Investigating the effect of different concentrations of salicylic acid and citric acid on some quality characteristics and microbial load of fresh cut watermelon.

Introduction

Watermelon *Citrullus lanatus* (Thunb) is known as a rich source of various vitamins (such as vitamin A) and phytochemical compounds that have high antioxidant activity. Studies show that characteristics such as taste, nutritional value, cost, and convenience in consumption have a direct impact on consumer choice, therefore, in recent decades, the desire to consume and buy cut products has been increasing. Also, due to the large size of the watermelon, to avoid waste, this product can be offered sliced. Damage caused by cutting not only increases respiration and ethylene production, but also increases other biochemical reactions that are responsible for changes in color, taste, and aroma, as well as in the texture and quality of nutrition. Also, cutting the products and removing the natural covering of the fruit creates the conditions for increasing the microbial load.

In order to increase the natural resistance of fruits and vegetables as well as maintain the sensory and nutritional quality of fresh products, it is recommended to use environmentally friendly technologies such as salicylic acid (SA). Citric acid, like salicylic acid, is considered a safe compound, and as an organic acid, it can be used as an approved food additive.

Due to the positive effects of salicylic acid and citric acid on the quality properties of fresh products, no information has been found regarding the post-harvest use of these compounds on sliced watermelon. Therefore, in the present study, our aim was to investigate the effects of citric acid and salicylic acid treatments on sensory properties, quality, microbial load and color changes of cut watermelon fruit during the storage period. Our findings can provide a new strategy for maintaining the quality of sliced watermelon fruit.

The microbial load and fruit tissue softening resulting from fruit cutting lead to a decline in quality due to increased fruit respiration and water loss, which are limiting factors for the post-harvest shelf life of cut watermelon fruits. In the present study, the impact of citric acid and salicylic acid on some quality indices of cut watermelon pieces during the storage period was investigated.

Materials and Methods

The harvested fruits were transported to the laboratory and their external surface was disinfected with sodium hypochlorite (200 µL/L) and the skin of the fruits was removed by a sharp and sterile knife. The harvested fruits were separated from their peels, and then the fruit flesh was cut into 4 cm by 4 cm pieces. The pieces were immersed in salicylic acid solutions (1 or 2 mM) and citric acid solutions (0.5 and 1 mM) for 2 minutes. Immersion in water was also introduced as a control. Subsequently, the fruits were packaged in polyethylene containers with cellophane coating and stored for 14 days at a temperature of 4 degrees Celsius.

Results and Discussion

Based on the results of variance analysis, immersion of freshly cut watermelon fruits in different concentrations of citric acid and salicylic acid had a significant effect on the firmness of the fruit tissue at the 1% level. The interaction effects of measurement time and immersion in solutions were significant at the 1% probability level. The highest amount of tissue stiffness was related to the treatments of 1 mM citric acid (4.58 newtons) and 2 mM salicylic acid (4.69 newtons), and the lowest value was obtained from the control samples (3.54 newtons). The highest weight loss was related to the control samples and the lowest amount was obtained from 1 mM citric acid and 2 mM salicylic acid.

During the maintenance period, the highest and lowest weight loss was obtained from the control and 2 mM salicylic acid treatments, respectively. The highest amount of soluble solids was obtained from the control treatment and the lowest amount was obtained from the 2 mM salicylic acid treatment. The highest amount of microbial load was obtained from the control samples (6.11), and the lowest amount was obtained from the 2 mM salicylic acid treatment (4.02), followed by the 1 mM salicylic acid treatment (4.17). Also, with the passage of storage time, the amount of microbial load increased significantly

This study was conducted with the aim of investigating the effect of salicylic acid and citric acid on the quality and microbial characteristics of cut watermelon. This experiment included the use of different concentrations of salicylic acid and citric acid to evaluate their effect on quality parameters and microbial load in watermelon slices. Quality characteristics, including color, firmness, sweetness and overall visual appeal, were measured using standard methods. In addition, the microbial load, including both bacterial and fungal populations, was determined to evaluate the antimicrobial potential of the applied acids. The results showed significant effects of salicylic acid and citric acid on increasing some quality traits and reducing microbial contamination in watermelon slices. This research provides valuable insights into the use of salicylic acid and citric acid as potential agents to improve the quality and safety of cut watermelon.

The results indicated that salicylic acid at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM led to a significant reduction in microbial load and weight loss. Moreover, the mentioned treatments restrained the increase in soluble solids content resulting from the post-harvest handling of cut watermelon fruits, contributing to the preservation of fruit tissue strength. The results of evaluating color indices and organoleptic properties indicated that salicylic acid treatments at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM preserved the fruit quality to the best extent. In general, among the treatments used in this experiment, 2 mM salicylic acid yielded the best results in preserving the quality of cut watermelon fruits during cold storage. Subsequently, treatments with 1 mM salicylic acid and 1 mM citric acid are recommended.

Conclusions

The results indicated that salicylic acid at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM led to a significant reduction in microbial load and weight loss. Moreover, the mentioned treatments restrained the increase in soluble solids content resulting from the post-harvest handling of cut watermelon fruits, contributing to the preservation of fruit tissue strength. The results of evaluating color indices and organoleptic properties indicated that salicylic acid treatments at both concentrations (1 or 2 mM) and citric acid at 1 mM preserved the fruit quality to the best extent. In general, among the treatments used in this experiment, 2 mM salicylic acid yielded the best results in preserving the quality of cut watermelon fruits during cold storage. Subsequently, treatments with 1 mM salicylic acid and 1 mM citric acid are recommended.

Keywords: Post-harvest, Storage, Quality, Organoleptic Properties, Color Indicators.

بررسی تاثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر برخی از ویژگی های کیفی و بار میکروبی هندوانه برش خورده

وحید عجمی[1*] – حسین نعمتی[2]

[1*] دانشجوی کارشناسی ارشد–علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز. دانشگاه فردوسی مشهد. ایران

[2] استادیار علوم باغبانی ومهندسی فضای سبز. دانشگاه فردوسی مشهد. ایران

نسخه پیش انتشار

چکیده

بار میکروبی و نرم‌شدن بافت میوه در اثر برش‌خوردن میوه‌ها باعث کاهش کیفیت در اثر تنفس بالای میوه و اتلاف آب از عوامل محدودکننده عمر پس از برداشت میوه‌های تازه برش‌خورده هندوانه می‌باشد. در پژوهش حاضر، اثر اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک روی برخی شاخص‌های کیفی قطعات برش‌خورده میوه هندوانه طی دوره انبارمانی موردبررسی قرار گرفت. در ابتدا پوست میوه جدا شد و سپس گوشت میوه به قطعات ۴ سانتی‌متر در ۴ سانتی‌متر برش داده‌شد و در محلول‌های اسید سالیسیلیک (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) به‌مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شد. غوطه‌وری در آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سلسیوس نیز به‌عنوان شاهد معرفی شد. سپس میوه‌ها در پوشش‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با پوشش سلفون بسته‌بندی شدند و به‌مدت ۱۴ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. نتایج نشان داد اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار باعث کاهش چشم‌گیر بارمیکروبی و کاهش افت وزن شد. همچنین، تیمارهای ذکرشده افزایش مواد جامد محلول کل را در طی مدت زمان نگهداری میوه‌های برش‌خورده هندوانه مهار کردند و باعث حفظ استحکام بافت میوه نیز شدند. نتایج ارزیابی شاخص‌های رنگ و خواص ارگانولپتیک بیانگر این بود که تیمارهای اسید سالیسیلیک در هر دو غلظت (۱ و ۲ میلی‌مولار) و اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار باعث حفظ هر چه بهتر کیفیت میوه نسبت به تیمارشاهد شدند. و بهترین تیمار کاربرد اسید سالسیلیک با غلظت ۲ میلی مولار نشان داده شد. به‌طورکلی، در بین تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار بهترین نتیجه را در حفظ کیفیت میوه تازه برش‌خورده هندوانه در طی انبار سرد داشت.

کلمات کلیدی: عمر پس از برداشت، انبار مانی، کیفیت، خواص ارگانولپتیک، شاخص‌های رنگ.

مقدمه

هندوانه با نام علمی *Citrullus lanatus* (Thunb) منبع غنی از ویتامین‌های مختلف (مانند ویتامین A) و ترکیبات فیتوشیمیایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند شناخته شده‌است (Zamuz *et al*., 2021). فعالیت آنتی‌اکسیدانی این محصول بیشتر به رنگدانه‌های کارتنوئیدی لیکوپن نسبت داده می‌شود که از اکسیداسیون زنجیره DNA در بدن جلوگیری کرده و در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد نقش مهمی دارد (Sirikhet *et al*., 2021). قند موجود در هر ۱۰۰ گرم هندوانه شامل ۲/۷ گرم فروکتوز، ۰/۶ گرم گلوکز و ۲/۸ گرم ساکارز می‌باشد (Zamuz *et al*., 2021).

اندازه بزرگ، داشتن آب زیاد و حساسیت به سرما در هندوانه باعث محدودیت در نگهداری این میوه سرشار از آنتی‌اکسیدان می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد ویژگی‌هایی مانند طعم، ارزش‌غذایی، هزینه و راحتی در مصرف، بر انتخاب مصرف‌کننده تأثیر مستقیم می‌گذارد از این‌رو در دهه‌های اخیر تمایل برای مصرف و خرید محصولات بریده شده رو به افزایش است (Mendoza-Enano *et al*., 2019). از طرفی به‌دلیل بزرگ‌بودن اندازه هندوانه جهت جلوگیری از ضایعات می‌توان این محصول را به‌صورت برش‌خورده عرضه کرد. تحقیقات نشان می‌دهد عرضه هندوانه به‌صورت برش‌خورده باعث افزایش فروش۲۰ تا ۳۰ درصد این میوه می‌شود و ۴۶ درصد از کل هندوانه‌های تولید شده جهت تولید محصولات تازه برش‌خورده۱استفاده می‌شود (Mendoza-Enano *et al*., 2019). مواردی مانند ماندگاری، کیفیت حسی و مقبولیت مصرف‌کننده عوامل کلیدی در تعیین کیفیت و موفقیت فروش محصولات تازه هستند (Smith *et al*., 2017).

آسیب ناشی از برش نه تنها باعث افزایش تنفس و تولید اتیلن می‌شود، بلکه باعث افزایش سایر واکنش‌های بیوشیمیایی می‌شود که مسئول تغییرات رنگ، طعم و عطر و همچنین در بافت و کیفیت تغذیه هستند. همچنین برش خوردن محصولات و حذف پوشش طبیعی میوه شرایط را برای افزایش بار میکروبی فراهم می‌کند (Smith *et al*., 2017). برش دادن محصولات سبب کاهش غیرقابل برگشت کیفیت آن‌ها می‌شود. ولی با به کارگیری تکنیک‌های فرآوری و ترکیبات ایمن بازدارنده آنزیم‌های قهوه‌ای شدن و کاهنده تولید اتیلن می‌تواند کاهش کیفیت در محصولات برش‌خورده را به تأخیر بیندازد.

به‌منظور افزایش مقاومت طبیعی میوه‌ها و سبزیجات و همچنین حفظ کیفیت حسی و تغذیه‌ای محصولات تازه استفاده از فناوری‌های سازگار با محیط زیست مانند اسید سالیسیلیک (SA) توصیه شده است. نشان داده‌شده‌است که اسید سالیسیلیک پتانسیل بالایی در به تأخیر انداختن رسیدگی محصولات، افزایش کیفیت و کنترل تلفات پس از برداشت دارد (Aghdam *et al*., 2016). استفاده از اسید سالیسیلیک می‌تواند به طور موثری پوسیدگی‌های قارچی پس از برداشت میوه توت فرنگی را کنترل کند و باعث حفظ کیفیت کلی میوه می‌شود (Babalar *et al*., 2007). گزارش شده است تیمار پس از برداشت میوه‌های گیلاس با اسید سالیسیلیک موجب افزایش فنل کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، اسید اسکوربیک و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز می‌شود (Dokhanieh *et al*., 2013).

اسید سیتریک هم مانند اسید سالیسیلیک به‌عنوان ترکیب بی‌خطر و ایمن در نظر گرفته می‌شود و به‌عنوان یک اسید آلی، می‌تواند به عنوان یک افزودنی غذایی مجاز استفاده شود (Sommers *et al*., 2003). مطالعه قبلی نشان داده‌است که اسید سیتریک نه تنها از رشد باکتری‌ها و قارچها در میوه‌ها و سبزیجات جلوگیری می‌کند، بلکه باعث بهبود مقاومت به بیماری در سبزیجات حین نگهداری نیز می‌شود (Patrignani *et al*., 2015). همچنین این ترکیب می‌تواند باعث کاهش تنفس در میوه‌ها، پس از برداشت و سبب کاهش و تاخیر در میزان قهوه‌ای شدن میوه شود و از توسعه بیماری قارچی میوه حین نگهداری جلوگیری و یا روند آنرا به تاخیر بیاندازد کند (Pilizota and Sapers, 2004) و افزودنی خوبی برای بهبود اسیدیته قابل تیتراسیون و طعم غذاها است و در نتیجه کیفیت نگهداری را بهبود می‌بخشد و از فساد مواد غذایی جلوگیری می‌کند. تیمار اسید سیتریک می‌تواند کاهش قندهای محلول و اسیدیته قابل تیتر شدن را کاهش دهد و برای حفظ کیفیت میوه‌های عناب در طول ذخیره‌سازی مفید است (Zhao *et al*., 2009). بنابراین، تیمار با اسید سیتریک به‌طور بالقوه یک رویکرد ایده‌آل برای حفظ کیفیت محصولات تازه است. با این حال، اثر تیمار اسید سیتریک بر محصولات فسادپذیر مانند هندوانه برش‌خورده در حال حاضر ناشناخته است.

1. fresh cut

با توجه به اثرات مثبت اسید سالیسیلک و اسید سیتریک بر خواص کیفی محصولات تازه، اطلاعات کمی در خصوص کاربرد پس از برداشت این ترکیبات بر هندوانه برش خورده یافت شد. بنابراین در مطالعه حاضر، هدف ما بررسی اثر تیمارهای اسید سیتریک و اسید سالیسیلیک بر خواص حسی، کیفی، میزان بار میکروبی و تغییرات رنگ میوه برش‌خورده هندوانه در طی دوره نگهداری می‌باشد. یافته‌های ما می‌تواند استراتژی جدیدی در خصوص حفظ کیفیت میوه برش‌خورده هندوانه را ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه گروه باغبانی و فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در تابستان سال ۱۴۰۰ انجام شد. برداشت میوه‌ها در اواخر تیر ماه از باغ تجاری در حومه شهر مشهد انجام گرفت. رقم هندوانه مورد استفاده در این آزمایش رقم کریسمون انتخاب شد. شاخص برداشت صدای بم ناشی از ضربه به میوه، خشک‌شدن پیچک مجاور میوه و تغییر رنگ نوارهای پوست میوه‌ی هندوانه در نظر گرفته شد. میوه‌های برداشت شده با رعایت زنجیره سرما به آزمایشگاه منتقل شدند و سطح خارجی آن‌ها با هیپوکلریت سدیم (۲۰۰ میکرولیتر در لیتر) ضدعفونی شد و توسط چاقوی تیز و استریل پوست میوه‌ها حذف شد. سپس گوشت میوه (ناحیه قرمز رنگ) به قطعات ۴ سانتی‌متر در ۴ سانتی‌متر برش داده شد.

تهیه محلول‌ها

در این تحقیق از اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک با برند مرک آلمان استفاده شد. اسید سیتریک(CA) در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک (SA) در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار تهیه شد. از غوطه‌وری در آب مقطر نیز به عنوان شاهد (Control) استفاده شد. قطعات برش‌خورده هندوانه در محلول‌های ذکر شده به‌مدت ۳ دقیقه غوطه‌ور شدند. بعد از خارج کردن قطعات برش خورده هندوانه از محلول‌های تهیه شده، هندوانه‌ها در ظروف پلی‌اتیلن با پوشش سلوفان بسته‌بندی شدند و در داخل یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت ۸۵ ٪ نگهداری شدند. صفات مورد ارزیابی در روزهای ۰، ۷ و ۱۴ مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی صفات

کاهش وزن

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن بعد از بسته‌بندی میوه‌ها و قبل انبار کردن، بسته‌ها را وزن کرده و در پایان زمان انبارمانی با استفاده از رابطه زیر درصد کاهش وزن بسته‌ها محاسبه گردید.

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

سفتی بافت

سفتی بافت میوه یا دستگاه سفتی سنج دیجیتالی مدل H5KS–Hounsfield ساخت انگلستان اندازه‌گیری شد. برای این منظور از پروب ۲ میلی‌متری استفاده شد و در ۳ ناحیه از هر قطعه سفتی بافت مورد بررسی قرار گرفت و بر حسب نیوتون بیان شد.

مواد جامد محلول کل

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول، یک قطره از آب میوه همگن شده هندوانه روی صفحه رفراکتومتر دستیATAGO مـدل 20181 MC قرار داد شد و عدد آن در واحد درصد قرائت و یادداشت شد.

مولفه‌های رنگ

برای اندازه گیری‌های مربوط به مؤلفه‌های رنگ گوشت میوه مانند L^*(میزان روشنایی)، a^* (سبز تا قرمز)، b^* (آبی تا زرد)، از دستگاه رنگ‌سنج (TES 135A - TAIWAN) استفاده شد. رنگ گوشت میوه توسط سنسور دستگاه آنالیز گردیده و به صورت عددی ثابت بیان می‌شود.

بار میکروبی

نمونه‌ها از نظر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. بلافاصله پس از خروج نمونه ها از یخچال، نمونه‌گیری تصادفی از نمونه‌های آزمایش انجام شد و رقت سریالی در محلول سرم فیزیولوژی استریل تهیه شد و مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر به‌صورت کشت سطحی در پلیت‌های محتوی محیط کشت قرار گرفت و سپس به مدت حداقل ۴۸ ساعت در گرم‌خانه با دمای ۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و شمارش کلی میکروب‌ها انجام شد. در این آزمایش برای شمارش کلی بار میکروبی از محیط کشت استاندارد پلیت کانت آگار استفاده شد (Da Silva *et al*., 2018). در نهایـت بار میکروبی به صورت تعداد در گرم نمونه‌ها گزارش شد.

خواص حسی

ارزیابی حسی میوه‌های برش‌خورده هندوانه به روش آزمون هدونیک ده نقطه‌ای توسط بیست ارزیاب حسی که از بین جمعیت دانشجویان کارشناسی دختر و پسر انتخاب شدند انجام شد. ویژگی‌های بافت، رنگ، طعم و رایحه و مقبولیت کلی میوه‌ها توسط ارزیاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت به این صورت که برای میوه‌های خیلی خوب امتیاز ۱۰ و برای میوه‌های خیلی بد امتیاز ۱ در نظر گرفته شد. امتیاز ۵ به عنوان آستانه تعریف شد به گونه‌ای که امتیاز ۵ به بالا دارای کیفیت مطلوب بوده و قابل‌قبول برای مصرف‌کننده و عرضه به بازار فروش بود (Panou *et al*., 2018).

آنالیز داده‌ها

طرح آزمایشی مورد استفاده در این آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انتخاب شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۱:پنج تیمار محلول‌پاشی (۱شاهد، ۲غلظت اسید سالیسیلیک و۲غلظت اسید سیتریک) و ۲: سه زمان اندازه‌گیری (۰روز ، ۷روز و ۱۴روز) در نظر گرفته‌شد. برای کل آزمایش، تعداد ۲۰ عدد هندوانه مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از Genstat 12.2 انجام شد و مقایسه میانگین تیمارها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

سفتی بافت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، غوطه‌وری میوه‌های تازه برش‌خورده هندوانه در غلظت‌های مختلف سیتریک‌اسید و سالیسیلک اسید بر سفتی بافت میوه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). همچنین اثرات متقابل زمان اندازه‌گیری و غوطه‌وری در محلول‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده و متقابل نیز نشان داد بیشترین مقدار سفتی بافت مربوط به تیمارهای اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار (۴/۵۸ نیوتون) و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۴/۶۹ نیوتون) بود و کم‌ترین مقدار آن از نمونه‌های شاهد (۳/۵۴ نیوتون) حاصل شد (شکل ۱).

بررسی اثرات متقابل نشان داد که غوطه‌وری در محلول‌های اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار در روزهای ۷ و ۱۴ اندازه‌گیری نسبت به سایر تیمارها سفتی بافت میوه را بهتر حفظ کرد. نرم‌شدن میوه در طول نگهداری حاصل فعالیت آنزیم‌های هضم‌کننده دیواره سلولی مانند پکتین‌متیل‌استراز، پلی گالاکتروناز و سلولاز می‌باشد (Xue *et al*., 2020). اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک با جلوگیری از بیان ژن‌های این آنزیم‌ها و فعالیت آنتاگونیستی که با اتیلن دارند موجب تأخیر در رسیدن و نرم‌شدن میوه‌ها می‌شوند (Chavan and Sakhal, 2020; Krause *et al*., 2021). نتایج این پژوهش مطابق یافته‌های به‌دست‌آمده روی میوه گواوا است؛ در این تحقیق مشخص شد اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار و ۴ میلی‌مولار سفتی میوه را تا پایان دوره انبارداری حفظ کردند و می توان علت آن را به کاهش قابل‌ملاحظه فعالیت پکتین متیل استراز نسبت داد (H Abd El-Aziz, 2020).

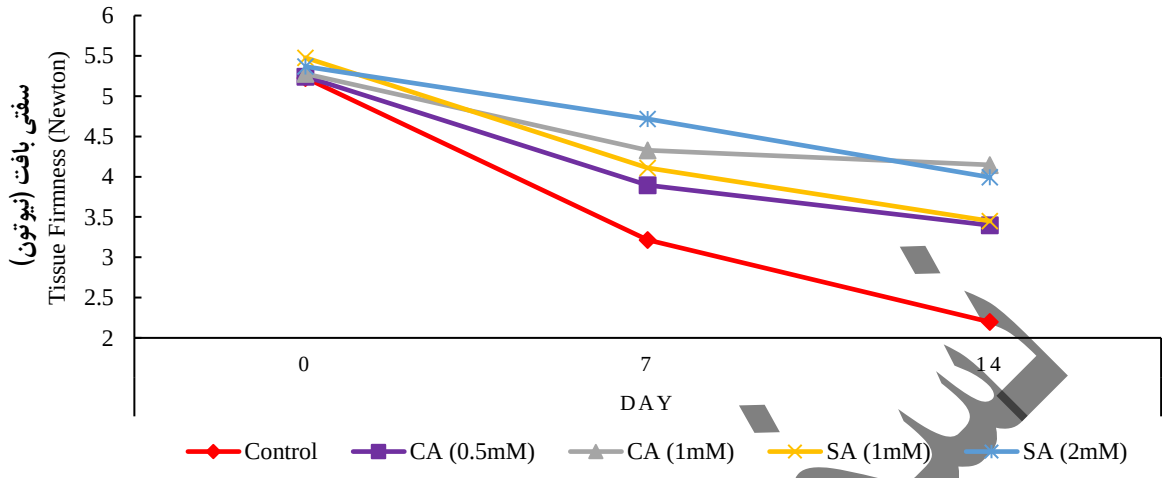
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان روی برخی صفات کیفی هندوانه برش خورده

Table 1 - ANOVA for the effect of different concentrations of citric acid , salicylic acid and Time on some quality traits of sliced watermelon

		میانگین مربعات						
منابع تغییر S.O.V	DF	کاهش وزن Weight loss	مواد جامد محلول Total Soluble solids	سفتی بافت Firmness	رنگ Color			بار میکروبی Microbial load
					*L**	*a**	*b**	
تیمار Treatment (T)	4	9.05**	72.07**	7.32**	5.34^{ns}	96.67**	36.39**	52.37**
زمان Time (T)	2	60.98**	8.088**	27.59**	1059**	168.6**	61.34**	52.94**
تیمار * زمان	8	5.04**	9.311^{ns}	3.59**	4.06^{ns}	68.53**	23.26**	14.89**
خطا	30	0.63	1.16	0.61	4.49	1.48	2.24	1.46

^{ns}، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان بر سفتی بافت هندوانه برش‌خورده

Control: شاهد، CA(0.5Mm): سیتریک اسید ۰/۵ میلی مولار، CA(1Mm): سیتریک اسید ۱ میلی مولار، SA(1Mm): اسید سالسیلیک ۱میلی مولار، SA(2Mm): سالسیلیک اسید ۲ میلی مولار.

Figure 1- The effect of different concentrations of citric acid, salicylic and Time acid on the firmness of cut watermelon tissue

Control: Control, CA(0.5 mM): Citric acid 0.5 mM, CA(1mM): Citric acid 1 mM, SA(1mM): Salicylic acid 1 mM, SA(2 mM): Salicylic acid 2 mM.

کاهش وزن

نتایج آنالیز واریانس نشان داد اثرات ساده و متقابل غوطه‌وری با محلول‌های اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک و زمان اندازه‌گیری بر کاهش وزن میوه تازه برش‌خورده هندوانه تأثیر معنی‌داری داشت (سطح احتمال ۱ درصد). بیشترین کاهش وزن مربوط به نمونه‌های شاهد به میزان ۴/۲۳ درصد بود و کمترین مقدار آن از اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به میزان ۲/۰۱ درصد حاصل شد (جدول ۲). با این حال از نظر آماری اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمارهای اسید سیتریک ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار مشاهده نشد. همچنین بررسی مقایسه میانگین روزهای اندازه‌گیری نشان داد که با افزایش دوره نگهداری، کاهش وزن میوه افزایش قابل‌توجهی داشت. مقایسه میانگین اثرات‌متقابل نشان داد در طی دوره نگهداری بیشترین و کم‌ترین مقدار کاهش وزن به ترتیب از تیمارهای شاهد و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به دست آمد (شکل۲).

کاهش وزن قطعات بریده‌ی هندوانه صفت نامطلوبی محسوب می‌شود زیرا به بافت، ظاهر خیس می‌دهد و یک بستر مناسب برای رشد میکروبی را فراهم می‌کند (Alibeygi *et al.*, 2018). فعالیت‌هایی مانند تنفس، تبخیر و تعرق و فعالیت‌های متابولیکی منجر به از دست دادن آب میوه و کاهش وزن می‌شوند. احتمالا اسید سالیسیلیک با کاهش میزان اتیلن و نرخ تنفس و همچنین با بستن روزنه‌ها متابولیسم سلولی را کاهش داده و از اتلاف آب جلوگیری می‌کند که نتیجه آن کاهش افت وزن میوه‌ها در طی دوره نگهداری است (Ul Haq *et al.*, 2022). اسید سیتریک نیز مکانیسم مشابه اسید سالیسیلیک را دارد و با خاصیت آنتاگونیستی که با اتیلن دارد موجب کاهش تنفس و کاهش از دست‌دهی رطوبت میوه می‌شود. این اثر اسید سالیسیلیک در تحقیقات Lyousfi و همکاران (۲۰۲۱) بر میوه شلیل نیز به اثبات رسیده‌است.

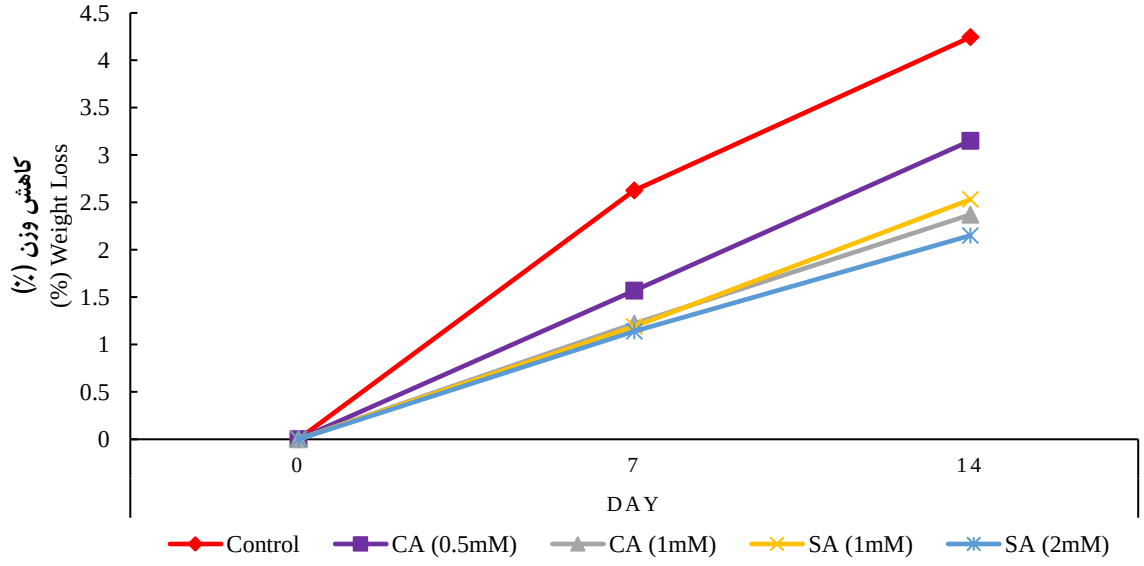
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان بر برخی ویژگی‌های حسی هندوانه برش خورده

Table 2 - ANOVA for the effect of different concentrations of citric acid, salicylic acid and Time on some sensory characteristics of sliced watermelon

منابع تغییر S.O.V	DF	میانگین مربعات				
		رنگ Color	مزه Flavor	رایحه Odor	بافت Texture	پذیرش کلی Overall_quality
تیمار Treatment (T)	4	39.86**	72.137**	79.20**	72.20**	66.97**
زمان Time (T)	2	121.6**	184.04**	205.7**	152.8**	147.3**
تیمار * زمان	8	22.40**	40.40**	42.26**	45.60**	41.28**
خطا	30	5.333	6.00	8.00	5.33	4.66

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively



شکل 2- اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالسیلیک و زمان بر میزان کاهش وزن هندوانه برش‌خورده

Control: شاهد، CA(0.5Mm): سیتریک اسید ۰/۵ میلی مولار، CA(1Mm): سیتریک اسید ۱ میلی مولار، SA(1Mm): اسید سالسیلیک ۱میلی مولار، SA(2Mm): سالسیلیک اسید ۲ میلی مولار.

Figure 2- The effect of different concentrations of citric acid, salicylic acid and Time on the weight loss of sliced watermelon

Control: Control, CA(0.5 mM): Citric acid 0.5 mM, CA(1mM): Citric acid 1 mM, SA(1mM): Salicylic acid 1 mM, SA(2 mM): Salicylic acid 2 mM.

مواد جامد محلول کل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات ساده زمان اندازه‌گیری و غوطه‌وری در محلول‌های اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر روی مواد جامد محلول تأثیر معنی‌داری داشت (سطح احتمال ۱ درصد). به‌طوری‌که بیشترین مقدار مواد جامد محلول از تیمار شاهد به میزان ۱۲/۱۱ درصد به دست آمد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به میزان ۱۰/۸۷ درصد به دست آمد. با این وجود اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک۱ میلی‌مولار و اسید سیتریک ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار وجود نداشت (جدول ۳). درصد مواد جامد محلول یکی از صفات کیفی میوه و از شاخص‌های مهم کیفیت محصول محسوب می‌شود. با رسیدن میوه، فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتتاز که موجب تبدیل پلی ساکاریدها به ساکارز می‌شود افزایش می‌یابد و این آنزیم کلیدی بیوسنتز ساکارز توسط اتیلن فعال می‌گردد (Lin *et al*., 2015). طبق تحقیقات صورت گرفته به اثبات رسیده است سالسیلات‌ها از طریق جلوگیری از تبدیل ACC به اتیلن مانع بیوسنتز اتیلن می‌شوند (Xue *et al*., 2020). پس می‌توان پایین بودن مقدار مواد جامد محلول در تیمار اسید سالیسیلیک را به کاهش اتیلن مربوط دانست. زیرا هرگونه کاهش در تولید و اثر اتیلن، کاهش در فرایند تنفس و تاخیر در رسیدن، ممکن است موجب کاهش میزان مواد جامد محلول در میوه گردد، که نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز باعث کاهش ۱۶/۷۱ درصدی شد که این موضوع را محتمل‌تر میکند. همچنین اسید سیتریک با کاهش pH و اسیدی کردن محیط باعث کاهش مقدار مواد جامد محلول می‌شود. نتایج ما با نتایج Okolie and sanni (2012) بر روی میوه گلابی مطابقت دارد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان بر برخی صفات کیفی هندوانه برش خورده

Table 3 - Comparison of the average effect of citric acid, salicylic acid and Time concentrations on some quality traits of sliced watermelon

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	کاهش وزن (٪) Weight loss	مواد جامد محلول (٪) Total Soluble solids	سفتی بافت (N) Firmness	بار میکروبی (log CFU/g) Microbial load
شاهد (آب مقطر) Control (Distilled water)	2.29±0.1^{a}	12.11±0.3^{a}	3.54±0.1^{c}	6.11±0.5^{a}
سیتریک اسید ۰/۵ میلی‌مولار CA 0.5 mmol	1.57±0.1^{b}	10.83±0.4^{b}	4.17±0.2^{b}	4.96±0.1^{b}

سیتریک اسید ۱ میلی‌مولار CA 1 mmol	1.10±0.1^{c}	10.44±0.2^{b}	4.58±0.1^{a}	4.53±0.2^{b}
سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار SA 1 mmol	1.24±0.2^{bc}	10.87±0.3^{b}	4.34±0.3^{ab}	4.17±0.1^{bc}
سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار SA 2 mmol	1.09±0.1^{c}	10.42±0.1^{b}	4.69±0.1^{a}	4.02±0.1^{c}

زمان (روز) Time (Day)	کاهش وزن (٪) Weight loss	مواد جامد محلول (٪) Total Soluble solids	سفتی بافت (N) Firmness	بار میکروبی (log CFU/g) Microbial load
0	-	12.36±0.3^{a}	5.31±0.1^{a}	1.35±0.0^{c}
7	1.53±0.2^{b}	10.80±0.2^{b}	4.53±0.3^{b}	4.89±0.1^{b}
14	2.84±0.3^{a}	9.26±0.2^{b}	3.43±0.2^{c}	5.97±0.1^{a}
Cv (%)	4.78	2.41	3.33	4.62

حروف مشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد

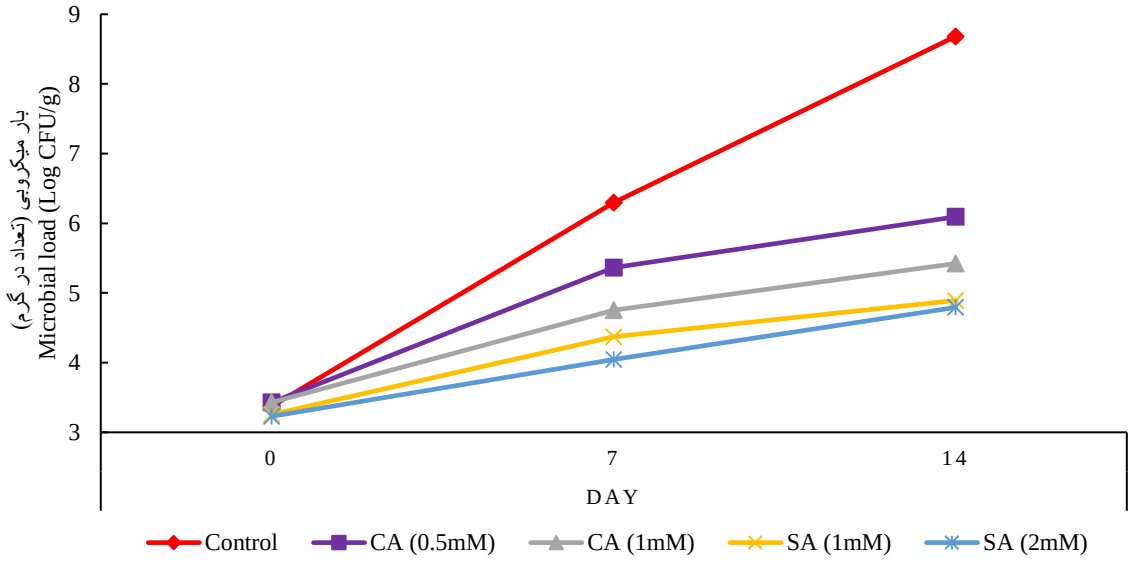
The same letters in the columns indicate a significant difference at the 0.05 level

بار میکروبی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، غوطه‌وری میوه‌های برش خورده هندوانه در غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر مقدار بار میکروبی میوه اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشت (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین مربوط به بار میکروبی میوه نشان دهنده این است که تمامی تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل۳). به‌طوری‌که بیشترین مقدار بار میکروبی از نمونه‌های شاهد (۶/۱۱ تعداد بر گرم نمونه) حاصل شد و کم‌ترین مقدار آن از تیمار اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار (۴/۰۲) و به دنبال آن از تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار (۴/۱۷) حاصل شد. همچنین با گذشت زمان نگهداری مقدار بار میکروبی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافت. نتایج اثرات متقابل تیمارهای غوطه‌وری و زمان نگهداری نیز نشان داد در طی روزهای ۷ و ۱۴ کم‌ترین و بیشترین سطح بار میکروبی به ترتیب از تیمار شاهد و اسید سالیسیلیک ۲ میلی‌مولار به دست آمد.

گزارش شده کاربرد اسید سالیسیلیک باعث بیان ژن‌های مربوط به جلوگیری از رشد قارچ‌ها و خسارت پاتوژن‌ها می‌شود (Poole *et al*., 1994). اسید سالیسیلیک به دو طریق می‌تواند سبب کاهش و تاخیر در بیماری و فساد محصولات شود. از یک سو اثرات مستقیم ضدقارچی نشان داده و رشد میسیلیوم و جوانه‌زنی اسپور قارچ را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر باعث القای مقاومت سیستمیک در برابر پاتوژن‌ها می‌شود و در نتیجه باعث فعال‌شدن آنزیم‌های دفاعی می‌گردد (Aghdam *et al*., 2016).

بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد اسید سالیسیلیک با سنتز آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز به افزایش متابولیت‌های ثانویه کمک کرده که به طور مستقیم از رشد پاتوژن جلوگیری می‌کنند و باعث افزایش بازارپسندی میوه‌ها می‌شود (Milosevic and Slusarenko, 1996). همچنین تحقیقات نشان داده است که اسید سیتریک به عنوان یک ماده کاهنده pH مانع از تکثیر و تجمع عوامل بیماری‌زا در میوه‌های نگهداری شده می‌شود (Whangchai *et al.*, 2006). رشد میکرواورگانیسم‌ها موقعی که pH به زیر حد آستانه فعالیت آن‌ها می‌رسد، کاهش می‌یابد و متوقف می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست‌آمده بر روی میوه زردآلو مطابقت دارد (Ali *et al.*, 2013).



شکل ۳- اثر غلظت‌های اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان بر بار میکروبی هندوانه برش‌خورده

Control: شاهد، CA(0.5Mm): سیتریک اسید ۰/۵ میلی مولار، CA(1Mm): سیتریک اسید ۱ میلی مولار، SA(1Mm): اسید سالسیلیک ۱میلی مولار، SA(2Mm): سالسیلیک اسید ۲ میلی مولار.

Figure 3- The effect of citric acid, salicylic acid and Time concentrations on the microbial load of sliced watermelon

Control: Control, CA(0.5 mM): Citric acid 0.5 mM, CA(1mM): Citric acid 1 mM, SA(1mM): Salicylic acid 1 mM, SA(2 mM): Salicylic acid 2 mM.

تغییرات رنگ

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های فاکتورهای رنگ‌سنجی مشخص کرد غوطه‌وری حبه‌های هندوانه در محلول‌های اسید سیتریک و اسید سالیسیلک، اثر معنی‌داری بر روی شاخص‌های رنگی مقادیر a و b داشت. در حالی که تیمارهای ذکر شده بر مقادیر شاخص L (شاخص روشنایی رنگ میوه) تاثیری نداشت (جدول ۱).

اسید سیتریک و اسید سالیسیلک باعث حفظ مقادیر a و b نسبت به گروه شاهد شدند، به‌طوری که بیشترین و کم‌ترین مقدار a و b به ترتیب از تیمارهای اسید سالیسیلک ۱ میلی‌مولار و شاهد حاصل شد (جدول۴). با این وجود بین تیمارهای اسید سالیسیلک ۱ میلی‌مولار، اسید سالیسیلک ۲ میلی‌مولار و اسید سیتریک ا میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری یافت نشد. Saftner و همکاران (2007) نشان داد که مقادیر a و b به طور مستقیم با غلظت لیکوپن و کاروتن بافت در هندوانه تازه برش‌خورده همبستگی دارد.به طور کلی گفته میشود افزایش در میزان لیکوپن به عنوان رنگدانه غالب در هندوانه، به احتمال زیاد عامل افزایش در میزان شاخص خلوص رنگ است و بر عکس این حالت، در زمانی که میوه ها برش خورده

هستند و دچار تنش حاصل از بریدگی شدند، با تخریب وکاهش میزان لیکوپن شاهد روند کاهشی شاخص خلوص رنگ نیز خواهیم بود(Boshra et al., 2018).اسید سالیسیلک و اسید سیتریک با کاهش تولید اتیلن، موجب کاهش تنفس و کاهش سرعت فرآیند رسیدن شده و با به تاخیر انداختن پیری و کاهش اکسیداسیون رنگدانه‌های میوه تغییرات رنگ جلوگیری کرده و کیفیت رنگ میوه را حفظ می‌کند (Tareen et al., 2012). همچنین، نتایج نشان داد با گذشت زمان در طول دوره انبارمانی از مقدار L و a کاسته شد. این کاهش را می‌توان به فرایند پیری و اکسایش رنگدانه‌های میوه هندوانه نسبت داد (Boshra et al., 2018). به‌طور¬کلی کاهش کیفیت رنگ سطحی قطعه‌های برش¬خورده هندوانه در طول نگهداری در انبار سرد با دمای پایین، محتمل است در اثر اکسایش ناشی از برش¬زدن با آسیب‌های سرمایی رخ دهد (Ebadi et al., 2012).

نسخه پیش انتشار

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، اسید سالیسیلیک و زمان بر مولفه‌های رنگ و ویژگی‌های حسی هندوانه برش‌خورده

Table 4 - Comparison of the average effect of citric acid, salicylic acid and Time concentrations on color components and sensory characteristics of sliced watermelon

تیمارهای آزمایشی Experimental Treatments	رنگ Color			ویژگی‌های حسی Sensory properties				
	*L**	*a**	*b**	رنگ Color	مزه Flavor	رایحه Odor	بافت Texture	پذیرش کلی Overall_quality
شاهد (آب مقطر) Control (Distilled water)	39.3±2.9^{a}	15.3±0.3^{c}	8.1±0.1^{c}	6.0±0.1^{b}	5.2±0.0^{c}	4.6±0.1^{d}	5.22±0.1^{c}	5.4±0.1^{c}
سیتریک اسید ۰/۵ میلی‌مولار CA 0.5 mmol	39.6±3.7^{a}	16.6±0.2^{b}	9.6±0.1^{b}	8.0±0.0^{a}	7.7±0.1^{b}	6.8±0.1^{c}	7.22±0.2^{b}	7.5±0.2^{b}
سیتریک اسید ۱ میلی‌مولار CA 1 mmol	39.2±4.1^{a}	18.7±0.3^{a}	10.3±0.2^{a}	8.1±0.2^{a}	7.7±0.2^{b}	7.6±0.3^{b}	8.11±0.3^{ab}	7.6±0.1^{b}
سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار SA 1 mmol	39.4±2.5^{a}	18.9±0.4^{a}	10.1±0.1^{a}	8.3±0.1^{a}	8.5±0.4^{a}	8.2±0.3^{a}	8.55±0.2^{a}	8.6±0.0^{a}
سالیسیلیک اسید ۲ میلی‌مولار SA 2 mmol	40.2±3.4^{a}	18.8±0.3^{a}	10.7±0.1^{a}	8.4±0.2^{a}	8.7±0.3^{a}	8.2±0.1^{a}	8.77±0.1^{a}	8.8±0.3^{a}
زمان (روز) Time (Day)	رنگ Color			ویژگی‌های حسی Sensory properties				
	*L**	*a**	*b**	رنگ Color	مزه Flavor	رایحه Odor	بافت Texture	پذیرش کلی Overall_quality
0	44.6±3.8^{a}	20.1±0.5^{a}	11.2±0.3	10.0±0.2^{a}	10.0±0.2^{a}	10.0±0.2^{a}	10.0±0.2^{a}	10.0±0.2^{a}
7	41.0±3.4^{b}	17.5±0.6^{b}	9.79±0.1	8.1±0.1^{b}	7.2±0.1^{b}	6.5±0.1^{b}	7.22±0.3^{b}	7.33±0.1^{b}
14	33.0±4.6^{c}	15.4±0.2^{c}	8.37±0.1	5.3±0.0^{c}	5.6±0.1^{c}	4.8±0.2^{c}	5.53±0.1^{c}	5.6±0.1^{c}
Cv (%)	1.0	2.8	1.3	2.1	1.7	1.2	1.5	1.8

حروف مشابه در ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشد

The same letters in the columns indicate a significant difference at the 0.05 level

نسخه پیش انتشار

خواص ارگانولپتیک

نتایج ارزیابی خواص حسی از قبیل رنگ، رایحه، مزه، بافت و پذیرش کلی میوه‌های برش‌خورده هندوانه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بین نمونه‌های تیمار نشده و تیمارشده وجود داشت (جدول ۴). در مقایسه دو ترکیب اسید سیتریک و اسید سالیسیلک به کاربرده شده برای غوطه‌وری از نظر ارزیاب‌ها میوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلک (۱ یا ۲ میلی‌مولار) را نسبت به سایر تیمارها با کیفیت‌تر ارزیابی کردند و غوطه‌وری با اسید سالیسیلک نمرات بیشتری را به خود اختصاص داد

نقش اساسی اسید سالیسیلک و اسید سیتریک در حفظ خواص ارگانولپتیک از قبیل رنگ، رایحه، مزه، بافت و پذیرش کلی میوه‌های برش‌خورده هندوانه بیشتر به دلیل جلوگیری از رشد قارچ و پوسیدگی می‌باشد. از طرفی می‌توان گفت اسید سالیسیلک با جلوگیری از تولید اتیلن و نرم شدن میوه باعث جوان ماندن و تاخیر در وقوع پیری می‌شود. از طرفی با توجه به این‌که آنتی‌اکسیدان کل سلول‌های بافت‌گیاهی سبب ایجاد مقاومت در مقابل آسیب‌های حاصل از دمای پایین انبار می‌گردد و اسید سالیسیلک و اسید سیتریک موجب افزایش آنتی‌اکسیدان کل سلول‌های میوه می‌شود؛ می‌توان حفظ کیفیت خواص ارگانولپتیک را درمیوه‌های تیمار شده با اسید سالیسیلک و اسید سیتریک را به این ویژگی تیمارها نسب داد همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان تمامی خواص ارگانولپتیک نسبت به روز صفر کاهش یافت. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مشابه نتایج Zhang و همکاران (۲۰۰۳) بر روی میوه کیوی بود انها گزارش کردند که کاربرد اسید سالسیلیک میتواند فرایند تولید رادیکال های آزاد سوپراکسید، پیری و تنفس را به تاخیر بیندازد.

نتیجه گیری

این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر برخی ویژگی‌های کیفی و میکروبی هندوانه بریده شده انجام شد. این آزمایش شامل استفاده از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک برای ارزیابی تأثیر آن‌ها بر پارامترهای کیفیت و بار میکروبی در برش‌های هندوانه بود .ویژگی‌های کیفیت، از جمله رنگ، سفتی، شیرینی و جذابیت بصری کلی، با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، بار میکروبی، شامل هر دو جمعیت باکتریایی و قارچی، برای ارزیابی پتانسیل ضدمیکروبی اسیدهای اعمال‌شده تعیین شد. نتایج حاکی از اثرات معنی‌دار اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک بر حفظ برخی صفات کیفی و کاهش آلودگی میکروبی در برش‌های هندوانه بود. این تحقیق بینش‌های ارزشمندی را در مورد استفاده از اسید سالیسیلیک و اسید سیتریک به عنوان عوامل بالقوه برای بهبود کیفیت و ایمنی هندوانه بریده شده ارائه می‌دهد.

منابع

Aghdam, M. S., Asghari, M., Babalar, M., & Sarcheshmeh, M. A. A. (2016). *Impact of salicylic acid on postharvest physiology of fruits and vegetables*. p. 243-268. InEco-friendly technology for postharvest produce quality. Academic Press.

Ali, S., Masud, T., Abbasi, K. S., Mahmood, T., & Ali, A. (2013). Effect of different concentrations of salicylic acid on keeping quality of apricot cv. Habi at ambient storage. *Journal of biological and food science research*, *2*(6), 69-78.

Alibeygi, B., Soltani, F., & Kalantary, S. (2018). Effect of different irrigation regims on quality and shelf life of half fresh cut watermelon (*Citrullus lunatus* cv. Crimson Sweet). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *49*(1), 117-131.

Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A., & Khosroshahi, A. (2007). Effect of pre-and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. *Food chemistry*, *105*(2), 449-453.

Alibeygi, B., Soltany,F., and Kalantari, S.(2018). Effect of different irrigation regims on quality and shelf life of half freshcut watermelon (Citrullus lunatus cv. Crimson Sweet). Iranian Journal of Horticultural Science, 49(1), 119-133

Chavan, R. F., & Sakhal, B. K. (2020). Studies on the effect of exogenous application of salicylic acid on post-harvest quality and shelf life of tomato fruit Cv. Abhinav. *Food Res*, *4*(5), 1444-1450.

Da Silva, N., Taniwaki, M. H., Junqueira, V. C. A., de Arruda Silveira, N. F., Okazaki, M. M., & Gomes, R. A. R. (2018). *Microbiological examination methods of food and water: a laboratory manual*. CRC Press.

Dokhanieh, A. Y., Aghdam, M. S., Fard, J. R., & Hassanpour, H. (2013). Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, *154*, 31-36.

Ebadi, M., Soltani, F., Mostofi, Y., & Arjmandi, M. (2012, June). Fresh-cut quality of watermelon during storage at different temperatures. In *VII International Postharvest Symposium 1012* (pp. 497-502).

H Abd El-Aziz, M. (2020). Effect of Hydro-cooling and Immersion in Salicylic Acid and Citric Acid on Quality and Storability of Guava Fruits (*Psidium guajava* L.). *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, *58*(3), 615-632.

Krause, M. R., Santos, M. N. D. S., Moreira, K. F., Tolentino, M. M., & Mapeli, A. M. (2021). Extension of the vase life of L*ilium pum*ilum cut flowers by pulsing solution containing sucrose, citric acid and silver thiosulfate. *Ornamental Horticulture*, *27*, 344-350.

Lin, Q., Wang, C., Dong, W., Jiang, Q., Wang, D., Li, S., ... & Chen, K. (2015). Transcriptome and metabolome analyses of sugar and organic acid metabolism in Ponkan (C*itrus reticula*ta) fruit during fruit maturation. *Gene*, *554*(1), 64-74.

Lyousfi, N., Lahlali, R., Letrib, C., Belabess, Z., Ouaabou, R., Ennahli, S., ... & Barka, E. A. (2021). Improving the biocontrol potential of bacterial antagonists with salicylic acid against brown rot disease and impact on nectarine fruits quality. *Agronomy*, *11*(2), 209.

Mendoza-Enano, M. L., Stanley, R., & Frank, D. (2019). Linking consumer sensory acceptability to volatile composition for improved shelf-life: A case study of fresh-cut watermelon (C*itrullus lanatus). Postharvest Biology and Technology*, *154*, 137-147.

Milosevic, N., & Slusarenko, A. J. (1996). Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *49*(3), 143-158.

Okolie, N. P., & Sanni, T. E. (2012). Effect of postharvest treatments on quality of whole tomatoes. *African Journal of Food Science*, *6*(3), 70-76.

Panou, A. A., Karabagias, I. K., & Riganakos, K. A. (2018). The effect of different gaseous ozone treatments on physicochemical characteristics and shelf life of apricots stored under refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(5), e13614.

Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., & Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(2), 311-319.

Pilizota, V. L. A. S. T. A., & Sapers, G. M. (2004). Novel browning inhibitor formulation for fresh- cut apples. *Journal of Food Science*, *69*(4), SNQ140-SNQ143.

Poole, K. G. (1994). Characteristics of an unharvested lynx population during a snowshoe hare decline. *The Journal of Wildlife Management*, 608-618.

Saftner, R., Luo, Y., McEvoy, J., Abbott, J. A., & Vinyard, B. (2007). Quality characteristics of fresh-cut watermelon slices from non-treated and 1-methylcyclopropene-and/or ethylene-treated whole fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *44*(1), 71-79.

Sirikhet, J., Chanmahasathien, W., Raiwa, A., & Kiattisin, K. (2021). Stability enhancement of lycopene in Citrullus lanatus extract via nanostructured lipid carriers. *Food Science & Nutrition*, *9*(3), 1750-1760.

Smith, B., Ortega, A., Shayanfar, S., & Pillai, S. D. (2017). Preserving quality of fresh cut watermelon cubes for vending distribution by low-dose electron beam processing. *Food Control*, *72*, 367-371.

Sommers, C. H., Fan, X., Handel, A. P., & Sokorai, K. B. (2003). Effect of citric acid on the radiation resistance of Listeria monocytogenes and frankfurter quality factors. *Meat Science*, *63*(3), 407-415.

Tareen, M. J., Abbasi, N. A., & Hafiz, I. A. (2012). Effect of salicylic acid treatments on storage life of peach fruits cv.'Flordaking'. *Pakistan Journal of Botany*, *44*(1), 119-124.

Ul Haq, A., Lone, M. L., Farooq, S., Parveen, S., Altaf, F., Tahir, I., & El-Serehy, H. A. (2022). Efficacy of salicylic acid in modulating physiological andbiochemical mechanisms to improve postharvest longevity in cut spikes of *Consolida ajacis* (L.) Schur. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *29*(2), 713-720

Whangchai, K., Saengnil, K., & Uthaibutra, J. (2006). Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. *Crop Protection*, *25*(8), 821-825.

Xue, C., Guan, S. C., Chen, J. Q., Wen, C. J., Cai, J. F., & Chen, X. (2020). Genome wide identification and functional characterization of strawberry pectin methylesterases related to fruit softening. *BMC plant biology*, *20*(1), 1-17.

Zamuz, S., Munekata, P. E., Gullón, B., Rocchetti, G., Montesano, D., & Lorenzo, J. M. (2021). *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up-to-date review. *Trends in Food Science & Technology*, *111*, 208-222.

Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S., & Ferguson, I. (2003). The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, *28*(1), 67-74.

Zhao, Z. H., Liu, M. J., Liu, P., Liu, X. Y., Dai, L., Yang, L., & Tian, S. L. (2009). Effects of citric acid treatments on the postharvest fruit quality of *Ziziphus jujuba* Mill.'Linyilizao'. *Acta Horticulturae*, (840), 513-516.