های مزوفیل هوازی بذرپوشینه انار.

Figure 6. Mean comparison interaction effect of polymer film cinnamaldehyde and storage time on aerobic mesophilic bacteria of pomegranate aril.



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش پلیمری، سینامالدئید و زمان انبارمانی بر تعداد کلنی باکتری سایکروفیل بذر پوشینه انار.
Figure 7. Mean comparison interaction effect of polymer film, cinnamaldehyde and storage time on psychrophilic bacteria of pomegranate aril.

پوشش‌های پلیمری به‌دلیل تغییر نسبت گازهای تنفسی منجر به کاهش تنفس، تأخیر در پیری، کاهش ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌شوند (Artes *et al*., 2006). دی‌اکسیدکربن دارای اثر مهارکنندگی بر رشد باکتری‌های گرم منفی و هوازی است. همچنین دی‌اکسیدکربن اثر ممانعت‌کنندگی بر رشد کپک‌ها داشته و آلودگی به کپک‌ها را به تأخیر می‌اندازد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که پتانسیل ضد میکروبی دی‌اکسیدکربن در برابر باکتری‌های سرمادوست به‌دلیل قابلیت انحلال بیشتر دی‌اکسیدکربن در دمای پایین است و بنابراین توانایی افزایش ماندگاری ماده غذایی در دمای پائین را دارد (Berna *et al*., 2007). دی اکسیدکربن هنگام حل شدن در آب، اسید کربنیک تولید می‌کند، که pH محصولات غذایی را کاهش می‌دهد. محیط اسیدی با گسترش فاز تأخیر، باعث مهار میکروارگانیسم‌ها می‌شود. بنابراین سطح دی‌اکسیدکربن محلول در محصول میزان مهار میکروبی اتمسفر تغییر یافته را تعیین می‌کند (Banda *et al*., 2015; Van de Velde *et al*., 2019). پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر از طریق حفظ دی‌اکسیدکربن سبب کاهش بار میکروبی نسبت به پوشش پلیمری بی‌اکسیلاری‌اورینتت‌پلی‌پروپیلن در نمونه‌های بسته‌بندی شده گردید. مطابق با نتایج این آزمایش، بسته‌بندی بذر پوشینه انار در اتمسفر اصلاح شده و نگهداری در دمای ۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۸ روز باعث مهار رشد کلنی کپک و مخمر و باکتری‌های مزوفیل هوازی در هر گرم وزن تازه شده است (Ayhan and Esturk, 2009). مطابق با نتایج این آزمایش، محققان دیگر تعداد بیشتر کلنی کپک و مخمر نسبت به باکتری‌های مزوفیل هوازی را در بذرپوشینه انار گزارش کردند که نشان‌دهنده توانایی رشد کپک و مخمر در pH پایین بذرپوشینه انار است (Caleb *et al*., 2013b).

بسیاری از اسانس‌های گیاهی اثر بازدارندگی بر رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا دارند (Zheng *et al*, 2013). مطابق با نتایج این آزمایش اوژنول، تیمول و منتول در ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر کنترل شده در انگور و گیلاس رشد میکروبی را به‌میزان قابل توجهی کاهش دادند (Valverde *et al*., 2005; Serrano *et al*., 2005). سینامالدئید و کارواکرول در کاهش فلور میکروبی میوه‌ها اثرگذار هستند و این اثر در میوه‌های با pH کمتر، بیشتر است. به‌طور کلی در pHکمتر، اسانس‌ها و ترکیب‌های آنها اثر بیشتری دارند (Burt, 2004). به‌نظر می‌رسد اثر سینامالدئید در

کنترل آلودگی میکروبی به‌دلیل pH اسیدی بذرپوشینه انار باشد. خاصیت بازدارندگی سینامالدئید از طریق اتصال گروه کربونیل آن با پروتئین‌ها و جلوگیری از نقش آمینواسید دکربوکسیلاز می‌باشد (Burt, 2004).

نتیجه‌گیری کلی

بسته‌بندی بذرپوشینه انار در پوشش پلیمری پلی‌اتیلن + پلی‌استر حاوی ۲۰۰ میکرولیتر در لیتر سینامالدئید از طریق جلوگیری از تغییر اسیدهای آلی و تعدیل تجزیه مواد جامد قابل حل باعث حفظ ویژگی‌های حسی شد. آلودگی میکروبی بذرپوشینه‌ها در اثر تغییر اتمسفر درونی بسته‌ها همراه با تأثیر سینامالدئید که خود یک ترکیب آلدئیدی دارای خاصیت ضدمیکروبی است کمتر بود. به‌نظر می‌رسد بسته‌بندی با پوشش پلیمری دارای نفوذپذیری کمتر به اکسیژن و دی‌اکسیدکربن با ایجاد اتمسفر مطلوب و کاهش فرآیندهای متابولیکی مخرب باعث حفظ خصوصیات کیفی بذرپوشینه انار شده است. همچنین کاربرد اسانس‌ها در بسته‌بندی بذرپوشینه انار به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی آنها باعث مهار آلودگی میکروبی و افزایش عمر انبارمانی خواهد شد.

REFERENCES

1. Alique, R., Martínez, M. A., & Alonso, J. (2003). Influence of the modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Navalinda sweet cherry. *European Food Research and Technology*, 217(5), 416-420.
2. Almenar, E., Hernández-Munoz, P., Lagarón, J. M., Catala, R., & Gavara, R. (2006). Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(1), 86-91.
3. Amalaradjou, M. A. R., Baskaran, S. A., Ramanathan, R., Johny, A. K., Charles, A. S., Valipe, S. R., & Venkitanarayanan, K. (2010). Enhancing the thermal destruction of *Escherichia coli* O157: H7 in ground beef patties by trans-cinnamaldehyde. *Food Microbiology*, 27(6), 841-844.
4. AOAC. (1984). Official Methods of Analysis (14th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
5. Atress, Amal, S. H., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean., H. E., & Alsanius., B. W. (2010) Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 2(3), 88-97.
6. Ayhan, Z., & Eştürk, O. (2009). Overall quality and shelf life of minimally processed and modified atmosphere packaged "ready-to-eat" pomegranate arils. *Journal of Food Science*, 74(5), 399-405.
7. Banda, K., Caleb, O. J., Jacobs, K., & Opara, U. L. (2015). Effect of active-modified atmosphere packaging on the respiration rate and quality of pomegranate arils (cv. Wonderful). *Postharvest Biology and Technology*, *109*, 97-105.
8. Berna, A. Z., Geysen, S., Li, B. E., Verlinden, J., Larnmertyn, B. A., & Nicolai, B. M. (2007). Headspace fingerprint mass spectrometry to characterize strawberry aroma at super-atmospheric oxygen conditions. *Postharvest Biology and Technology,* 46, 230-236.
9. Bounatirou, S., Smiti, S., Miguel, M. G., Faleiro, L., Rejeb, M. N., Neffati, M., Costa, M.M., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., & Pedro, L. G. (2007). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff. et Link. *Food Chemistry*, *105*(1), 146-155.
10. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
11. Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Al-Said, F. A., & Opara, U. L. (2013a). Transpiration rate and quality of pomegranate arils as affected by storage conditions. *CyTA-Journal of Food*, *11*(3), 199-207.
12. Caleb, O. J., Mahajan, P. V., Manley, M., & Opara, U. L. (2013b). Evaluation of parameters affecting modified atmosphere packaging engineering design for pomegranate arils. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(11), 2315-2323.
13. Devlieghere, F., Gil, M.I., & Debevere, J. (2002). Modified atmosphere packaging (MAP). In: The Nutrition Handbook for Food Processors, C. J. K Henry and C. Chapman (Ed.). Woodhead Publishing, UK, pp. 342-372.
14. Díaz-Mula, H. M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., & Valero, D. (2011). Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 1. Effect on organoleptic quality. *Postharvest Biology and Technology*, 61(2-3), 103-109.

15. Ding, C. K., Chachin, K., Hamauzu, Y., Ueda, Y., & Imahori, Y. (1998). Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14(3), 309-315.
16. Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications* (pp. 222). Springer.
17. ISO 21527-2. (2008). Microbiology of food and animal feeding stuffs-horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds—Part 2: colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95. *International Standards Organization, Switzerland*.
18. 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.
19. Holley, R. A., & Patel, D. (2005). Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. *Food Microbiology*, 22(4), 273-292.
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1989). Microbiology of food, animal feed-evaluation of the methods for enumerating coliform bacteria - Colony counting method 3 nd Revision, ISIRI No. 9263. (In Farsi).
21. Kader, A. A., & Ben-Yehoshua, S. (2000). Effects of super atmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, *20*(1), 1-13.
22. Kader, A.A., & Watkins, C.B. (2000). Modified atmosphere packaging—toward 2000 and beyond. *HortTechnology*, *10*(3), 483-486.
23. Lamikanra, O., Chen, J. C., Banks, D., & Hunter, P. A. (2000). Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(12), 5955-5961.
24. Li, X., Li, W., Jiang, Y., Ding, Y., Yun, J., Tang, Y., & Zhang, P. (2011). Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut Fuji apple. *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (9), 1947-1955.
25. Lin, Q., Xie, Y., Guan, W., Duan, Y., Wang, Z., & Sun, C. (2019). Combined transcriptomic and proteomic analysis of cold stress induced sugar accumulation and heat shock proteins expression during postharvest potato tuber storage. *Food Chemistry*, *297*, 124991.
26. Linde, J. H., Combrinck, S., Regnier, T. J. C., & Virijevic, S. (2010). Chemical composition and antifungal activity of the essential oils of *Lippia rehmannii* from South Africa. *South African Journal of Botany*, 76(1), 37-42.
27. Loir, Y. L. Baron, F., & Gautier, M. (2003). *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetic Molecular Research*, 2, 63-76.
28. Lopez-Gálvez, F., Ragaert, P., Haque, M. A., Eriksson, M., van Labeke, M. C., & Devlieghere, F. (2015). High oxygen atmospheres can induce russet spotting development in minimally processed iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, *100*, 168-175.
29. Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A., & Nerin, C. (2011). Active label-based packaging to extend the shelf-life of "Calanda" peach fruit: Changes in fruit quality and enzymatic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 60(3), 211-219.
30. Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo, S., & Valero, D. (2007). Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grapes. *International Journal of Food Microbiology*, 115(2), 144-148.
31. Melgarejo-Flores, B. G., Ortega-Ramírez, L. A., Silva-Espinoza, B. A., González-Aguilar, G. A., Miranda, M. R. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2013). Antifungal protection and antioxidant enhancement of table grapes treated with emulsions, vapors, and coatings of cinnamon leaf oil. *Postharvest Biology and Technology*, *86*, 321-328.
32. NP-4405, (2002). Food microbiology-general rules for microorganism counts. Colonies count at 30◦C. Instituto Português da Qualidade, Lisboa, Portugal. (In Portuguese).
33. Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. (2013). Color measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(1), 36-60.
34. 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,* 146-152.
35. Remon, S., Venturini, M. E., Lopez-Buesa, P., & Oria, R. (2003). Burlat cherry quality after long range transport: optimisation of packaging conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4(4), 425-434.
36. Sanchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martinez, C., & Chafer, M. (2011). Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60(1), 57-63.

37. Sanla-Ead, N., Jangchud, A., Chonhenchob, V., & Suppakul, P. (2012). Antimicrobial activity of cinnamaldehyde and eugenol and their activity after incorporation into cellulose-based packaging films. *Packaging Technology and Science*, 25(1), 7-17.
38. Sernaitė, L., Rasiukeviciute, N., & Valiuskaitė, A. (2020). Application of plant extracts to control postharvest gray mold and susceptibility of apple fruits to B. cinerea from different plant hosts. *Foods*, 9(10), 1430.
39. Serrano, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Zapata, P. J., Castillo, S., & Valero, D. (2008). The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 19(9), 464-471.
40. Serrano, M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., & Valero, D. (2005). The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(1), 115-123.
41. Sivakumar, D., Wijeratnam, R. W., Abeyesekere, M., & Wijesundera, R. L. C. (2002) Combined effect of generally regarded as safe (GRAS) compounds and *Trichoderma harzianum* on the control of postharvest diseases of rambutan. *Phytoparasitica*, 30(1), 43-51.
42. Thompson, A. K., Prange, R. K., Bancroft, R., & Puttongsiri, T. (2018). Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables. CABI.
43. Tinebra, I., Sortino, G., Inglese, P., Fretto, S., & Farina, V. (2021). Effect of different modified atmosphere packaging on the quality of mulberry Fruit (*Morus alba* L. cv Kokuso 21). *International Journal of Food Science*, 2021, 1-12.
44. Valero, D., Valverde, J. M., Martínez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2006). The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 317-327.
45. Valverde, J. M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., & Valero, D. (2005). Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19), 7458-7464.
46. Van de Velde, F., Esposito, D., Overall, J., Méndez-Galarraga, M. P., Grace, M., Élida Pirovani, M., & Lila, M. A. (2019). Changes in the bioactive properties of strawberries caused by the storage in oxygen-and carbon dioxide-enriched atmospheres. *Food Science and Nutrition*, *7*(8), 2527-2536.
47. Waghmare, R. B., & Annapure, U. S. (2013). Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 147-153.
48. Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*. The Development Research Center, Ottawa, Canada, 47-58.
49. Zheng, L., Bae, Y. M., Jung, K. S., Heu, S., & Lee, S. Y. (2013). Antimicrobial activity of natural antimicrobial substances against spoilage bacteria isolated from fresh produce. *Food Control*, 32(2), 665-672.