DOI: http://dx.doi.org/10.22104/IFT.2023.6293.2143

Innovative Food Technologies, 10(4), 377-395, Summer 2023

*Research Article*

# Effect of coating and modified atmosphere packaging on the characteristics of fresh- cut melon during storage

**Parvin Sharayei [1*], Shohreh Nikkhah[2]**

1. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. Researcher, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.

(Received 21 May 2023, Received in revised form 24 June 2023, Accepted 19 July 2023)

**Introduction:** Melon (*Cucumis melo* L.) is one of the most important fruits that is consumed all over the world. The fresh cut fruit and vegetable industry is one of the relatively new and growing sectors of the fresh food products industry. Fresh-cut fruits, in addition to ease of consumption, bring benefits such as higher added value, reduction of waste and losses, increased product variety, improved security and quality, and less work in stores. Quality retention and shelf-life extension of fresh-cut fruits are crucial for industry because of their economic impact. Fresh-cut fruits and vegetables with high pH and water activity are considered to be highly perishable when they are not subjected to preservative processes and delay undesirable biological and biochemical changes. A recent approach to prolong the shelf life of fresh-cut fruit and vegetables is the use of edible coatings either alone or combined with modified atmosphere packaging. Numerous studies on improving the shelf life of fresh-cut fruits are extensive with the application of modified atmosphere packaging, and edible coatings and films. Chitosan, a polysaccharides-based edible coating, has been used individually or in combination with nanocomposite and other biological materials such as extracts or essential oils of various plants. On the other hand, edible films and coatings, due to their high ability to carry active compounds including antimicrobial compounds, can increase product shelf life and reduce the risk of pathogen growth on fresh-cut surfaces. Thymol (2-isopropyl-5-methylphenol) is a monoterpenoid phenol with the molecular formula $C_4H_{10}O$ and isomer of carvacrol, which is slightly soluble in water with neutral pH, but is very soluble in alcohols and other organic solvents. MA packaging technology has been representatively used to maintain quality of fresh-cut products during preservation by carbon dioxide elevation and reduction in oxygen levels.

**Materials and methods:** Melon fruit was harvested with full maturity at the right time. The outer surface of the fruit was disinfected with sodium hypochlorite solution (200 ppm) and cube slices with dimensions of 4x4x4 $cm^3$ and an approximate weight of 9 g were prepared from it. To prepare the coating solution, 1 or 2 g of chitosan with 0.5 g of tween 80 was dissolved in 100 g of 1% acetic acid solution and thymol was added to the solution at 3 concentrations (zero, 0.25 and 0.5%). The final pH of the product was adjusted to 5.6 using NaOH 0.1 M. Then the solution was homogenized with a magnetic stirrer (1500 rpm) for 2 min. Fruit slices were immersed in each of the solutions separately for 2 min. After coating and removing excess solutions, the fruit slices were dried at room temperature for 8 min. Then, 30±2 g of treated and the control samples (uncoated) were weighed inside a polyethylene container and covered with a double-layer film (with a total thickness of 85 µm with an outer layer of polyethylene and an inner layer of polyamide) were packed in a modified or natural atmosphere. Atmosphere change was done using a MAP device equipped with a gas injection system. The levels of $CO_2$, $O_2$ and $N_2$ inside the package immediately after sealing were 10, 5 and 85%, respectively. Fresh-cut packages were kept at 4±2°C for 8 days. All physicochemical ($O_2$ and $CO_2$ levels, weight loss, TSS. TA, ascorbic acid, color and firrmness) charactrestics were performed during storage time (immediately after harvesting, after 4 and 8 days). At the end of the storage time, microbial contamination (total count, mold and yeast count) and sensory characteristics were evaluted.

* Corresponding author: p.sharayei@areeo.ac.ir

DOI: http://dx.doi.org/10.22104/IFT.2023.6293.2143

Innovative Food Technologies, 10(4), 377-395, Summer 2023

**Results and discussion:** The results of analysis of variance showed a significant effect of the type of packaging atmosphere on the level of $O_2$ and $CO_2$ gases inside the packages ($p<0.05$). The results showed the $CO_2$ and $O_2$ levels, repectively increased and decreased inside the different fresh –cut melon packages during storage at 4ºC under natural and modified atmospheres. However, in the samples coated with chitosan and thymol, the intensity of $O_2$ reduction and $CO_2$ increase was less than the uncoated samples (control). This phenomenon is probably due to the gas blocking properties of the chitosan coating and the antimicrobial properties of thymol, which reduce oxygen consumption and carbon dioxide production by reducing the respration rate. At the end of 8 days of storage, the weight loss in the samples coated with chitosan and thymol and stored under modified atmosphere was much less than the control sample (0.34% compared to 13.60%). Chitosan coating and packaging under modified atmosphere provide relative semi-permeable barriers against oxygen, carbon dioxide and moisture, and as a result, weight loss is reduced by decreasing respration rate and moisture loss. Increasing the concentration of chitosan and packaging under modified atmosphere caused an increase in the amount of soluble solids, titratable acid, ascorbic acid, and firmness of the melon slices, but increasing the concentration of thymol had no significant effect on these quality characteristics. The color indices of green-redness (a*), blue-yellowness (b*), brightness (L*) and browning index (BI) were also affected by the type of packaging and chitosan concentration. Evaluting the interaction effect of storage time with chitosan concentration showed that the amount of a* and b* indexes in the samples coated with 1% chitosan after 4 days of storage was not significantly different from the first sample. However, after 8 days of storage, these indexes decreased significantly. The interaction effect of chitosan and thymol concentration showed that melon slices treated with 1% chitosan with 0.25% or 0.5% thymol had the lowest microbial load. Coating with chitosan and thymol and the same type of packaging had a significant effect on all sensory attributes of melon slices (color, texture, smell, taste and overall acceptance) ($P<0.05$). Generally, the panelists preferred 1% chitosan over 2% in overall acceptanc.

**Conclusion:** The results showed that the physicochemical, sensory and microbial characteristics of fresh melon slices decrease during the storage period. Coating fresh-cut melons with chitosan and thymol due to its gas barrier and antimicrobial properties helped to preserve the quality and also prevent some undesirable changes. The integration of coating and packaging under modified atmosphere caused more maintaining the quality of fresh- cut melons. So that coating with chitosan 1% chitosan with thymol 0.5% and packed under modified atmosphere reduces microbial spoilage and preserves more qualitative features, color components and sensory attributes in fresh -cut melons.

**Keywords:** ***Fresh- cut melon, Chitosan, Thymol, Storage time, Modified atmosphere.***

**How to cite this article:**

Sharayei, P., Nikkhah, S., (2023). Effect of coating and modified atmosphere packaging on the characteristics of fresh- cut melon during storage. *Innov. Food Technol., 10(4)*, 377-395.
DOI: http://dx.doi.org/10.22104/IFT.2023.6293.2143

DOI: http://dx.doi.org/10.22104/IFT.2023.6293.2143

فصلنامه فناوری‌های جدید در صنعت غذا، دوره ۱۰، شماره ۴، صفحه ۳۹۵-۳۷۷، تابستان۱۴۰۲

*مقاله پژوهشی*

# اثر پوشش‌دهی و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییر یافته بر ویژگی‌های برش‌های تازه خربزه در طول انبارداری

**پروین شرایعی[1*]، شهره نیکخواه[2]**

**۱. دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران**

**۲. مربی پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران**

**(تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۲/۳۱، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸)**

## چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر کیتوزان، تیمول و اتمسفر تغییر یافته بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی برش‌های تازه خربزه بود. بدین منظور، برش‌های خربزه (به ابعاد $cm^3$ ۴×۴×۴ و وزن تقریبی g ۹) در محلول حاوی درصدهای مختلف کیتوزان (صفر، ۱ و ۲٪) و تیمول (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵٪) به مدت۲ دقیقه غوطه‌ور شدند. برش‌های تازه میوه پس از پوشش‌دهی و حذف محلول‌های اضافی و نمونه شاهد (پوشش‌داده نشده) در اتمسفر تغییریافته (۱۰٪ دی‌اکسیدکربن) و اتمسفر طبیعی بسته‌بندی و به مدت ۸ روز در دمای $4^{\circ}C$ نگهداری شدند. نتایج بیانگر افزایش میزان دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن در بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده و اتمسفر طبیعی همگام با افزایش دوره ماندگاری بود. اما در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان و تیمول شدت کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن کمتر از نمونهٔ شاهد بود. در پایان ۸ روز نگهداری، افت وزنی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان و تیمول و نگهداری شده تحت اتمسفر تغییریافته بسیار کمتر از نمونه شاهد بود (۰/۳۴٪ در مقایسه با ۱۳/۶۰٪). افزایش غلظت کیتوزان و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته سبب افزایش حفظ میزان مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، اسید اسکوربیک و سفتی بافت برش‌های خربزه شد، اما افزایش غلظت تیمول تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی‌های کیفی نداشت. شاخص‌های رنگی میزان سبزی- قرمزی ($a^*$)، میزان آبی- زردی ($b^*$)، میزان روشنایی ($L^*$) و شاخص قهوه‌ای شدن (BI) نیز تحت تأثیر نوع بسته‌بندی و غلظت کیتوزان قرار گرفتند. اما، تیمار با تیمول بر شاخص‌های رنگی برش خربزه تأثیر معنی‌داری نداشت. اثر متقابل غلظت کیتوزان و غلظت اسانس نشان داد که برش‌های خربزه تیمار شده با غلظت ۱٪ کیتوزان و غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵٪ تیمول دارای کمترین میزان بار میکروبی بودند. پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول و هم‌چنین نوع بسته‌بندی بر همه صفات حسی برش‌های خربزه (رنگ، بافت، بو، طعم و پذیرش کلی) تأثیر معنی‌داری داشت ($P< ۰/۰۵$)؛ و ارزیابان در پذیرش کلی، غلظت ۱٪ کیتوزان را بر غلظت ۲٪ ترجیح دادند. بنابراین، به نظر می‌رسد استفاده از پوشش‌دهنده‌های حاوی کیتوزان و تیمول و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته از توانایی مناسبی برای حفظ کیفیت برش‌های تازه خربزه برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان یک تیمار سالم و مؤثر در نظرگرفته شود.

**واژه‌های کلیدی: اتمسفر تغییریافته، تیمول، برش تازه خربزه، زمان ماندگاری، کیتوزان**

*نویسنده مسئول: p.sharayei@areeo.ac.ir

**۱. مقدمه**

خربزه (*Cucumis melo* L.)، یکی از مهم‌ترین محصولات جالیزی است که از زمان‌های قدیم در ایران جایگاه ویژه‌ای داشته است و در حال حاضر بعد از هندوانه بیشترین سطح زیرکشت و تولید را در بین محصولات جالیزی کشور دارا می‌باشد. طبق آخرین آمار منتشرشده از سوی اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ سطح زیر کشت خربزه در کشور ۴۴ هزار هکتار بوده که مقدارتولید سالیانه آن بالغ بر ۱۰۷۴ هزار تن می‌رسد [۱] که به‌صورت سنتی به بازار ارائه و مصرف می‌شود. با توجه به روند رو به رشد صنایع غذایی و ایجاد امکانات بهینه برای مصرف‌کنندگان، استفاده مناسب از فرآورده‌ها با کمترین ضایعات و ایجاد شرایطی که آنها بتوانند در هر زمان و هر موقعیت جغرافیایی از انواع فرآورده‌های زراعی و باغی استفاده کنند، توسعه یافته است [۲]. صنعت میوه و سبزی تازه برش خورده[1] از بخش‌های نسبتاً جدید و در حال رشد صنعت تولید فرآورده‌های تازه غذایی است. فرآورده‌های آماده مصرف، علاوه بر آسانی مصرف، مزایایی مانند ارزش‌افزوده بالاتر، کاهش ضایعات و تلفات، افزایش تنوع محصول، امنیت و کیفیت بهبودیافته و همچنین کار کمتر در فروشگاه‌ها را به همراه دارند [۳].

کیفیت و عمر انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها توسط عوامل گوناگونی مثل کاهش آب، قهوه‌ای شدن آنزیمی، آسیب بافتی، فرآیند پیری و رشد میکروبی و غیره کاهش می‌یابد. در مورد میوه‌های برش‌خورده، این اتفاق به‌دلیل آسیب بافتی که به‌وسیله پوست کندن، قطعه قطعه کردن و بریدن به وجود آمده است، افزایش می‌یابد [۴]. استفاده از پوشش بر سطح فرآورده‌های برش داده‌شده برای افزایش عمر ماندگاری با حفظ کیفیت و همچنین جلوگیری از ایجاد بعضی تغییرات نامطلوب پیشنهاد شده است[۵]. کیتوزان یکی از نگهدارنده‌های طبیعی و پوششی فعال است که به علت طبیعت غیررسمی، فعالیت ضداکسایشی، ضدمیکروبی، خاصیت تشکیل فیلم، زیست‌سازگاری و زیست‌تخریب‌پذیری به‌عنوان یکی از افزودنی‌های طبیعی مورد توجه می‌باشد. کیتوزان نوعی پلی‌ساکارید چند قندی است که از استیل‌زدایی کیتین (یکی از فراوان‌ترین پلیمرهای طبیعی) پوست سخت‌پوستان مثل خرچنگ و میگو به دست می‌آید و از واحدهای گلوکز آمین و ان-استیل گلوکز آمین (با اتصالات بتا ۱ و ۴ ) تشکیل شده است این ماده به‌صورت منفرد و یا ترکیبی تحت عنوان نانوکامپوزیت و همراه با سایر مواد بیولوژیک نظیر عصاره و یا اسانس گیاهان مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶]. از سوی دیگر، فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی با توجه به توانایی بالای خود برای حمل ترکیبات فعال ازجمله ترکیبات ضدمیکروبی می‌توانند ماندگاری محصول را افزایش و خطر رشد پاتوژن‌ها در سطوح برش خورده را کاهش دهند [۷]. در میان مواد فعالی که به همراه پوشش‌ها به کار می‌روند، اسانس‌های گیاهی که موادی طبیعی و سازگار با طبیعت هستند، بسیار سودمند خواهند بود. منشأ طبیعی این ترکیب‌ها، نگرانی‌های مصرف‌کننده از اثرگذاری‌های سوء بقایای مواد شیمیایی در مواد غذایی را نیز برطرف می‌کند [۸]. تیمول (۲-ایزوپروپیل۵--متیل فنل)، یک فنل مونوترپنوئیدی با فرمول مولکولی $C_4H_{10}O$ و ایزومر کارواکرول[2] است که در آب با pH خنثی به میزان کم حل می‌شود، اما در الکل‌ها و سایر حلال‌های آلی بسیار محلول است [۹].

Sun و همکاران (۲۰۲۲)، از فیلم‌های تهیه شده از کیتوزان حاوی عصاره پلی‌ساکاریدی جنسینگ برای پوشش‌دهی برش‌های تازه خربزه استفاده کردند و بیان نمودند که کیتوزان به‌عنوان یک فیلم نیمه‌نفوذپذیر با تغییر اتمسفر درونی (تغییر در نفوذپذیری آب، اکسیژن و دی‌اکسیدکربن) و با کم کردن سرعت تنفس پیری را به تأخیر می‌اندازد و فساد میوه طی ۴ روز نگهداری با افزودن عصاره پلی-ساکاریدی جنسینگ نیز کاهش می‌یابد [۱۰]. Qiao و همکاران (۲۰۱۹)، برش‌های تازه خربزه را با محلول حاوی کیتوزان-دی اکسیدنانوتیتانیوم- تیمول- توئین پوشش‌دهی نمودند و گزارش کردند این پوشش از کاهش مالون‌دی‌آلدئید و میزان مواد جامد محلول در میوه جلوگیری نموده و میزان

1. Fresh- cut

2. carvacrol

رشد کپک و مخمر را از ۲/۶ به ۱/۶ logcfu/g کاهش می‌دهد [۱۱]. Chen و همکاران (۲۰۲۱) نیز از پوشش‌دهی آلژینات حاوی اسانس تیمول برای برش‌های تازه سیب استفاده نمودند. نتایج بیانگر اثرات ضدمیکروبی پوشش بر علیه میکروارگانیسم‌های *استافیلوکوکس اورئوس* و *اشرشیا کولی* بود و میوه‌های پوشش‌دهی شده با این ترکیبات کاهش افت وزنی کمتری با حفظ رنگ و مواد مغذی داشتند [۱۲]. Ortiz-Duarte و همکاران (۲۰۱۹)، از نانوکامپوزیت کیتوزان- نقره برای پوشش‌دهی برش‌های تازه خربزه استفاده نمودند. نتایج نشان داد پوشش‌دهی با کاهش شدت تنفس سبب حفظ رنگ، اسید قابل تیتراسیون، میزان مواد جامد محلول، قندهای گلوکز و فروکتوز، اسیدهای آلی سیتریک و مالیک و خواص حسی در برش‌های خربزه نگهداری شده در ۵ و ۱۲ °C شد [۱۳]. Poverenov و همکاران (۲۰۱۴) از پوشش آلژینات- کیتوزان برای برش‌های خربزه استفاده نمودند و بیان نمودند که این پوشش علاوه بر دارا بودن خاصیت چسبندگی آلژینات، خاصیت ضدمیکروبی کیتوزان را هم دارد لذا سبب کاهش رشد باکتری‌ها، کپک‌ها و قارچ‌ها به میزان ۱ تا ۲ سیکل لگاریتمی می‌شود [۱۴]. Almela و همکاران (۲۰۱۳) از غلظت‌های متفاوت اسانس‌های گیاهی آویشن و لیمو برای افزایش عمر انباری برش خرمالو استفاده نمودند. این محققان نتیجه گرفتند که روغن‌های اساسی در مدت انبارداری رنگ و کیفیت میکروبی میوه را حفظ نمودند اما بر بافت برش‌های میوه تأثیر معنی‌داری نداشتند [۱۵]. Zsivanovits و همکاران (۲۰۱۲)، افزایش عمر انباری برش‌های خربزه را به دلیل پوشش‌دهی میوه با محلول کیتوزان و محلول‌های اسیدلاکتیک و لاکتات گزارش نمودند [۱۶].

استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته نیز یک روش فراگیر و کارآمد دیگر برای کنترل تغییرات ناخواسته و افزایش زمان ماندگاری محصولات تازه برش خورده است. گزارش‌های متعددی وجود دارند که بیان می‌کنند بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته (افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاهش غلظت اکسیژن) سبب کاهش میزان تنفس، تولید اتیلن، سرعت رسیدگی، فساد میکروبی، تجزیه ترکیبات مغذی و همچنین حفظ دیواره سلولی و ظاهر محصول می‌شود که به افزایش ماندگاری محصول منتهی می‌شود [۱۹،۱۷،۱۸]. Kale و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند استفاده از اتمسفر تغییریافته شامل ۱۰٪ دی‌اکسیدکربن، ۳٪ اکسیژن و یا ۱۰۰٪ نیتروژن سبب افزایش زمان ماندگاری برش‌های تازه خربزه تا ۲۱ روز با حفظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و کاهش رشد میکروبی می‌شود [۲۰]. Minh و همکاران (۲۰۲۰)، اثرات غلظت‌های مختلف گازهای اکسیژن (۱/۵ تا ۲۱٪)، دی‌اکسیدکربن (صفر تا ۱۵٪)، و نیتروژن (۷۰ تا ۱۰۰٪) را بر برش‌های خربزه کانتالوپ مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن بود که اتمسفر حاوی۱۰٪ دی‌اکسیدکربن،۱۰٪ اکسیژن و ۸۰٪ نیتروژن سبب افزایش زمان ماندگاری برش‌های تازه خربزه تا ۱۴ روز (دمای نگهداری ۱۲ °C)، با حفظ خصوصیات کیفی می‌شود [۲۱].

با توجه به اهمیت کاهش ضایعات محصولات کشاورزی از یک سو و اهمیت اقتصادی محصولات آماده به مصرف و ماندگاری آن از سوی دیگر، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر پوشش‌دهنده و نگهدارنده طبیعی و همچنین بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته در مقایسه با اتمسفر طبیعی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، میکروبی و حسی برش‌های تازه خربزه (رقم تاشکندی) و ماندگاری آن در دمای ۴ °C بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲ مواد اولیه

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل میوه خربزه رقم تاشکندی بود. مواد بسته‌بندی شامل پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (به‌عنوان سینی) و پلی‌آمید- پلی‌اتیلن با ضخامت ۸۵ µm (به‌عنوان لفاف) از شرکت زرین آسیا و کیتوزان (وزن مولکولی متوسط (۸۵۴ kDa)، درجهٔ استیل‌زدایی ۸۸/۵٪ و درجهٔ مصرف خوراکی)، کلرورکلسیم، توین ۸۰، اسیداستیک، تیمول (خلوص ۹۸/۵٪ و درجه مصرف خوراکی) و سایر مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت‌های مرک و سیگما با درجه خلوص ۹۹/۵٪ تهیه شدند.

### ۲.۲ آماده‌سازی و بسته‌بندی برش‌های خربزه

میوه خربزه با رسیدگی کامل در زمان مناسب با توجه به شاخص‌های رسیدگی (رنگ پوست، خشک شدن پیچک نزدیک به دم میوه، تراکم تور روی پوسته بیرونی میوه) برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، در همان روز برش‌های میوه تهیه شدند. بدین منظور، سطح خارجی میوه با محلول سدیم هیپوکلریت (با غلظت ۲۰۰ppm) ضدعفونی شد و برش‌های مکعبی به ابعاد $cm^3$ ۴×۴×۴ و وزن تقریبی ۹g از آن تهیه گردید. برای تهیه محلول پوشش‌دهی، ۱ و یا ۲ g کیتوزان با ۰/۵ g تویین ۸۰ در ۱۰۰g محلول اسیداستیک ۱٪ حل و تیمول در ۳ سطح (صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵٪ محلول اسیداستیک) به محلول اضافه شد. pH نهایی محصول به‌وسیله سود ۰/۱M روی ۵/۶ تنظیم شد. سپس محلول به مدت ۲ min با همزن مغناطیسی (۱۵۰۰rpm) به‌صورت همگن در آمد. برش‌های میوه در هریک از محلول‌ها به‌طور جداگانه به مدت min ۲ غوطه‌ور شدند. پس از پوشش‌دهی و حذف محلول‌های اضافی، برش‌های میوه به مدت ۸ min در دمای اتاق خشک شدند. مقدار ۳۰±۲ g نمونه‌های تیمار شده و نمونه شاهد (پوشش داده نشده، غلظت کیتوزان و اسانس صفر درصد، غوطه‌ور شده در آب مقطر با pH معادل ۵/۶) داخل ظرف پلی‌اتیلنی توزین شده و با فیلم دولایه (به ضخامت کلی µm ۸۵ با لایه خارجی پلی‌اتیلن و لایه داخلی پلی‌آمید) در اتمسفر تغییریافته و اتمسفر طبیعی بسته‌بندی شدند. تغییر اتمسفر با استفاده از دستگاه MAP (Henkelman مدل A200Gerhardt، ساخت هلند) مجهز به سیستم تزریق گاز انجام شد. سطوح گازهای دی‌اکسیدکربن، اکسیژن و نیتروژن در داخل بسته بلافاصله پس از درزبندی به ترتیب ۱۰، ۵ و ۸۵٪ بود.

بسته‌های حاوی برش‌های تازه خربزه پس از آماده شدن به مدت ۸ روز در دمای $^{\circ}$C ۲±۴ (یخچال) قرار داده شدند. به‌منظور نمونه‌برداری سه بسته از هر تیمار و از هر اتمسفر به‌طور تصادفی انتخاب شد. همه آزمون‌های فیزیکی-شیمیایی در ۳ نقطه زمانی شامل بلافاصله پس از بسته‌بندی و پس از ۴ و ۸ روز انجام شدند.

### ۳.۲ آزمون‌ها

#### ۱.۳.۲ مواد جامد محلول در آب

درصد مواد جامد محلول، با استفاده از رفراکتومتر رومیزی (مدل Shouchit Tongliang) در دمای محیط اندازه‌گیری و گزارش شد [۲۲].

#### ۲.۳.۲ مقدار اسید قابل تیتر

اسید قابل تیترکردن، با تیتراسیون عصاره با سود ۰/۱ نرمال در مجاورت فنل فتالئین (تا رسیدن به رنگ صورتی ماندگار به مدت ۳۰s) و برحسب درصد اسید مالیک محاسبه و گزارش شد [۲۲]. برای تهیه عصاره، ۱۰g میوه خردشده به ۱۰۰ml آب افزوده و سپس صاف شد.

#### ۲ .۳.۳ اسید اسکوربیک

به ۵ ml آب‌میوه، ۲۰ ml آب مقطر و ۲ ml معرف‌آمیدن۱٪ اضافه شد و با محلول یدN ۰/۰۱ حاوی ۱۶ g یدورپتاسیم در لیتر، تیتر شد سپس میزان ویتامین ث موجود در آب میوه از رابطه (۱) محاسبه شد [۲۳].

$$AA = (\frac{0.88 \times V_I}{V_j}) \times 100 \qquad (۱)$$

که Vi حجم مصرفی محلول ید و Vj حجم آب‌میوه می‌باشد.

#### ۴.۳.۲ رنگ

ابتدا تصویر نمونه برش خربزه به کمک اسکنر (مدل Hp Scan Jet 3010، ساخت کشور کانادا) گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از ورود هرگونه نور جانبی، سطح اسکنر با پارچه کاملاً سیاه و ضخیم پوشانیده شد. تصاویر با وضوح ۳۰۰dpi و فرمت JPEG ذخیره شدند. پس از انتقال تصاویر به رایانه، مختصات رنگی آنها در فضای رنگی Lab با نرم‌افزار Image j (version 1.40g) استخراج شد. فضای رنگی $L^* a^* b^*$ دارای سه شاخص است. شاخص $L^*$ معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص $a^*$ میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص $b^*$

میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰ + (زرد خالص) متغیر می‌باشد. هم‌چنین شاخص قهوه‌ای شدن[1] با استفاده از رابطه‌های (۲ و ۳) محاسبه شد [۲۴]:

$$BI = \frac{100\times(X-0.31)}{0.172} \quad (۲)$$

$$X = \frac{a*+0.175\times L*}{5.645\times L*+a-0.12\times b*} \quad (۳)$$

### ۵.۳.۲ بافت

سفتی بافت برش‌های میوه توسط دستگاه بافت‌سنج ( CNS Farnell,Hertfordshire,UK)، با آزمایش نفوذ با استفاده از پروب با قطر ۲ mm ، سرعت ۱ mm/s، لود سل[2] برابر با ۵Kg و میزان نفوذ ۹۰٪ انجام شد. سفتی بافت بر حسب N با استفاده از شیب منحنی نیرو- تغییر شکل گزارش شد [۲۵].

### ۶.۳.۲ میزان کاهش وزن

درصدکاهش وزن، با استفاده ازترازو و محاسبهٔ اختلاف وزن اولیه و ثانویهٔ اندازه‌گیری، محاسبه و گزارش شد [۲۶].

$$W_L = \frac{W_i - W_f}{w_i} \times 100 \quad (۴)$$

که $W_L$، $W_i$ و $W_f$ به ترتیب افت وزنی (٪)، وزن اولیه و وزن نهایی (g) می‌باشند.

### ۷.۳.۲ اندازه‌گیری غلظت گازهای موجود در بسته

غلظت گاز درون بسته با استفاده از دستگاه آنالایزر قابل حمل (OXYBABY $VO_2/CO_2$) ارزیابی شد. برای این کار سرنگ دستگاه را درون فضای بسته فرو کرده و سپس دستگاه ml ۵ از گاز داخل بسته را به داخل سیستم مکش کرده و به‌صورت اتوماتیک غلظت گاز اکسیژن و دی-اکسیدکربن داخل بسته گزارش می‌شود.

### ۸.۳.۲ آزمایش‌های میکروبی

در پایان مدت نگهداری، نمونه‌ها از نظر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها و تعداد کپک و مخمر مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور پس از تهیه رقت سریالی در محلول سرم فیزیولوژی استریل، مقدار ml ۰/۱ به‌صورت پورپلیت (تعداد کل میکروارگانیسم‌ها) و کشت سطحی (تعداد کل کپک و مخمر) در پلیت‌های محتوی محیط کشت قرار گرفت. شمارش کلی میکروب‌ها و کپک و مخمر به ترتیب پس از مدت حداقل h ۴۸ نگهداری در دمای $^{\circ}C$ ۲۵ و پس از حدود ۵ روز گرمخانه‌گذاری در دمای $^{\circ}C$ ۳۰ انجام شد. در این آزمایش‌ها برای شمارش کلی میکروبی از محیط کشت استاندارد پلیت‌کانت‌آگار (PCA) و برای آزمایش‌های مربوط به کپک و مخمر از محیط کشت پوتیتو دکستروزآگار (PDA) استفاده شد. در نهایت تعداد میکروارگانیسم به‌صورت logcfu/g گزارش شد [۲۷].

### ۹.۳.۲ آزمون حسی

در پایان مدت نگهداری، صفات رنگ، بو، بافت و کیفیت کلی نمونه میوه توسط ۱۰ ارزیاب آموزش‌دیده مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابان از آزمون هدونیک ۵ امتیازی (۱= بسیار بد و ۵= بسیار خوب) استفاده نموده و امتیاز بیشتر یا مساوی ۳ مورد قبول بود [۲۸].

## ۴.۲ تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش‌های مختلف با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل آماری شدند. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح مختلف کیتوزان (۰، ۱ و ۲٪)، تیمول (۰، ۰/۲۵ و ۰/۵٪)، نوع بسته‌بندی (اتمسفر تغییریافته و طبیعی) و مدت نگهداری (بلافاصله بعد از بسته‌بندی، پس از ۴ و ۸ روز نگهداری) بودند. میانگین‌ها با نرم‌افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند ($p < ۰/۰۵$). برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد.

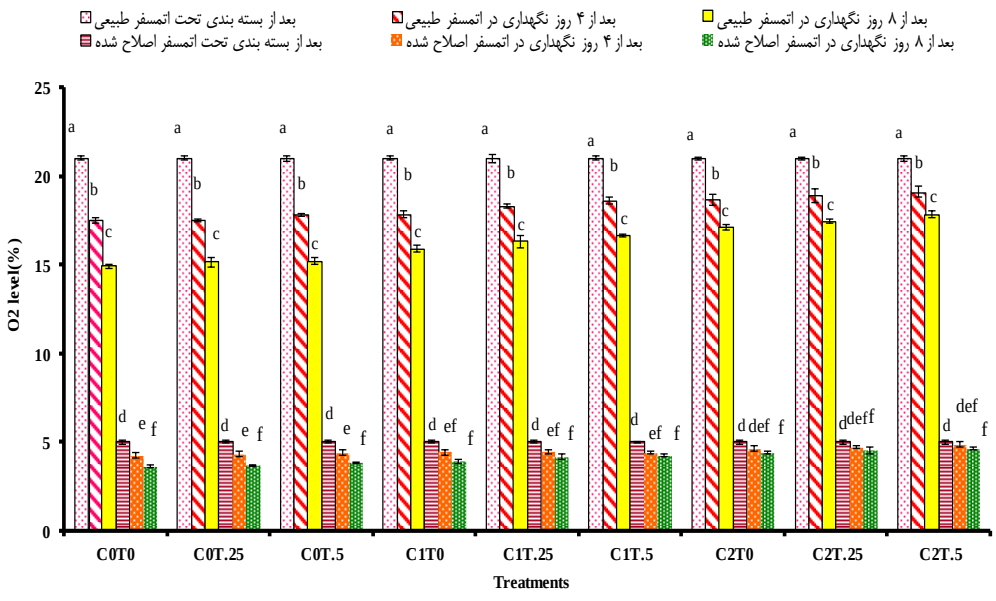
## ۳. نتایج و بحث

### ۱.۳ تغییرات گاز داخل بسته‌ها

مقایسه میانگین اثر متقابل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی (اتمسفر تغییریافته و طبیعی)

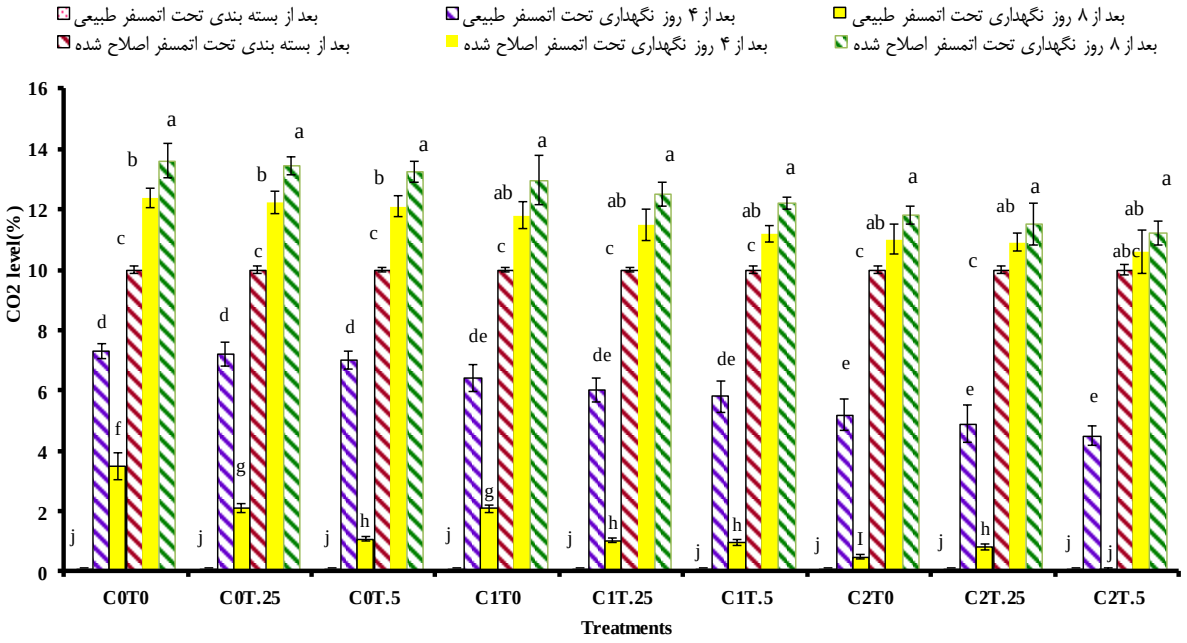
1. Browning Index
2. Load Cell

و مدت زمان نگهداری) بر تغییرات سطح گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در فضای داخل بسته‌ها به ترتیب در شکل‌های (۱ و ۲) آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس بیانگر معنی‌دار بودن اثر مستقل نوع اتمسفر بسته‌بندی بر سطح گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن داخل بسته‌ها بود ($p<۰/۰۵$). به‌طور کلی با افزایش زمان نگهداری سطح گاز اکسیژن در داخل بسته‌ها به دلیل مصرف آن در واکنش‌های بیوشیمیایی و میکروبی کاهش یافت. همچنین نتایج گویای افزایش معنی‌دار سطح دی‌اکسیدکربن در تمامی بسته‌ها در طول دوره نگهداری بود. این تغییرات در ۴ روز اول نگهداری با شدت بیشتری رخ داد. سطح نفوذپذیری بالاتر فیلم به گاز سبب تخلیه سریع‌تر اکسیژن و همزمان تشکیل دی‌اکسیدکربن بیشتر می‌شود که متابولیسم تنفس را از حالت هوازی به بی‌هوازی تبدیل کرده و در تغییر اتمسفر داخل بسته تأثیرگذار است. نتایج این پژوهش با نتایج Mendes و همکاران (۲۰۱۸) و Candir و همکاران (۲۰۱۸) همسو است [۳۰،۲۹]. این محققین نشان دادند که غلظت گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن طی ماندگاری در بسته‌های هلو (بسته‌بندی‌شده با فیلم پلی‌اتیلن با دانسیته پایین ۳۰، روز ماندگاری در دمای $۰^{\circ}C$ و به دنبال آن ۳ روز در دمای $۲۵^{\circ}C$) و میوه انار (بسته‌بندی شده در فیلم Xtend، ۶ ماه نگهداری در دمای $۶^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۹۰٪ و به دنبال آن ۷ روز نگهداری در دمای $۲۰^{\circ}C$) تحت اتمسفر کنترل‌شده به ترتیب کاهش و افزایش یافت. به طوری که پس از پایان دوره نگهداری غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در فیلم پلی‌اتیلن با دانسیته پایین به ضخامت ۶۰µm به ترتیب به ۵ و ۶٪ و در فیلم با ضخامت ۸۰µm به ترتیب ۱ و ۱۶٪ رسید. هم‌چنین مقدار گاز اکسیژن در بسته‌های دارای فیلم Xtend تا ۲ ماه با شیب تند کاهش و سپس تا ماه ۴، افزایش جزئی و پس از آن تا ماه ۶ دوباره کاهش (به ترتیب ۱۲/۹۰، ۱۳/۹۹ و ۱۳/۶۳ KPa) یافت و روند تغییرات دی‌اکسیدکربن معکوس بود.




**شکل (۱) مقایسه** میانگین اثر متقابل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی و زمان نگهداری) بر تغییرات گاز اکسیژن در بسته‌های مختلف برش‌های تازه خربزه (در تیمارها حروف **C** و **T** نشان‌دهندهٔ به ترتیب پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول است و اعداد نشان‌دهنده غلظت این ترکیبات است). میله‌های رسم شده نشانگر انحراف معیار داده‌هاست. حروف غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (**P**<۰/۰۵).

**Fig 1.** Mean comparisons of interaction effect of variables (chitosan concentration, thymol concentration, type of packaging atmosphere and storage time) on the changes in $O_2$ level inside the different fresh –cut melon packages (in the treatments, the letters C and T indicate coating with chitosan and thymol, respectively, and the numbers indicate the concentration of these compounds). Error bars shows standard deviation (SD). Non-similar letters indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).




**شکل (۲)** مقایسه میانگین اثر متقابل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی و زمان نگهداری) بر تغییرات گاز دی‌اکسیدکربن در بسته‌های مختلف برش‌های تازه خربزه (در تیمارها حروف **C** و **T** نشان‌دهندهٔ به ترتیب پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول است و اعداد نشان‌دهنده غلظت این ترکیبات است). میله‌های رسم شده نشانگر انحراف معیار داده‌هاست. حروف غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (**P**<۰/۰۵).

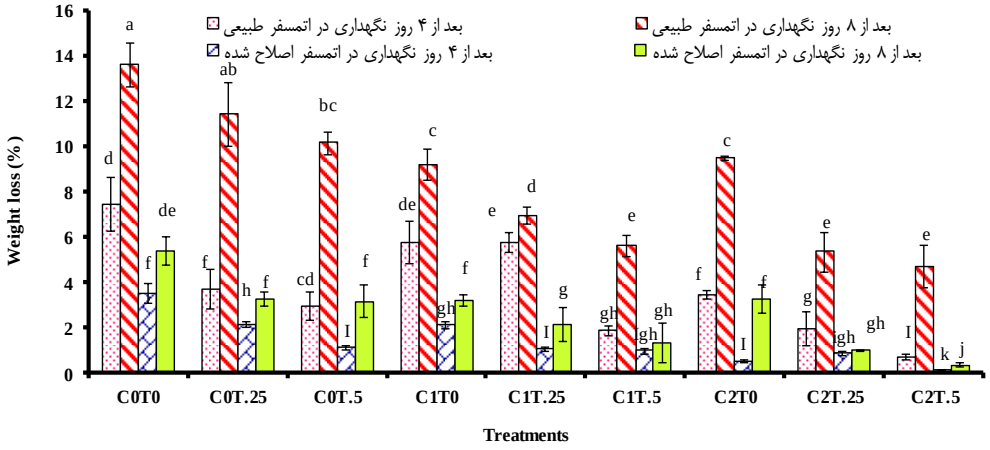
**Fig 2.** Mean comparisons of interaction effect of variables (chitosan concentration, thymol concentration, type of packaging atmosphere and storage time) on the changes in $CO_2$ level inside the different fresh –cut melon packages (in the treatments, the letters C and T indicate coating with chitosan and thymol, respectively, and the numbers indicate the concentration of these compounds). Error bars shows standard deviation (SD). Non-similar letters indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).

همان‌طور که از شکل‌های (۱) و (۲) مشاهده می‌شود، در بسته‌های حاوی برش‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان و تیمول شدت کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن کمتر از نمونهٔ شاهد بود. این پدیده احتمالاً به‌دلیل خاصیت ممانعت‌کننده گازی پوشش کیتوزان و خاصیت ضدمیکروبی تیمول می‌باشد که با کاهش شدت تنفسی سبب کاهش مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن می‌شوند. [۳۱،۱۰]. نتایج Liguori و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد غلظت گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن طی ماندگاری میوه انگور تیمار شده با کیتوزان ۱٪ و بسته‌بندی‌شده تحت اتمسفر تغییریافته (۱۰٪ دی‌اکسیدکربن و ۲۱٪ اکسیژن) با فیلم پلی‌اتیلن با دانسیته بالا طی ۱۴ روز نگهداری در دمای ۵ °C و رطوبت نسبی ۹۰ ٪ به ترتیب ۱۰ و ۱۵٪ بود؛ در حالی که در نمونه‌های پوشش‌دهی نشده غلظت گاز اکسیژن و دی‌اکسیدکربن بعد از ۱۴ روز به ترتیب ۸ و ۸٪ بود [۳۲]. نتایج Fu و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان‌دهنده کاهش شدت تنفسی در اثر تیمار ریشه‌های نیلوفر آبی تازه بریده‌شده با تیمول (۳ و ۵ ٪) تحت اتمسفر تغییریافته در فیلم‌هایی از جنس پلی‌اتیلن سبک اصلاح شده بود؛ به طوری که غلظت گاز اکسیژن طی ۸ روز ماندگاری در دمای ۴ °C و رطوبت نسبی ۶۰٪ در نمونه‌های حاوی۳ و ۵٪ به ترتیب ۱۰و ۱۵/۵٪ بود که اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد (فاقد تیمول) داشت (۴٪). این محققین همچنین بیان کردند روند تغییرات دی‌اکسیدکربن معکوس بود [۳۳].

## ۲.۳ افت وزن

تغییرات درصد کاهش وزن نمونه‌های مختلف برش خربزه در طول ۸ روز نگهداری در دمای ۴ °C تحت اتمسفر طبیعی و تغییریافته در شکل ۳ نشان داده شده است. حفظ وزن خالص میوه‌ها تا زمان تحویل برای بازاریابی ضروری است. افت وزنی

علاوه بر اثر مستقیم بر کمیت، بر ظاهر، بافت و کیفیت تغذیه‌ای نیز تأثیرگذار است. اثر مستقل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی و طول مدت نگهداری) و اثرات متقابل آنها بر افت وزنی بسته‌ها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش زمان نگهداری افت وزنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بعد از ۸ روز نگهداری در نمونه‌های بدون پوشش و نگهداری شده در اتمسفر طبیعی به ۱۳/۶۰٪ رسید. افزایش افت وزنی در طول زمان نگهداری، به‌دلیل اثر تبخیر و تنفس (تولید آب، و گرما و مصرف قند) رخ می‌دهد. هم‌چنین نتایج نشان داد وزن میوه‌ها در روزهای آخر نگهداری با شیب بیشتری کاهش یافت. این پدیده، احتمالاً به‌علت افزایش فعالیت متابولیکی و همچنین رشد سریع میکروبی با تخریب بافت میوه می‌باشد. [۳۴]. اما نتایج بیانگر کاهش چشم‌گیر و معنی‌داری افت وزنی در نمونه-های پوشش‌دهی شده نسبت به نمونه‌های بدون پوشش و هم-چنین نوع اتمسفر بسته‌بندی بود. به طوری که با افزایش غلظت کیتوزان به ۲٪ و تیمول به ۰/۵٪، میزان افت وزنی پس از ۸ روز نگهداری در اتمسفر طبیعی نسبت به نمونه شاهد ۱۱۶/۴۵٪ کاهش یافت (افت وزنی ۴/۶۸٪ در مقایسه با۱۳/۶۰٪). بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته نیز سبب کاهش قابل ملاحظه افت وزنی شد به طوری که میزان افت وزنی در نمونه پوشش‌دهی شده حاوی ۲٪ کیتوزان و ۰/۵٪ تیمول پس از ۸ روز نگهداری تحت اتمسفر تغییریافته حدود ۰/۳۴٪ بود که بسیار کمتر از نمونه‌های نگهداری شده تحت اتمسفر طبیعی بود. پوشش کیتوزان و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته موانع نیمه نفوذپذیر نسبی در مقابل اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و رطوبت را فراهم کرده و در نتیجه با کاهش شدت تنفس و افت رطوبت افت وزنی کاهش می‌یابد. مطالعات قبلی نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه پوشش و اتمسفر تغییریافته در قطعات تازه برش خورده گلابی، هویج و انار دارد [۳۷،۳۵،۳۶]. اسانس‌ها نیز به دلیل داشتن ویژگی‌های آبگریز به همراه پوشش کیتوزان سبب کاهش از دست دادن رطوبت در میوه‌ها می‌شوند [۳۸،۱۲]. هم‌چنین نتایج نشان داد ترکیب اسانس با کیتوزان و بسته‌بندی تحت اتسمفر تغییریافته با افزایش فعالیت‌های ضدمیکروبی و قابلیت تشکیل لایه‌ها و موانع بخار آب میزان افت وزنی را به میزان چشم‌گیری کاهش داد.




**شکل (۳)** مقایسه میانگین اثر متقابل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی و زمان نگهداری) بر میزان افت وزنی (٪) برش-های تازه خربزه (در تیمارها حروف **C** و **T** نشان‌دهندهٔ به ترتیب پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول است و اعداد نشان‌دهنده غلظت این ترکیبات است). میله‌های رسم شده نشانگر انحراف معیار داده‌هاست. حروف غیرمشابه بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

**Fig 3.** Mean comparisons of interaction effect of variables (chitosan concentration, thymol concentration, type of packaging atmosphere and storage time) on the amount of **weight loss (%)** of fresh –cut melon (in the treatments, the letters C and T indicate coating with chitosan and thymol, respectively, and the numbers indicate the concentration of these compounds). Error bars shows standard deviation (SD). Non-similar letters indicate a significant difference according to the Duncan test ($P<0.05$).

### ۳.۳ درصد مواد جامد محلول

تغییرات درصد مواد جامد محلول نمونه‌های مختلف برش خربزه در طول ۸ روز نگهداری در دمای ۴ °C تحت اتمسفر طبیعی و تغییریافته در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان مواد جامد محلول در کنار سفتی بافت میوه، کاربرد گسترده‌ای برای تعیین کیفیت پس از برداشت میوه‌ها دارد و با دیگر صفات، ارتباط نزدیکی دارد [۳۹]. همان‌طور که مشهود است در همه بسته‌ها میزان مواد جامد محلول نمونه‌های برش-خورده خربزه پس از ۴روز انبارداری کاهش یافت که این کاهش در تمامی نمونه‌ها معنی‌دار بود ($p <$ ۰/۰۵). در روزهای بعد انبارداری تا روز هشتم، میزان مواد جامد محلول نمونه‌ها دستخوش نوسان بود که این نوسانات در نمونه‌های مختلف از روند خاصی تبعیت نمی‌کرد. مصرف سوبسترا از طریق تنفس محصول یا فعالیت میکروارگانیسم‌ها سبب تغییر میزان مواد جامد محلول می‌شود [۴۰]. افزایش مواد جامد محلول طی انبارداری و بلوغ فیزیولوژیک میوه به علت فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز می‌باشد که نشاسته را به قندهای ساده مثل گلوگز فسفات تبدیل می‌کند [۴۱].

میزان مواد جامد محلول در برش خربزه قبل از هر تیماری ۹/۷۵٪ بود و پوشش‌دهی با محلول کیتوزان و تیمول و همچنین بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده سبب کاهش کمتر مواد جامد محلول نسبت به نمونه شاهد شد. هم‌چنین با افزایش غلظت کیتوزان و تیمول حفظ این ویژگی کیفی افزایش یافت. کیتوزان به‌واسطه ایجاد یک مانع در مقابل عبور گازها و با کاهش تنفس، تلفات آب‌میوه، تبادلات گازی و تولید اتیلن سبب تثبیت مواد جامد محلول می‌شود. درحالی‌که در تیمار شاهد به دلیل پیشرفت پدیده پیری، پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی هضم شده و مواد جامد محلول افزایش می‌یابد [۴۲]. هم‌چنین کاهش سطح اکسیژن و بالا بردن سطح دی‌اکسیدکربن با سرکوب کردن سنتز اتیلن سبب کاهش شدت تنفسی و فعالیت‌های متابولیکی می‌شود و در نتیجه پیشرفت پدیدهٔ پیری به تأخیر می‌افتد. Ortiz-Duarte و همکاران (۲۰۱۹) گزارش نمودند که میزان مواد جامد برش‌های خربزه محلول از ۱۰/۷ به ۹/۷٪ طی ۱۳ روز نگهداری در دمای ۵ °C کاهش یافت؛ در حالی که در نمونه‌های تیمار شده با کیتوزان (استخراج‌شده از خرچنگ پنجه قرمز) میزان کاهش مواد جامد محلول بسیار کم و جزئی بود (میزان مواد جامد پس از ۱۳ روز نگهداری، ۱۰/۵٪ بود) [۴۳]. Liguori و همکاران (۲۰۲۱) نیز گزارش نمودند بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته و کیتوزان سبب حفظ بهتر مواد جامد محلول میوه انگور طی ۷ روز نگهداری در دمای ۵ °C شد [۳۲].

**جدول (۱)** مقایسه میانگین اثر متقابل متغیرها (غلظت کیتوزان، غلظت تیمول، نوع اتمسفر بسته‌بندی و زمان نگهداری) بر میزان مواد جامد محلول (٪) برش‌های تازه خربزه

**Table 1.** Mean comparisons of interaction effect of variables (chitosan concentration, thymol concentration, type of packaging atmosphere and storage time) on the amount of **TSS (%) of** fresh –cut melon

| **Packaging type** | **Modified atmosphere** | | | **Natural atmosphere** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Harvesting time= 9.75± 0.12** | | |
| **Storage time (day)** | **0**(after packaging) | **4** | **8** | **0**(after packaging) | **4** | **8** |
| **C0T0** | 9.73±0.06$^{a}$ | 7.25 ±0.08$^{p}$ | 7.05 ± 0.12$^{p}$ | 9.81±0.06$^{a}$ | 7.87 ±0.03$^{no}$ | 8.12 ± 0.04$^{lm}$ |
| **C0T.25** | 9.72±0.06$^{a}$ | 7.82 ± 0.12$^{o}$ | 7.98 ± 0.05$^{mo}$ | 9.80±0.04$^{a}$ | 8.72 ± 0.09$^{ef}$ | 8.15 ± 0.01$^{l}$ |
| **C0T.5** | 9.75 ±0.04$^{a}$ | 8.35 ± 0.14$^{jik}$ | 8.15 ± 0.02$^{l}$ | 9.74±0.08$^{a}$ | 8.97 ±0.09$^{bc}$ | 8.45 ±0.04$^{ij}$ |
| **C1T0** | 9.74±0.06$^{a}$ | 8.37 ± 0.09 $^{j}$ | 8.25 ± 0.04$^{k}$ | 9.75±0.06$^{a}$ | 8.67 ± 0.02$^{f}$ | 8.37 ± 0.13$^{jik}$ |
| **C1T.25** | 9.71±0.07$^{a}$ | 8.63 ± 0.11$^{fg}$ | 8.37 ± 0.05$^{j}$ | 9.73±0.07$^{a}$ | 8.95 ± 0.05$^{bc}$ | 8.62 ± 0.04$^{fg}$ |
| **C1T.5** | 9.78±0.05$^{a}$ | 8.87 ± 0.23$^{bcde}$ | 8.56 ±0.01$^{gh}$ | 9.76±0.05$^{a}$ | 9.05 ± 0.05$^{b}$ | 8.57 ± 0.03$^{gh}$ |
| **C2T0** | 9.74±0.05$^{a}$ | 8.52 ± 0.03$^{hi}$ | 8.13 ± 0.04$^{lm}$ | 9.73±0.08$^{a}$ | 8.77 ±0.01$^{e}$ | 8.48 ±0.06 $^{hij}$ |
| **C2T.25** | 9.80±0.04$^{a}$ | 8.87 ± 0.09$^{cde}$ | 8.88 ± 0.05$^{cd}$ | 9.74±0.07$^{a}$ | 9.01 ± 0.00$^{b}$ | 8.83 ±0.04$^{de}$ |
| **C2T.5** | 9.76±0.04$^{a}$ | 9.01 ± 0.06$^{b}$ | 8.75 ±0.06$^{ef}$ | 9.79±0.03$^{a}$ | 9.11 ± 0.10$^{b}$ | 9.03 ± 0.05$^{b}$ |

In the treatments, the letters C and T indicate coating with chitosan and thymol, respectively, and the numbers indicate the concentration of these compounds. Non-similar letters in total data (means± SD) indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).

در تیمارها حروف **C** و**T** نشان‌دهندهٔ به ترتیب پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول است و اعداد نشان‌دهنده غلظت این ترکیبات است. حروف غیرمشابه در داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (**P**<۰/۰۵).

### ۴.۳ اسید قابل تیتر

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن اثرات مستقل نوع بسته‌بندی، مدت زمان نگهداری و غلظت کیتوزان بر مقدار اسید قابل تیتراسیون برش‌های خربزه بود (P<۰/۰۵) که در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی اثر مستقل مدت زمان نگهداری نشان داد که اسیدیته در طول ۴ روز اول نگهداری به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و سپس تا پایان مدت نگهداری ثابت باقی ماند. در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با افزایش غلظت کیتوزان به ۱٪ میزان اسیدیته افزایش یافت؛ اما افزایش بیشتر غلظت آن به ۲٪ سبب کاهش میزان این ویژگی کیفی شد، به طوری که با نمونه پوشش‌دهی نشده تفاوت آماری معنی‌داری نداشت. اثر مستقل غلظت تیمول بر میزان اسید قابل تیتراسیون، معنی‌دار نبود (۰/۰۵< P). هم‌چنین بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته سبب حفظ بهتر اسید قابل تیتراسیون میوه‌ها شد. Candir و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان کردند که انارهای بسته‌بندی‌شده در اتمسفر تغییریافته در دمای ۶ °C اسیدیته بالاتری نسبت به شاهد داشتند در حالی که در ۷ روز بعدی نگهداری در دمای ۲۰ °C اسیدیته در هر دو مشابه بود [۲۹]. حضور دی-اکسیدکربن در فضای بسته‌بندی و حل شدن آن در پیکره محصول می‌تواند با تشکیل اسیدکربنیک، آمینواسیدها و اسیدهای چرب آزاد طی واکنش‌های پروتئولیز و لیپولیز همراه باشد که به افزایش اسید قابل تیتراسیون منجر می‌شود [۴۵]. گزارش شده است که تنفس مهم‌ترین فاکتور است که می‌تواند قندها را در حضور اکسیژن به انرژی تبدیل کند؛ بنابراین کاهش اسیدیته می‌تواند به افزایش غلظت اکسیژن نیز مربوط باشد [۴۶]. همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌تواند باعث تخمیر و ترشیدگی و در نتیجه افزایش اسیدیته شود.

**جدول (۲)** مقایسه میانگین اثر مستقل پوشش‌دهنده کیتوزان، غلظت تیمول، نوع بسته‌بندی و مدت انبارمانی بر میزان اسید قابل تیتر، اسید اسکوربیک و سفتی بافت برش‌های تازه خربزه

**Table 2.** Comparison of the average independent effect of chitosan coating, thymol concentration, packaging type and storage period on the amount of titratable acidity, Ascorbic acid and firmness of fresh - cut melon

| Independent effect of variables | Variable levels | titratable acid (mg Malic acid / 100g) | Ascorbic acid (%) | Firmness (N) |
|---|---|---|---|---|
| Storage time (day) | 0 (after packaging) | 0.15 ± 0.008 [a] | 10.56 ±0.59 [a] | 2.51± 0.09 [a] |
| | 4 | 0.11± 0.002 [b] | 6.55 ± 0.19 [b] | 1.70± 0.13 [b] |
| | 8 | 0.11 ±0.003 [b] | 6.05 ± 0.13 [c] | 1.64± 0.09 [b] |
| Chitosan concentration (%) | 0 | 0.12±0.002 [b] | 7.50± 0.13 [b] | 1.89± 0.08[b] |
| | 1 | 0.13 ±0.001[a] | 7.88± 0.16 [a] | 1.99 ± 0.07[ab] |
| | 2 | 0.12±0.003 [b] | 7.77± 0.19 [a] | 2.07± 0.07 [a] |
| Packaging type | natural atmosphere | 0.12±0.001 [b] | 7.61± 0.05 [b] | 1.99± 0.05 [b] |
| | Modified atmosphere | 0.13 ±0.004[a] | 7.97± 0.04 [a] | 2.17± 0.01 [a] |

Non-similar letters in each column indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).

حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (P<۰/۰۵).

### ۵.۳ اسید اسکوربیک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل مدت زمان نگهداری و غلظت کیتوزان و اثرات متقابل دوتایی مدت زمان نگهداری با نوع بسته‌بندی و غلظت کیتوزان با نوع بسته‌بندی و اثرات متقابل سه تایی مدت زمان نگهداری با غلظت کیتوزان و تیمول و اثر متقابل همه متغیرها (مدت زمان نگهداری، غلظت کیتوزان، غلظت اسانس و نوع بسته‌بندی) بر میزان اسید اسکوربیک معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). میزان اسید اسکوربیک در برش‌های تازه خربزه قبل از پوشش‌دهی و بسته‌بندی ۱۰/۵۶ mg/100g نمونه بود. مقدار اسید اسکوربیک تحت تأثیر تفاوت‌های ژنوتیپی، شرایط آب و هوایی قبل از برداشت و روش‌های مدیریت در زمان رسیدگی و پس از برداشت می‌باشد [۴۷]. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش زمان نگهداری محتوای اسید اسکوربیک نمونه‌ها کاهش یافت (جدول ۲). کاهش میزان

اسیداسکوربیک طی مدت زمان نگهداری قابل انتظار بود؛ زیرا اسید اسکوربیک به آنزیم فنلاز، دما، نور، اکسیژن و pH بسیار حساس است [۴۸]. میوه‌های پوشش‌دار دارای میزان اسید آسکوربیک بیشتری در مقایسه با شاهد بودند. به نظر می‌رسد پوشش کیتوزان با کاهش میزان اکسیژن در دسترس، اکسیداسیون اسیدآسکوربیک را کاهش داده باشد نتایج کیائو و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داد که مقدار اسید اسکوربیک در برش‌های تازه خربزه از حدود ۲۲ به mg/100g ۱۹ پس از ۸ روز نگهداری در دمای یخچال رسید؛ در حالی که پوشش‌دهی با محلول حاوی کیتوزان- دی اکسید نانو تیتانیوم – تیمول و توئین سبب حفظ اسیداسکوربیک شد. به طوری که پس از مقداری افزایش پس از ۲ روز نگهداری (حدود mg/100g ۲۴) طی روزهای بعدی کاهش یافت و پس از ۸ روز نگهداری حدود mg/100g ۲۲ نمونه حفظ شد. به‌طور کلی نمونه‌های حاوی کیتوزان ۱٪ و تیمول ۰/۵٪ بالاترین میزان اسید اسکوربیک را پس از ۸ روز نگهداری تحت اتمسفر تغییریافته داشتند. اتمسفر تغییریافته می‌تواند از طریق کاهش اکسیژن اکسایش اسیداسکوربیک به دهیدرواسکوربیک را کاهش داده و درنتیجه به حفظ آن کمک می‌کند [۴۸].

### ۶.۳ میزان سفتی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار مدت زمان نگهداری، غلظت کیتوزان و اتمسفر بسته‌بندی بر بافت برش خربزه بود (P<۰/۰۵) که در جدول (۲) نشان داده شده است. به‌طور کلی نتایج بیانگر این مطلب بود که با افزایش زمان ماندگاری، بافت نمونه‌های مختلف نرم‌تر شد و میزان سفتی بافت کاهش یافت. کاهش سفتی میوه، به‌دلیل تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی در اثر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده (پکتین متیل‌استراز، پلی‌گالاکتروناز و سلولاز) و تبدیل پروتوپکتین نامحلول به پکتین محلول و کاهش همی‌سلولز می‌باشد. تغییرات سفتی بافت طی دوره انبارداری به میزان آب کندانس شده روی سطح محصول یا از دست دادن آب آنها نیز بستگی دارد. تغییر در ویژگی‌های بافتی به دلیل از دست دادن آب به‌طور مستقیم به کاهش در فشار تورگور (اسمزی) مربوط است یا می‌تواند با مقاومت پریدرم بیرونی یا حذف پریدرم برای انتقال بخار آب همراه باشد [۴۶]. هم‌چنین، بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته (غلظت‌های پایین اکسیژن و بالای دی‌اکسیدکربن) با کاهش فعال‌سازی آنزیم‌های نرم‌کننده بافت امکان حفظ سفتی را طی انبارداری فراهم نمود. این پدیده می‌تواند به‌دلیل کاهش سرعت تنفس و تولید رادیکال کمتر باشد. رادیکال‌های تشکیل‌شده توسط تنفس هوازی (مانند سوپراکسید و اکسیدنیتریک) دیواره سلولی را ضعیف کرده و پکتین دیواره را برای پکتیناز قابل دسترس می‌کند و سبب افت سفتی طی دوره پس از برداشت می‌شود [۴۷]. نتایج Mendes و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که سفتی بافت در هلوهای بسته‌بندی شده تحت اتمسفر تغییر یافته کاهش یافت [۳۰]. پوشش کیتوزان نیز احتمالاً به‌دلیل کاهش شدت تنفسی، تغییر اتمسفر اطراف محصول و به دلیل داشتن خاصیت میکروبی از فساد میوه جلوگیری نموده و بدین طریق به حفظ سفتی بافت میوه کمک می‌کند [۱۶،۱۰].

### ۷.۳ رنگ

تغییرات رنگ، مهم‌ترین عاملی است که طی انبارداری در برش میوه‌ها رخ می‌دهد و بر کیفیت محصول از دید مصرف-کننده تأثیر دارد. به‌منظور سنجش رنگ برش‌های تازه خربزه پارامترهای $L^*$، $a^*$، $b^*$ و BI مورد بررسی قرار گرفتند. این شاخص‌ها به ترتیب بیانگر روشنی، سبزی- قرمزی، زردی-آبی و میزان قهوه‌ای شدن رنگ برش‌های خربزه می‌باشند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مستقل مدت نگهداری، غلظت کیتوزان، نوع بسته‌بندی و اثر متقابل غلظت کیتوزان با مدت زمان نگهداری بر مؤلفه‌های رنگی و شاخص قهوه‌ای شدن برش‌های خربزه معنی‌دار بود (P <۰/۰۵). بررسی اثر مستقل مدت زمان نگهداری نشان داد طی مدت نگهداری برش‌ها در انبار سرد، مؤلفه رنگی $b^*$ کاهش و مؤلفه رنگی $a^*$ افزایش یافت. مؤلفه رنگی $L^*$ تا ۴ روز اول انبارداری کاهش یافت و سپس میزان آن تا روز هشتم انبارداری ثابت باقی ماند. میزان شاخص قهوه‌ای شدن تا روز ۴ انبارداری تغییری نداشت اما در روز هشتم انبارداری این شاخص در برش‌های خربزه افزایش نشان داد. اثر مستقل غلظت کیتوزان بر قرمز-زردی و روشنی برش‌های خربزه

تأثیر معنی‌داری داشت (P <۰/۰۵). نتایج نشان داد که میزان قرمز-زردی (*a*) در نمونهٔ شاهد نسبت به میوهٔ تیمارشده با هر دو غلظت کیتوزان بیشتر بود. بررسی نتایج اثر متقابل مدت زمان نگهداری با غلظت کیتوزان نشان داد، میزان مؤلفه‌های رنگی *a* و *b* در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان ۱٪ بعد از ۴ روز نگهداری با نمونه اولیه اختلاف معنی‌داری نداشت؛ اما بعد از ۸ روز نگهداری میزان این مؤلفه‌ها به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (جدول ۳). میوه پوشش‌دهی نشده دارای حداقل میزان روشنی بعد از ۸ روز نگهداری بود و پوشش‌دهی با کیتوزان سبب حفظ روشنی طی مدت زمان نگهداری شد. Chiabrando و Giacalone (۲۰۱۳) پس از پوشش‌دهی برش‌های شلیل با آلژینات‌سدیم و کیتوزان نتیجه گرفتند که در همه تیمارها میزان روشنی در مدت نگهداری کاهش یافت؛ اما این روندکاهشی در میوه پوشش‌داده شده با آلژینات و آلژینات همراه با کیتوزان کمتر بود. تیمار با تیمول بر شاخص‌های رنگی در برش خربزه تأثیر معنی‌داری نداشت.

نوع بسته‌بندی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های میزان سبزی- قرمز- زردی- آبی و میزان روشنی نمونه‌های مختلف داشت. برش‌های خربزه که با اتمسفر تغییریافته بسته‌بندی شده بودند دارای *a* و b کمتر و *L* بیشتر بودند. طی رسیدن خربزه، میزان قرمز- سبزی و زرد – آبی کاهش می‌یابد، اما باید توجه داشت که برش خربزه دارای رنگ اولیه سبز بود و در اثر پوشش‌دهی نیز به رنگ سبز باقی ماند و به رنگ سبز کمرنگ یا زرد- نارنجی تبدیل نشد. میزان اندیس قهوه‌ای شدن طی انبارداری کاهش یافت. کاهش میزان این اندیس به دلیل تیره شدن رنگ نمونه‌ها است در حالی که افزایش روشنی نشان‌دهنده از دست دادن رنگ سبز است. با افزایش میزان رسیدگی شاخص قهوه‌ای شدن، نیز افزایش می‌یابد [۲۵].

**جدول (۳)** مقایسه میانگین اثرمتقابل پوشش دهنده کیتوزان با مدت انبارمانی بر مؤلفه‌های رنگی و شاخص قهوه‌ای شدن برش‌های تازه خربزه

**Table 3.** Comparison of average interaction effect of chitosan coating with storage period on color components and browning index of fresh - cut melon

| Storge time (day) | Chitosan concentration (%) 0 | 1 | 2 |
|---|---|---|---|
| | ***b*** (harvesting time= 17.05 ± 0.12)* | | |
| 0 (after packaging) | 16.70±0.38[a] | 16.96±0.23[a] | 17.21±0.47[a] |
| **4** | 13.79± 0.22[b] | 17.17 ± 0.58[a] | 13.79 ± 0.47[b] |
| **8** | 11.09± 0.45[d] | 9.52 ± 1.35[e] | 12.62 ± 0.36 [c] |
| | | | ***a*** (havesting time=10.83±0.03)* |
| 0 (after packaging) | 10.82±0.59[a] | 10.87±0.61[a] | 10.84±0.51[a] |
| **4** | 8.52 ± 0.95[b] | 10.30 ± 0.04[a] | 8.31 ± 0.69[b] |
| **8** | 6.97± 0.11 [d] | 7.43± 0.23[c] | 8.58 ± 0.40[b] |
| | | | ***L*** (harvesting time=69.56± 0.15)* |
| **0** (after packaging) | 69.66±0.39[a] | 69.97±0.28[a] | 70.02±0.51[a] |
| **4** | 67.41± 0.89 [b] | 66.82±1.11 [bc] | 69.63± 0.59[a] |
| **8** | 62.01 ± 0.38[d] | 63.28 ± 0.90 [d] | 65.11± 0.82 [c] |
| | | | **BI (harvesting time=11.88± 0.06)** |
| **0** (after packaging) | 11.84±0.64[a] | 11.85±0.59[a] | 11.81±0.49[a] |
| **4** | 9.71± 0.45[b] | 11.82± 1.02 [a] | 9.16 ± 0.59[b] |
| **8** | 8.64± 0.14[c] | 8.87± 0.74 [bc] | 9.93± 0.72[b] |

Non-similar letters in each color components and BI index indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).

حروف غیرمشابه در هر مولفهٔ رنگی و شاخص BI بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (**P**<۰/۰۵).

### ۸.۳ بار میکروبی

میوه‌های تازه برش خورده، منبع غنی از رطوبت بالا و مواد مغذی هستند که محیط مناسبی را برای رشد میکرو ارگانیسم‌ها آماده می‌سازند؛ بنابراین، استفاده از تمهیداتی مانند پوشش‌دهنده‌ها و بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته

می‌تواند نقش عمده‌ای در عرضه فراورده تازه برش‌خورده سالم به بازار مصرف داشته باشد.

میکروارگانیسم‌هایی که روی برش‌های تازه خربزه رشد می‌کنند شامل فلور طبیعی (باکتری‌های هوازی مزوفیل، کپک، مخمر و گونه‌های سودوموناس)، سالمونلا و *لیستریا مونوسیتوژنز*[1] هستند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که غلظت کیتوزان بر میزان شمارش کلی میکروبی و میزان کپک و مخمر در برش‌های خربزه تأثیر معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). با افزایش غلظت کیتوزان میزان شمارش‌کلی میکروبی و کپک و مخمر کاهش یافت، هر چند میزان کاهش بار میکروبی اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). تیمار با تیمول نیز بر شمارش‌کلی میکروبی تأثیر معنی-دار داشت و نمونه‌های شاهد نسبت به نمونه‌هایی که با تیمول تیمار شده بودند دارای بار میکروبی بیشتری بودند (P<۰/۰۵). اثر متقابل غلظت کیتوزان و تیمول نشان داد که برش‌های خربزه تیمار شده با غلظت ۱٪ کیتوزان و غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵٪ تیمول دارای کمترین میزان بار میکروبی بودند. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های Sun و همکاران (۲۰۲۲)، Qiao و همکاران (۲۰۱۹)، Chen و همکاران (۲۰۲۱)، Poverenov و همکاران (۲۰۱۴) و Almelaو همکاران (۲۰۱۳) در تطابق بود [۱۱،۱۲،۱۰، ۱۵،۱۴].

نوع بسته‌بندی بر میزان شمارش کلی و کپک و مخمر تأثیر معنی‌داری داشت (P< ۰/۰۵). برش‌های میوه بسته‌بندی‌شده در اتمسفر تغییریافته دارای میزان شمارش کلی و کپک و مخمر کمتری از بسته‌بندی معمولی بودند. دی‌اکسیدکربن در اتمسفر تغییریافته، نقش توقف رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها را دارد. همچنین دی‌اکسیدکربن سبب افزایش فاز تأخیری در منحنی رشد میکروبی بسیاری از میکروارگانیسم‌های مولد فساد می‌شود. کاهش اکسیژن در بسته‌بندی نیز سبب جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی می‌شود [۲۰-۱۷].

**جدول ( ۴)** مقایسه میانگین اثرمستقل پوشش‌دهنده کیتوزان، غلظت تیمول و نوع بسته‌بندی برآلودگی میکروبی برش‌های تازه خربزه

**Table 4.** Comparison of the average independent effect of chitosan coating, thymol concentration and packaging type on microbial contamination of fresh - cut melon

| Independent effect of variables | Variable levels | Mold and Yeast (Log CFu/g) | Total count (log CFU/g ) |
|---|---|---|---|
| **Chitosan concentration (%)** | 0 | 4.15 ± 0.09 [a] | 6.98 ±0.04[a] |
| | 1 | 3.38 ± 0.11 [b] | 6.77±0.07[b] |
| | 2 | 3.33 ± 0.08 [b] | 6.71 ± 0.08 [b] |
| **Thymol Concentration (%)** | 0 | 3.89 ± 0.03 [a] | 6.88 ± 0.04[a] |
| | 0.25 | 3.81 ± 0.02[b] | 6.79 ± 0.05[b] |
| | 0.5 | 3.80 ± 0.02[b] | 6.76 ± 0.03[b] |
| **Packaging type** | natural atmosphere | 3.91 ± 0.04 [a] | 6.91±0.06 [a] |
| | Modified atmosphere | 3.78 ±.0.05 [b] | 6.37± 0.04 [b] |

Non-similar letters in each column indicate a significant difference according to the Duncan test (P<0.05).

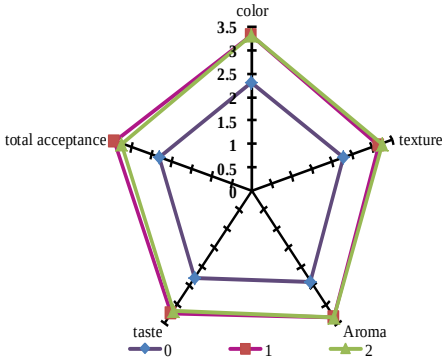
حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن می‌باشد (**P**<۰/۰۵).

### ۹.۳ صفات حسی

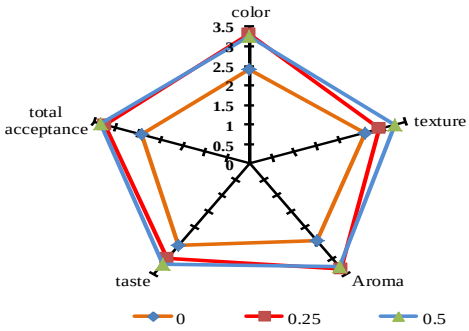
کیفیت برش‌های تازه خربزه، مجموعه‌ای از کیفیت ظاهری، آروما، بافت، اسید قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول در آب و رنگ است. مقایسه میانگین اثرمستقل غلظت کیتوزان، غلظت تیمول و نوع بسته‌بندی بر صفات حسی برش‌های خربزه در شکل (۴ الف-ج) نشان داده شده است. پوشش‌دهی با کیتوزان بر همه صفات حسی برش‌های خربزه (رنگ، بافت، بو، طعم و پذیرش کلی) تأثیر معنی‌داری داشت (P< ۰/۰۵). هرچند، افزایش غلظت کیتوزان از ۱ به ۲٪، اختلاف معنی‌داری را در صفات حسی ایجاد نکرد؛ اما ارزیابان در پذیرش کلی، غلظت ۱٪ کیتوزان را بر غلظت ۲٪ ترجیح داده بودند. Ortiz-Duarte و همکاران ( ۲۰۱۹)، نیز گزارش نمودن استفاده از کیتوزان سبب حفظ خصوصیات حسی برش خربزه می‌شود [۱۳]. استفاده از اسانس تیمول نیز تأثیر معنی‌داری بر همه صفات حسی برش‌های خربزه داشت (P<۰/۰۵) و برش‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵٪ تیمول نسبت به

1. *Listeria monocytogenes*

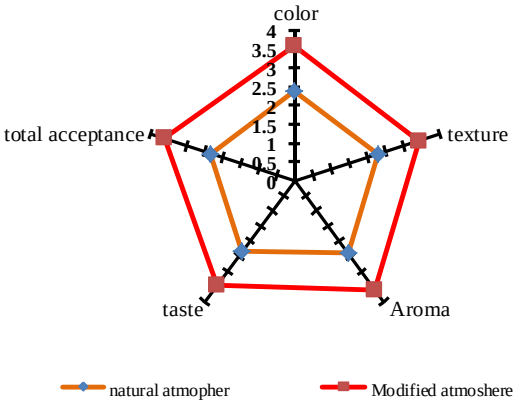
شاهد امتیاز بالاتری را کسب نمودند. بسته‌بندی برش‌ها با اتمسفر تغییر یافته نیز سبب حفظ صفات حسی شد و امتیازات بالاتری را نسبت به اتمسفر طبیعی به خود اختصاص داد (P<۰/۰۵). Kale و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند استفاده از اتمسفر تغییریافته (۱۰٪ دی‌اکسیدکربن، ۳٪ اکسیژن و یا ۱۰۰٪ نیتروژن) سبب افزایش زمان ماندگاری برش‌های خربزه با حفظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و کاهش رشد میکروبی می‌شود.




a




b




c

**شکل ( ۴)** مقایسه میانگین اثرمستقل پوشش‌دهنده کیتوزان (الف)، غلظت تیمول (ب) و نوع بسته‌بندی (ج) بر صفات حسی برش‌های تازه خربزه

**Fig 4.** Comparison of the average independent effect of chitosan coating (a), thymol concentration (b) and packaging type (c) on sensory attributes of fresh - cut melon

## ۴. نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر اتمسفر اصلاح‌شده و پوشش‌دهی با کیتوزان و اسانس تیمول بر ماندگاری برش‌های تازه خربزه در طول ۸ روز نگهداری در دمای ۴ ℃ بررسی شد. نتایج بیانگر آن بود که خصوصیات فیزیکی شیمیایی، حسی و میکروبی برش‌های تازه خربزه طی دوره نگهداری کاهش می‌یابد. اما پوشش‌دهی با کیتوزان و تیمول و هم‌چنین بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته سبب حفظ بهتر این ویژگی‌ها شد. به‌طوری که، نمونه‌های بسته‌بندی‌شده در اتمسفر تغییریافته، میزان کاهش وزن، قرمز-سبزی، تعداد کل میکروب‌های زنده و کپک و مخمر کمتر و میزان اسید قابل تیتراسیون و روشنی بیشتر و صفات حسی مطلوب‌تری نسبت به بسته‌بندی تحت اتمسفر طبیعی داشتند. پوشش-دهی برش‌های تازه میوه با کیتوزان و تیمول به‌دلیل خاصیت ممانعت‌کننده گازی و خاصیت ضدمیکروبی سبب حفظ کیفیت و هم‌چنین جلوگیری از ایجاد بعضی تغییرات نامطلوب شد. ادغام پوشش‌دهی و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته، نتایج مطلوب‌تری را برای انبارداری و حفظ کیفیت برش‌های تازه میوه به همراه داشت.بنابراین، پوشش‌دهی برش‌های تازه خربزه با کیتوزان ۱٪ همراه با تیمول ۰/۵٪ و بسته‌بندی تحت اتمسفر تغییریافته به‌دلیل کاهش فساد میکروبی و حفظ بیشتر ویژگی‌های کیفی، مؤلفه‌های رنگی و صفات حسی میوه، به‌عنوان تیمار بهینه و سالم معرفی می‌شود.

## منابع


[1] Anon. (2021). Agricultural statistics of the crop year 2020-2021. Volume One: Crop Products. Ministry of Jihad-e Agriculture, Deputy for Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. [In Persian]

[2] Bahramian, F., Javanmard, M. (2010). Shelf-life stability of fresh-cuts melon coated with whey protein stored at low temperatures. *Iranian J Nutr Sci Food Technol*., 5 (2):53-62. [In Persian]

[3] Ayala-Zavala, J. F., DelToroSánchez, L., AlvarezParrilla, E., & González Aguilar, G. A. (2008). High relative humidity in package of fresh-cut fruits and vegetables: advantage or disadvantage considering microbiological problems and antimicrobial delivering systems?. *J. Food Sci*, *73*(4), R41-R47.

[4] Amal, S. A., 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. *J. hortic. sci. ornam. plants*, *2*(3), 88-97.

[5] Artés-Hernández, F., Formica-Oliveira, A. C., Artés, F., & Martínez-Hernández, G. B. (2017). Improved quality of a vitamin B12-fortified 'ready to blend'fresh-cut mix salad with chitosan. *Food Sci. Technol. Int.*, *23*(6), 513-528.

[6] Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A. N., Velazquez-Del Valle, M. G., Hernández-López, M., Barka, E. A., Bosquez-Molina, E., & Wilson, C. L. (2006). Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *J. Crop Prot.*, *25*(2), 108-118.

[7] Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Technol.*, *20* (10), 438-447.

[8] Alizadeh, A., Alizadeh, O., Amari, G., & Zare, M. (2013). Essential oil composition, total phenolic content, antioxidant activity and antifungal properties of Iranian *Thymus daenensis* subsp. *daenensis Celak*. as in influenced by ontogenetical variation. *J. Essent. Oil-Bear. Plants*, *16*(1), 59-70.

[9] Alagawany, M., Farag, M. R., Abdelnour, S. A., & Elnesr, S. S. (2021). A review on the beneficial effect of thymol on health and production of fish. *Rev. Aquac.*, *13*(1), 632-641.

[10] Sun, J., Li, Y., Cao, X., Yao, F., Shi, L., & Liu, Y. (2022). A Film of Chitosan Blended with Ginseng Residue Polysaccharides as an Antioxidant Packaging for Prolonging the Shelf Life of Fresh-Cut Melon. *Coatings*, *12*(4), 468.

[11] Qiao, G., Xiao, Z., Ding, W., & Rok, A. (2019). Effect of chitosan/nano-titanium dioxide/thymol and tween films on ready-to-eat cantaloupe fruit quality. *Coatings*, *9*(12), 828.

[12] Chen, J., Wu, A., Yang, M., Ge, Y., Pristijono, P., Li, J., ... & Mi, H. (2021). Characterization of sodium alginate-based films incorporated with thymol for fresh-cut apple packaging. *Food Control*, *126*, 108063.

[13] Ortiz-Duarte, G., Pérez-Cabrera, L. E., Artés-Hernández, F., & Martínez-Hernández, G. B. (2019). Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect

the quality of fresh-cut melon. *Postharvest Biol. Technol.*, *147*, 174-184.
[14] Poverenov, E., Cohen, R., Yefremov, T., Vinokur, Y. and Rodov, V. (2014). Effects of polysaccharide-based edible coatings on fresh-cut melon quality. *Acta Hortic*. 1015, 145-151.
[15] Almela, C., Castelló, M. L., Tarrazó, J .and Ortolá, M. D. (2013). Washing of cut persimmon with thyme or lemon essential oils. *Food Sci. Technol. Int.*, 20(8), 557-565.
[16] Zsivanovits, G., Zhelyazkov, S., Brashlyanova, B., Iserliyska, D., Yovkova, D., & Marudova, M. (2012). Effect of chitosan coating on quality of fresh-cut melon during the shelf-life. *Evol.*, *201*, 2.
[17] Wilson, M. D., Stanley, R. A., Eyles, A., & Ross, T. (2019). Innovative processes and technologies for modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, *59*(3), 411-422.
[18] Belay, Z. A., Caleb, O. J., & Opara, U. L. (2019). Influence of initial gas modification on physicochemical quality attributes and molecular changes in fresh and fresh-cut fruit during modified atmosphere packaging. *Food Packaging Shelf.*, *21*, 100359.
[19] Shah, M. A., Wani, S. M., Ganai, S. A., Mir, S. A., Ahmad, T., & Dar, B. N. (2020). Modified atmosphere packaging as a tool to improve the shelf life of fruits. In *Emerging Technologies for Shelf-Life Enhancement of Fruits* (pp. 109-128). Apple Academic Press
[20] Kale, P. M., Patil, S. S., & Palghadmal, U. B. (2020). Effect of different modified atmosphere packaging on physico-chemical, microbiological and sensorial attributes of fresh-cut muskmelon**.** *Int. j. environ. agric. biotech.*, *5*(5).
[21] Minh, N. P. (2020). Influence of modified atmospheric packaging and storage temperature on the physico-chemical, microbial and organoleptic properties of cantaloupe (Cucumis melo) fruit. *Res. Crops.*, *21*(3), 506-511.
[22] Gelly, M., Recasens, I., Girona, J., Mata, M., Arbones, A., Rufat, J., & Marsal, J. (2004). Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage. *J. Sci. Food Agric.*, *84*(6), 561-568.
[23] Majdi, M. (1994). Chemical test methods of food. Academic Jihad Publications, University of Tehran.
[24] Olivas, G. I., Mattinson, D. S., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala'apples. *Postharvest Biol. Technol.*, *45*(1), 89-96.
[25] Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2007). Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *Eur. Food Res. Technol.* , *225*, 301-311.
[26]Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2013). Effect of different coatings in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut nectarines (cv *Big Top*). *CYTA - J. Food.11*(3), 285-292.
[27] Valverde, J. M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Serrano, M. (2005). Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *J. Agric. Food Chem..*, *53*(20), 7807-7813.
[28] Amodio, M. L., Derossi, A., & Colelli, G. (2013). Modelling sensorial and nutritional changes to better define quality and shelf life of fresh-cut melons. *J. Agric. Eng.*, *44*(1), e6-e6.
[29] Candir, E., Ozdemir, A. E., & Aksoy, M. C. (2018). Effects of chitosan coating and modified atmosphere packaging on postharvest quality and bioactive compounds of pomegranate fruit cv.'*Hicaznar*'. *Sci. Hortic.*, *235*, 235-243.
[30] Mendes, L. D. S., Aguayo, E., Pessoa, C. D. O., Nastaro, B. T., & Kluge, R. A. (2018). Enhancement of the antioxidant capacity and reduction of chilling injury in 'Douradão'peaches refrigerated under pre-storage and modified atmosphere. *Acta Sci. Agron.*, *41*.
[31] Tesfay, S. Z., & Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea Americana* Mill.) fruit. *Food Packaging Shel.f*, *11*, 40-48.
[32] Liguori, G., Sortino, G., Gullo, G., & Inglese, P. (2021). Effects of modified atmosphere packaging and chitosan treatment on quality and sensorial parameters of minimally processed cv.'Italia'table grapes. *J. Agron.*, *11*(2), 328.
[33] Fu, Y., Liu, H., Fu, L., Xu, W., & Li, D. (2016). Preservation effect of thymol active map packaging on fresh-cut lotus root. In *Advanced Graphic Communications, Packaging Technology and Materials* (pp. 523-530). Springer Singapore.
[34] Gago, C. M., Miguel, M. G., Cavaco, A. M., Almeida, D. P., & Antunes, M. D. (2015). Combined effect of temperature and controlled atmosphere on storage and shelf-life of 'Rocha'pear treated with 1-methylcyclopropene. *Food Sci. Technol. Int.*, *21*(2), 94-103.
[35] Xu, Q., Xing, Y., Che, Z., Guan, T., Zhang, L., Bai, Y., & Gong, L. (2013). Effect of chitosan coating and oil fumigation on the microbiological and quality safety of fresh-cut pear. *J. Food Saf.*, *33*(2), 179-189.

[36] Leceta, I., Molinaro, S., Guerrero, P., Kerry, J. P., & De la Caba, K. (2015). Quality attributes of map packaged ready-to-eat baby carrots by using chitosan-based coatings. *Postharvest Biol. Technol.*, *100*, 142-150.
[37] Varasteh, F., Arzani, K., Barzegar, M., & Zamani, Z. (2018). Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit storability improvement using pre-storage chitosan coating technique.
[38] Rahimi, R., ValizadehKaji, B., Khadivi, A., & Shahrjerdi, I. (2019). Effect of chitosan and thymol essential oil on quality maintenance and shelf life extension of peach fruits cv.'Zaferani'. *J. Hortic. Postharvest Res. 2*(2), 143-156.
[39] Cicco, N., Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., & Lattanzio, V. (2006, February). Influence of calcium on the activity of enzymes involved in kiwifruit ripening. In *VI International Symposium on Kiwifruit 753* (pp. 433-438).
[40] Jiang, Y. R., Fu, Y. B., Li, D. L., & Xu, W. C. (2013). Effects of 1-MCP and controllable-release SO2 packaging on cold preservation of grapes (CV *Muscat Hamburg*). In *Adv. Mater. Res.* (Vol. 750, pp. 2335-2339). Trans Tech Publications Ltd.
[41] Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2009). Polygalacturonase and β-galactosidase activities in Hayward kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Sci. Hortic.*, *120*(3), 342-347.
[42] Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (Psidium guajava L.) fruit during cold storage. *Sci. Hortic.*, *144*, 172-178.
[43] Ortiz-Duarte, G., Pérez-Cabrera, L. E., Artés-Hernández, F., & Martínez-Hernández, G. B. (2019). Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. *Postharvest Biol. Technol.*, *147*, 174-184.
[45] Khoshgozaran, S., Azizi, M. H., & Bagheripoor-Fallah, N. (2012). Evaluating the effect of modified atmosphere packaging on cheese characteristics: a review. *Dairy Sci Technol* ., *92*, 1-24.
[46] Belay, Z. A., Caleb, O. J., Mahajan, P. V., & Opara, U. L. (2018). Design of active modified atmosphere and humidity packaging (MAHP) for 'wonderful'pomegranate arils. *Food Bioproc Tech* ., *11*, 1478-1494.
[47] Chitravathi, K., Chauhan, O. P., & Raju, P. S. (2015). Influence of modified atmosphere packaging on shelf-life of green chillies (*Capsicum annuum* L.). *Food Packaging Shelf.*, *4*, 1-9.
[48] Dhinesh Kumar, V., Ramasamy, D., & Jerish, J. J. (2018). Effect of active modified atmosphere packaging material on biochemical and microbial characteristics of pomegranate arils during storage. *Int J Chem Stud*, *6*(2), 95-9.
[49] Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2013). Effect of different coatings in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut nectarines (cv *Big Top*). *CYTA - J. Food.*, *11*(3), 285-292.