

Application of different organic acids for improving the quality of pasteurized pickled cucumber

Maryam Tashakori¹, Fakhreddin Salehi^{2*}, Ashraf Gohari Ardabili³

¹ MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

² Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran (*Corresponding Author's E-mail: F.Salehi@Basu.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-10-24
Revised: 2025-12-18
Accepted: 2025-12-20

Keywords:

Ascorbic acid
Citric acid
Acetic acid
Sensory evaluation
Texture

ABSTRACT

Background and objectives: Pickled cucumbers are among the widely consumed products and play an important role in the dietary basket. They are consumed throughout the year by individuals with different preferences. However, the pasteurization process, which is applied to extend shelf life, may cause undesirable changes such as color alterations and textural softening. These changes reduce the final product quality and affect consumer acceptance. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of citric, ascorbic, and acetic acids on the sensory attributes, color, pH, titratable acidity, and texture of pasteurized pickled cucumbers.

Materials and methods: In this study, to investigate the effect of different food-grade acids on the characteristics of pasteurized pickled cucumbers, fresh cucumbers were prepared and, after washing and grading based on visual quality, were processed together with aromatic herbs and a 5% brine solution. To adjust acidity, citric, ascorbic, and acetic acids were added at the same concentration (0.8%). The produced samples were analyzed for physicochemical properties, including color (image processing method), pH, titratable acidity, salt, and ash content, as well as textural properties using puncture, cutting, and texture profile analysis (TPA) tests. Microbiological assessments (total count, mold, and yeast) and sensory evaluations (color, flavor, texture, crispiness, and overall acceptance) were also performed. Data were analyzed using a completely randomized design with three replicates.

Results: The type of acid significantly affected the salt content of pickled cucumbers ($p < 0.05$). Citric acid reduced salt uptake by approximately 12.77%, and ascorbic acid by 5.2% compared to acetic acid. A similar trend was observed for ash content, with citric acid resulting in the lowest values. Citric acid also produced the lowest pH in the pickled cucumbers, significantly different from samples containing ascorbic and acetic acids ($p < 0.05$). Ascorbic acid increased lightness and helped maintain color stability, whereas acetic acid enhanced firmness, springiness, and chewiness. Sensory

evaluation showed that samples containing acetic acid received the highest scores for overall acceptance ($p < 0.05$).

Conclusion: The type of food-grade acid significantly influenced the physicochemical, textural, and sensory properties of pasteurized pickled cucumbers. Citric acid reduced surface lightness and ash content, ascorbic acid preserved the green color and increased titratable acidity and internal and surface yellowness, while acetic acid most effectively enhanced texture firmness, resistance, and overall sensory acceptance. All samples were within safe and standard limits for pH, titratable acidity, salt, and microbiological properties. Based on these findings, acetic acid is recommended as the optimal acid for producing pasteurized pickled cucumbers due to its ability to maintain desirable textural characteristics and high consumer acceptance.

this article: Tashakori, M., Salehi, F., Gohari Ardabili, A. 2026. Application of different organic acids for improving the quality of pasteurized pickled cucumber. *Food Processing and Preservation Journal*, 17(4), 63-82.



© The Author(s)



[10.22069/fppj.2025.24197.1909](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.24197.1909)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



استفاده از اسیدهای آلی مختلف برای بهبود کیفیت خیارشور پاستوریزه

مریم تشکری^۱، فخرالدین صالحی^{۲*}، اشرف گوهری اردبیلی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

^۲ استاد تمام، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. (*رایانامه نویسنده مسئول: F.Salehi@Basu.ac.ir)

^۳ استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

سابقه و هدف: خیارشور به‌عنوان یکی از محصولات پرمصرف، نقش مهمی در سبب غذایی دارد. در تمام فصول سال امکان مصرف خیارشور وجود دارد و افراد باسلیقه های مختلف مصرف کننده این محصول می‌باشند. با این حال، فرآیند پاستوریزاسیون که به منظور افزایش ماندگاری به کار می‌رود، تا حدودی منجر به بروز مشکلاتی نظیر تغییرات نامطلوب رنگ و افت بافت می‌شود. این تغییرات نامطلوب کیفیت نهایی محصول را کاهش داده و پذیرش مصرف کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا در این پژوهش اثر اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و استیک بر ویژگی‌های حسی، رنگ، pH، اسیدیته و بافت خیارشور پاستوریزه مورد بررسی قرار گرفت.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۸/۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۹

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، به منظور بررسی اثر اسیدهای خوراکی مختلف بر ویژگی‌های خیارشور پاستوریزه، خیارها تهیه و پس از شست‌وشو و درجه‌بندی بر اساس کیفیت ظاهری، همراه با سبزی‌های معطر و محلول آب نمک ۵ درصد آماده شدند. برای تنظیم اسیدیته، از اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و استیک در غلظت‌های یکسان (۰/۸ درصد) استفاده گردید. پس از تولید، نمونه‌ها تحت آزمون‌های فیزیکوشیمیایی شامل اندازه‌گیری رنگ (به روش پردازش تصویر)، pH، اسیدیته، درصد نمک و خاکستر، و نیز آزمون‌های بافت (نفوذ، برش و TPA) قرار گرفتند. ارزیابی‌های میکروبی (شمارش کلی، کپک و مخمر) و حسی (رنگ، طعم، بافت، میزان تردی و پذیرش کلی) نیز بر روی نمونه‌ها انجام شد. داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نوع اسید مصرفی تأثیر معنی‌داری بر درصد نمک خیارشور داشت ($p < 0/05$). تیمار حاوی اسیدسیتریک حدود ۱۲/۷۷٪ و تیمار حاوی اسید آسکوربیک حدود ۵/۲٪ جذب نمک را نسبت به تیمار اسید استیک کاهش داد. در مورد میزان خاکستر نیز روند مشابهی مشاهده شد؛ به طوری که تیمار اسیدسیتریک موجب کاهش مقدار خاکستر نسبت به تیمارهای اسید استیک و آسکوربیک شد. همچنین نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک کمترین میزان pH را در نمونه‌های خیارشور پاستوریزه ایجاد کردند که از نظر آماری با نمونه‌های حاوی اسید آسکوربیک و استیک معنی‌دار بود ($p < 0/05$). به کارگیری اسید آسکوربیک موجب افزایش

واژه‌های کلیدی:

ارزیابی حسی
اسید آسکوربیک
اسید استیک
اسیدسیتریک
بافت

روشنایی و حفظ پایداری رنگ نمونه‌های خیارشور شد، درحالی‌که افزودن اسید استیک باعث افزایش سفتی، فنریت و قابلیت جویدن محصول گردید و در ارزیابی حسی نمونه‌های حاوی اسید استیک به‌طور معناداری بیشترین امتیاز را کسب کردند ($p < 0/05$).

نتیجه‌گیری: نوع اسید خوراکی مورد استفاده در تهیه خیارشور پاستوریزه تأثیر قابل توجهی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافت و پذیرش حسی محصول دارد. اسیدسیتریک باعث کاهش روشنایی سطح و کمترین مقدار خاکستر شد، درحالی‌که اسید آسکوربیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود رنگ سبز محصول را حفظ کرده و بیشترین درصد اسیدیته و شاخص زردی داخلی و سطحی را ایجاد کرد. اسید استیک بیشترین اثر را در افزایش سفتی و مقاومت بافت، و همچنین پذیرش حسی از جمله طعم، تردی و پذیرش کلی داشت. اندازه‌گیری pH، اسیدیته، نمک و خصوصیات میکروبی نشان داد که تمام نمونه‌ها در محدوده ایمن و استاندارد قرار دارند. بر اساس این یافته‌ها، اسید استیک به دلیل حفظ ویژگی‌های بافتی مطلوب و بالاترین پذیرش حسی، به‌عنوان بهترین اسید خوراکی برای تولید خیارشور پاستوریزه توصیه می‌شود.

استناد: تشکری، مریم؛ صالحی، فخرالدین؛ گوهری‌اردبیلی، اشرف. (۱۴۰۴). استفاده از اسیدهای آلی مختلف برای بهبود کیفیت خیارشور پاستوریزه. *فراوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۷(۴)، ۸۲-۶۳.



[10.22069/fppj.2025.24197.1909](https://doi.org/10.22069/fppj.2025.24197.1909)

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



مقدمه

خیار با نام علمی (*Cucumis sativus*) از گیاهان خانواده کدوئیان (*Cucurbitaceae*) است که شامل سایر گونه‌ها نظیر ملون و کدو نیز می‌شود. خیار بومی قاره آسیا و کشور هند می‌باشد، البته برخی از محققان گزارش کرده‌اند که ابتدا مصریان و سپس یونانی‌ها و رومی‌ها این محصول را کشت می‌کردند (۱). طبق گزارش منتشر شده توسط فائو در سال ۲۰۲۳، بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خیار به ترتیب شامل کشور چین با ۸۰/۲ میلیون تن، ترکیه با ۱/۹ میلیون تن، روسیه با ۱/۷ میلیون تن، مکزیک با ۱/۰ میلیون تن و ازبکستان با ۰/۹۶ میلیون تن هستند. سهم ایران از تولید جهانی خیار (مستخرج از داده‌های فائو ۲۰۲۳)، ۴۰۰ هزار تن گزارش شده است (۲). فصل کاشت خیار در استان همدان با توجه به آب‌وهوا از اواسط تا پایان بهار بوده و فصل برداشت این محصول از اواسط تابستان تا اوایل پاییز ادامه دارد. شهرستان بهار در تولید خیار جالیزی مقام نخست استان همدان را دارد و سالانه حدود ۴۵۰ هکتار زمین برای کشت این محصول اختصاص می‌یابد که از هر هکتار ۳۵ تن خیار برداشت می‌شود. سالانه حدود ۱۵ هزار تن خیار از مزارع شهرستان بهار برداشت می‌شود (۳). خیار را می‌توان به صورت خام یا فراوری شده مصرف کرد. خیارشور از شوربجیات محبوب بین مصرف‌کنندگان است که در اکثر نقاط جهان با طعم و مزه‌های مختلف چون خیلی شور، ترش و شیرین وجود دارد و به دو صورت تخمیری و غیرتخمیری تولید می‌شود. این محصول نیز همچون بسیاری از شوربجیات دیگر که عمدتاً از سبزی‌ها در تهیه آن‌ها استفاده می‌شود، مستعد حمله میکروارگانسیم‌ها به خصوص مخمرها و کپک‌ها می‌باشد (۴).

خیارشور از گذشته تاکنون به‌عنوان محصولی تخمیری شناخته می‌شود که طی آن خیار تازه در

حضور سرکه، ادویه، نمک و گاهی شکر فراوری و نگهداری می‌گردد. در گذشته، برای نگهداری این محصولات نیازی به اعمال حرارت وجود نداشت. با این حال، پیشرفت‌های اخیر در صنعت فرآوری مواد غذایی، منجر به تولید "خیارهای تازه بسته‌بندی شده" شده است. محصولی که با افزودن سرکه، نمک و ادویه به خیارهای تازه تهیه و سپس از طریق پاستوریزاسیون پایدار می‌شوند. پایداری این نوع محصولات به‌طور قابل توجهی به کاربرد صحیح اسید و نمک و همچنین استفاده مناسب از روش‌های پاستوریزاسیون بستگی دارد. این روش‌ها با حذف کامل میکروارگانسیم‌های پاتوژن و کاهش قابل توجه میکروارگانسیم‌های عامل فساد ایمنی محصول را ارتقاء می‌بخشند (۵). در صنعت خیارشور، فرایند حرارتی از دهه ۱۹۴۰ به‌عنوان یک روش استاندارد معرفی شد. در این روش دمای داخلی محصول تا ۷۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه افزایش یافته و سپس به سرعت خنک می‌شود (۶). با وجود این، فرایند حرارتی یا پاستوریزاسیون که برای افزایش ایمنی میکروبی در ترشی‌ها به کار می‌رود، می‌تواند بر کیفیت محصول اثر منفی داشته باشد. بسیاری از سبزی‌هایی که در تهیه ترشی استفاده می‌شوند نسبت به حرارت حساس‌اند و شاخص‌های کیفی مانند رنگ و بافت آن‌ها در طی عملیات حرارتی به شدت کاهش می‌یابد (۷). از سوی دیگر تغییر ذائقه و تمایل مصرف‌کنندگان به تازگی و کیفیت بالاتر مواد غذایی موجب افزایش تقاضا برای خیارشورهای ملایم (کم‌نمک و کم‌اسید) شده است (۶). این محصول در اکثر نقاط جهان با طعم و مزه‌های مختلف چون خیلی شور، ترش و شیرین وجود دارد و به دو صورت تخمیری و غیرتخمیری تولید می‌شود. این محصول نیز همچون بسیاری از شوربجیات دیگر که عمدتاً از سبزی‌های در تهیه آن‌ها استفاده می‌شود، مستعد حمله

آن‌ها، هماهنگی داشته و در صورت امکان از یک نوع باشد (۸-۱۰).

از نگهدارنده‌های طبیعی به‌ویژه پودرها و اسانس‌های روغنی نیز می‌توان جهت بهبود طعم و افزایش قابلیت نگهداری مواد غذایی استفاده کرد (۴، ۱۴، ۱۵). نصری و همکاران (۲۰۲۱) اثر پودر خوشاریزه بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی خیارشور طی مدت زمان نگهداری را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش درصد گیاه خوشاریزه میزان pH و سفتی بافت نمونه‌های خیارشور افزایش و مقدار نمک و اسیدیته کاهش می‌یابد. خواص حسی نمونه حاوی ۲٪ پودر خوشاریزه نیز مقبولیت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت (۴).

در تمام فصول سال امکان مصرف خیارشور وجود دارد و افراد با سلیقه‌های مختلف مصرف‌کننده این محصول می‌باشند. با توجه به حجم بالای تولید خیارشور در استان همدان، بررسی اثر اسیدهای آلی خوراکی مختلف بر کیفیت این محصول ضروری است. لذا در این پژوهش اثر اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و استیک بر کیفیت خیارشور پاستوریزه شده بررسی شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد اولیه و خیارشور: جهت تهیه نمونه‌های خیارشور پاستوریزه، خیارهای بوته‌ای تازه (بذر خیار 2n رویال شرکت سمینیس^۲ آمریکا) از کشاورزان شهرستان بهار خریداری شد. برای تولید خیارشور ابتدا خیارهای خریداری‌شده، با توجه به شکل و اندازه‌ی خیارها، بافت، عیوب ظاهری، مزه و عطر، رسیده و تازه بودن و همچنین رنگ آن‌ها درجه‌بندی

میکروارگانیزم‌ها به‌خصوص مخمرها و کپک‌ها می‌باشد (۴).

در اغلب محصولات کنسروی ترکیبات اسیدی حضور دارند و نقش‌های مختلفی برای آن‌ها ذکر می‌شود: ایجاد طعم ترش، تغییردهنده عطر و طعم^۱، کمک به نگهداری مواد غذایی یا کاهش pH، تأثیر در انجام واکنش اینورسیون ساکارز، تأمین pH لازم برای ایجاد ژل، تأثیر در زلال سازی و تثبیت آبمیوه (۸-۱۰). اصطلاح اسید آلی به ترکیبات آلی با خواص اسیدی اشاره دارد. اسیدیته اسیدهای آلی با گروه کربوکسیل آن‌ها مرتبط است و به همین دلیل به آن‌ها اسیدهای کربوکسیلیک می‌گویند. اسیدهای آلی را می‌توان بر اساس نوع زنجیره کربن، میزان اشباع و جایگزینی آن‌ها و تعداد گروه‌های کربوکسیل (منو، دی، تری کربوکسیلیک) طبقه‌بندی کرد. اسیدهای منو کربوکسیلیک، مانند اسید استیک مایعات بسیار فرار با طعمی تند هستند. اسیدسیتریک شناخته‌شده‌ترین اسیدتری کربوکسیلیک با یک گروه هیدروکسیل است که در غذاها یافت می‌شود. از اسیدهای آلی خوراکی معمولاً برای کنترل pH در برخی از محصولات غذایی استفاده می‌شود (۱۱، ۱۲). فراوان‌ترین اسید آلی در آب مرکبات، اسیدسیتریک است. همچنین، آب مرکباتی مانند لیموشیرین، پرتقال و گریپ‌فروت منبع خوبی برای اسید آسکوربیک هستند (۱۳). در کنسروسازی اسیدهای آلی طبیعی متعددی از طریق مواد اولیه مصرفی به‌ویژه میوه‌ها و سبزی‌ها وارد محصولات غذایی می‌شوند. گذشته از آن با توجه به نقش‌های ذکرشده، از این اسیدها در فرمولاسیون محصولات غذایی نیز استفاده می‌شود در چنین مواردی اغلب توصیه می‌شود که اسید آلی اضافه‌شده به غذاها با اسیدهای آلی طبیعی اصلی موجود در مواد اولیه

² Seminis

¹ Flavor modification

استفاده از اسیدهای آلی مختلف برای بهبود کیفیت خیارشور پاستوریزه / مریم تشکری و همکاران

استیک برای ایجاد شرایط اسیدی و کاهش pH محلول آب‌نمک خیارشور استفاده و اثر این اسیدها بر خصوصیات حسی، رنگ، pH، اسیدیته و بافت محصول بررسی و بهترین اسید خوراکی برای تهیه خیارشور پاستوریزه انتخاب شد. از اسیدهای خوراکی موجود در آزمایشگاه شامل اسید آسکوربیک و اسیدسیتریک (شرکت ttca، چین) به صورت پودر برای تهیه محلول‌هایی با غلظت ۰/۸ درصد اسید با استفاده از آب مقطر، از آن‌ها تهیه شد همچنین سرکه تقطیری (با اسیدیته ۵ درصد برحسب استیک اسید) با برند کیمبال از فروشگاه خریداری و استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- اسیدهای خوراکی مورد استفاده در پژوهش: از راست به چپ: اسیدسیتریک، اسید آسکوربیک و سرکه
Figure 1. Food-grade acid used in the study: from right to left: citric acid, ascorbic acid, and vinegar.

عملیات فرایند حرارتی (دمای ۷۴ درجه به مدت ۱۵ دقیقه) انجام شد. پس از خاتمه فرایند حرارتی، با استفاده از آب خنک، ظروف محتوی نمونه‌ها در چند مرحله سرد شدند پس از طی شدن فرایند، نمونه‌ها به مدت ۱۴ روز در دمای محیط نگهداری شدند.

آزمون رنگ: جهت بررسی شاخص‌های رنگی خیارشورها، از روش پردازش تصویر استفاده شد. از سطح و داخل نمونه‌ها عکس تهیه و سپس توسط نرم‌افزار ایمیج جی آنالیز شد. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. با استفاده از نرم‌افزار ایمیج جی (V.1.42e، آمریکا) و پلاگین مربوطه، فضای رنگی عکس‌ها از RGB انجام گرفت که در آن L^* (L.value)، a^* (a.value) و b^* (b.valu) و

شدند. سپس با غوطه ور کردن خیارها در آب از هر نوع آلودگی و کثیفی پاک و شست‌وشو گردید.

سبزی‌های معطر مانند سیر، ترخون، شوید و فلفل به صورت تازه از کشاورزان شهرستان بهار خریداری شد؛ و پس از شستشوی کامل، با وزن‌های یکسان استفاده گردید. نمک خوراکی تصفیه شده بدون ید شرکت نمک زهره گرمسار با برند ریز پاش از شرکت خیارشور صالحی پیمان روستای گنج تپه واقع در شهرستان بهار خریداری شد. نمک تهیه شده در آب حل گردیده و محلول ۵ درصد به صورت درصد وزنی- وزنی (w/w) آماده شده و در مرحله پر کردن به شیشه‌های حاوی خیار و سبزی‌ها اضافه شد. در این پژوهش، از اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و

برای تهیه خیارشور، خیارها با شکل و اندازه‌های یکسان داخل ظروف شیشه‌ای چیده شدند. سپس سبزی‌های معطر با وزن‌های یکسان به خیارها اضافه شدند. آب نمک داغ شده تا دمای ۹۰ درجه سلسیوس سرد شده و سپس با افزودن محلول تهیه شده اسیدهای مختلف (اسید آسکوربیک، اسیدسیتریک و اسید استیک) به آب‌نمک و با رعایت سرفضا، عملیات پر کردن صورت گرفت. پر شدن شیشه‌ها از محلول داغ باعث خروج هوا از ظروف شده و خلأ ایجاد شود که این خلأ در طی دوره نگهداری محصول نقش به سزایی دارد. سپس بلافاصله عملیات دربندی ظروف انجام گرفت. در مرحله بعد شیشه‌های محتوی نمونه درون دیگ آب نزدیک به جوش قرار داده شد و

B = یک میلی لیتر سود یک دهم نرمال معادل ۰/۰۱۷۶ گرم اسید آسکوربیک، ۰/۰۰۶۰ گرم استیک اسید و ۰/۰۰۶۴ گرم سیتریک اسید می باشد.

اندازه گیری نمک: اندازه گیری نمک با استفاده از روش موهر (مور) انجام گرفت (در هر مرحله یک بار برای خیارشور و یک بار برای محلول). بدین صورت که ۵ گرم نمونه وزن شده و حجم آن با آب مقطر به ۱۰۰ میلی لیتر رسید. محلول با کاغذ صافی صاف شد و به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد، سپس دقیقاً ۵۰ میلی لیتر از محلول برداشته و پس از افزودن یک میلی لیتر کرومات پتاسیم ۰/۵٪ به آن، با نیترات نقره ۰/۱ نرمال (مرک، آلمان) تیترو با استفاده از فرمول مربوطه درصد نمک محاسبه شد (۵، ۱۷).

اندازه گیری خاکستر: برای اندازه گیری خاکستر نمونه ها ابتدا بوته های چینی را به مدت نیم ساعت در یک کوره الکتریکی آزمایشگاهی (پارس آزما، ایران) با دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. نمونه های خیارشور که از قبل با دستگاه آون (پارس آزما، ایران) خشک گردیده بود به دقت داخل بوته ها وزن و سپس روی شعله سوزانده شد. پس از تمام شدن دود، بوته ها درون کوره الکتریکی (دمای ۶۰۰ درجه) به مدت ۶ ساعت قرار داده شد. سپس داخل دسیکاتور قرار گرفت (۱۸).

آزمون بافت: بافت مواد غذایی به عنوان یکی از مهم ترین خصوصیات کیفی محصول می باشد و به طور کلی نقش مهمی در پذیرش مصرف کنندگان دارد. خصوصیات بافتی خیارشور شامل آزمون آنالیز خصوصیات بافت^۱ (TPA)، نفوذ جهت بررسی سفتی و آزمون برش عرضی جهت بررسی خصوصیات بافت خیارشور توسط دستگاه بافت سنچ (Santam, STM-5, Iran) و نرم افزار مربوطه اندازه گیری شد.

به ترتیب نشان دهنده روشنایی، آبی/زرد و سبز/قرمز هست (۱۶).

آزمون pH: اندازه گیری pH نمونه ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Switzerland, Metrohm, pH 827) انجام گرفت. به منظور اندازه گیری pH نمونه ها دستگاه ۲۰ دقیقه قبل از انجام آزمون روشن شد و سپس دستگاه با بافرهای ۴ و ۷ کالیبره گردید. ابتدا قسمت انتهایی پروب دستگاه با آب مقطر شسته شد و با پنبه خشک گردید. در هر مرحله یک بار pH خیارشور و یک بار pH محلول اندازه گیری شد. بدین صورت که ۵۰ تا ۷۵ گرم از محلول را در بشر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته و pH آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه گیری شد (۵).

ارزیابی اسیدیته: برای اندازه گیری اسیدیته در هر مرحله، یک بار اسیدیته خیارشور و یک بار اسیدیته محلول اندازه گیری شد. اسیدیته خیارشور از طریق تعیین مقدار اسید استیک، اسیدسیتریک و اسید آسکوربیک قابل سنجش به وسیله تیترو کردن محلول رقیق شده از خیارشور و محلول خیارشور با یک محلول قلیایی استاندارد (مرک، آلمان) در حضور معرف فنل فتالین (مرک، آلمان) مطابق با روش های رسمی استاندارد کنسرو خیارشور اندازه گیری شد. به این صورت که ۵ میلی لیتر از نمونه را توسط پیپت مدرج به طور دقیق کشیده و در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر خنثی شده اضافه کرده و سپس توسط سود ۰/۱ نرمال در مجاورت فنل فتالین تا رسیدن به رنگ صورتی کم رنگ تیترو شد و درصد اسیدیته بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید (۵).

معادله (۱)

$$\text{اسیدیته برحسب گرم درصد} = \frac{A \times B}{W} \times 100$$

در این معادله:

A = حجم سود مصرفی

W = مقدار نمونه اولیه برداشت شده برحسب میلی لیتر

برای شمارش کلی میکروارگانیسم از محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA)^۱ (مرک، آلمان) استفاده شد. این محیط کشت طبق دستورالعمل آماده گردید. توسط پیپت استریل ۱ میلی لیتر از نمونه‌ی مورد آزمون به پلیت استریل انتقال یافت و ۱۵ میلی لیتر از محیط کشت استریل ذوب شده با دمای حدود ۲۵°C به پلیت اضافه شده و سپس محتویات پلیت به آرامی با حرکات دورانی باهم مخلوط شد و پس از جامد شدن محیط کشت، پلیت‌ها روی سطح صاف و خنک قرار داده شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در اینکوباتور با دمای ۳۷°C قرار گرفتند.

برای شمارش کپک و مخمر از محیط کشت (YGC)^۲ (لیوفیلکم، ایتالیا) و روش شمارش سطحی استفاده شد. این محیط کشت طبق دستورالعمل آماده گردید. از محیط کشت استریل ذوب شده با دمای حدود ۲۱°C به پلیت اضافه شده و سپس توسط پیپت استریل یک دهم میلی لیتر از نمونه‌های رقیق شده مورد آزمون به پلیت استریل حاوی محیط کشت انتقال یافت و با میله شیشه‌ای L شکل نمونه روی محیط کشت کاملاً پخش گردید و پس از پایان کشت، پلیت‌ها به صورت معکوس به مدت ۱۰ روز در اینکوباتور با دمای ۲۵°C قرار گرفتند (۲۰).

ارزیابی حسی: نمونه‌های خیارشور پس از گذشت ۱۴ روز از زمان تولید مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. مهم‌ترین خصوصیات ارگانولپتیکی نمونه‌های خیارشور شامل: رنگ و ظاهر، طعم، بو، بافت، میزان تردی و پذیرش کلی توسط ۱۸ نفر ارزیاب (محدوده سنی ۲۰ تا ۴۰ سال) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها از طریق یک آزمون هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱ بدترین و ۹ بهترین) با یکدیگر مقایسه شدند. به این ترتیب که نمونه‌ها با کدی یک‌رقمی (به

آزمون نفوذ: جهت بررسی سفتی نمونه‌های خیارشور، آزمون نفوذ با استفاده از پروب استوانه‌ای به قطر ۲/۵ میلی متر، با سرعت ۱ میلی متر بر ثانیه و نفوذ کامل انجام شد.

آزمون برش: برای اندازه گیری برش عرضی از پروب عرضی با سرعت ۱ میلی متر بر ثانیه استفاده گردید و برش کامل خیارشور انجام شد.

آزمون TPA: به منظور بررسی ویژگی‌های بافتی خیارشور تولیدی از آزمون پروفیل بافت توسط دستگاه بافت سنج و با استفاده از لودسل ۶ کیلوگرمی و پروب استوانه‌ای با قطر ۴۹ میلی متر انجام گرفت. سرعت پروب قبل از آزمون ۱ میلی متر بر ثانیه تنظیم گردید؛ و پروب تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه‌های خیارشور (۱۰ میلی متر) به روی نمونه نیرو وارد کرد. در این آزمون، ویژگی‌های بافت نمونه‌های خیارشور از جمله سفتی، انسجام، فنریت و قابلیت جویدن مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند (۱۹).

آزمون‌های میکروبی: آزمون‌های شمارش کلی و کپک و مخمر بر روی نمونه‌های خیارشور انجام گرفت. برای استریل کردن محیط کشت، رینگرها و ابزار نمونه برداری، از اتوکلاو مدل ریچان طب با دمای ۱۲۱°C، به مدت ۱۵ دقیقه استفاده گردید. تمام وسایل مورد نظر مانند پیپت، اسپاتول و لوله آزمایش در آن هوشمند مدل پارسیان طب با دمای ۲۰۰°C و به مدت ۲ ساعت استریل شد. استریل کردن محیط کار با استفاده از اتانول ۷۰ درصد انجام شد و سپس رقیق سازی نمونه‌های خیارشور برای کپک و مخمر تا رقت ۱۰^{-۳} و برای شمارش کلی تا رقت ۱۰^{-۴} انجام شد و میکروارگانیسم‌ها به صورت سطحی و پورپلیت در زیر هود لامینار مدل (IHC-169) کشت شدند.

¹ Plate Count Agar

² Yest Glucose Chloramphenicol

شکل تصادفی) به همراه فرم نظرخواهی جهت ارزیابی خواص حسی مذکور به افراد ارزیاب آزموده داده شد و آن‌ها نظر خود را بر اساس امتیازدهی به هر یک از خواص حسی موردنظر ابراز کردند (۲۱، ۲۲).

آنالیز آماری

در این پژوهش، نمونه‌های خیارشور پاستوریزه تولید و بعد از دو هفته نگهداری، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، شاخص‌های رنگی)، بافت (آزمون نفوذ، برش عرضی و TPA)، خصوصیات حسی محصول و آزمون‌های میکروبی (شمارش کلی، کپک و مخمر) در آزمایشگاه فناوری و میکروبیولوژی مواد غذایی دانشکده صنایع غذایی در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۴ اندازه‌گیری شدند.

در این پژوهش اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر کیفیت خیارشور پاستوریزه بررسی و در هر مرحله بهترین تیمار انتخاب شد. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. مقادیر میانگین پاسخ‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند (با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱). برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel (۲۰۱۶) استفاده شد.

نتایج و بحث

مؤلفه‌های رنگی سطح بیرونی خیارشور پاستوریزه:
رنگ غذا اولین پارامتر حسی است که توسط مصرف‌کننده ارزیابی می‌گردد و در پذیرش محصول نقش اساسی دارد. در تحلیل شاخص‌های رنگی، شاخص روشنایی یا L^* دارای محدوده بین ۰ تا ۱۰۰ است و هرچه این عدد به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد میزان روشنایی نمونه‌ها بیشتر است. شاخص قرمزی یا a^* دارای محدوده بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ است و منفی شدن این شاخص نشان‌دهنده سبز بودن نمونه و مثبت

بودن آن نشان‌دهنده قرمزی نمونه است. شاخص زردی یا b^* دارای محدوده بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ است. محدوده منفی نشان‌دهنده آبی بودن و مثبت بودن آن نشان‌دهنده زرد بودن نمونه است (۱۶). در ادامه اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر روی مؤلفه‌های رنگی خیارشورها گزارش و بحث شده است.

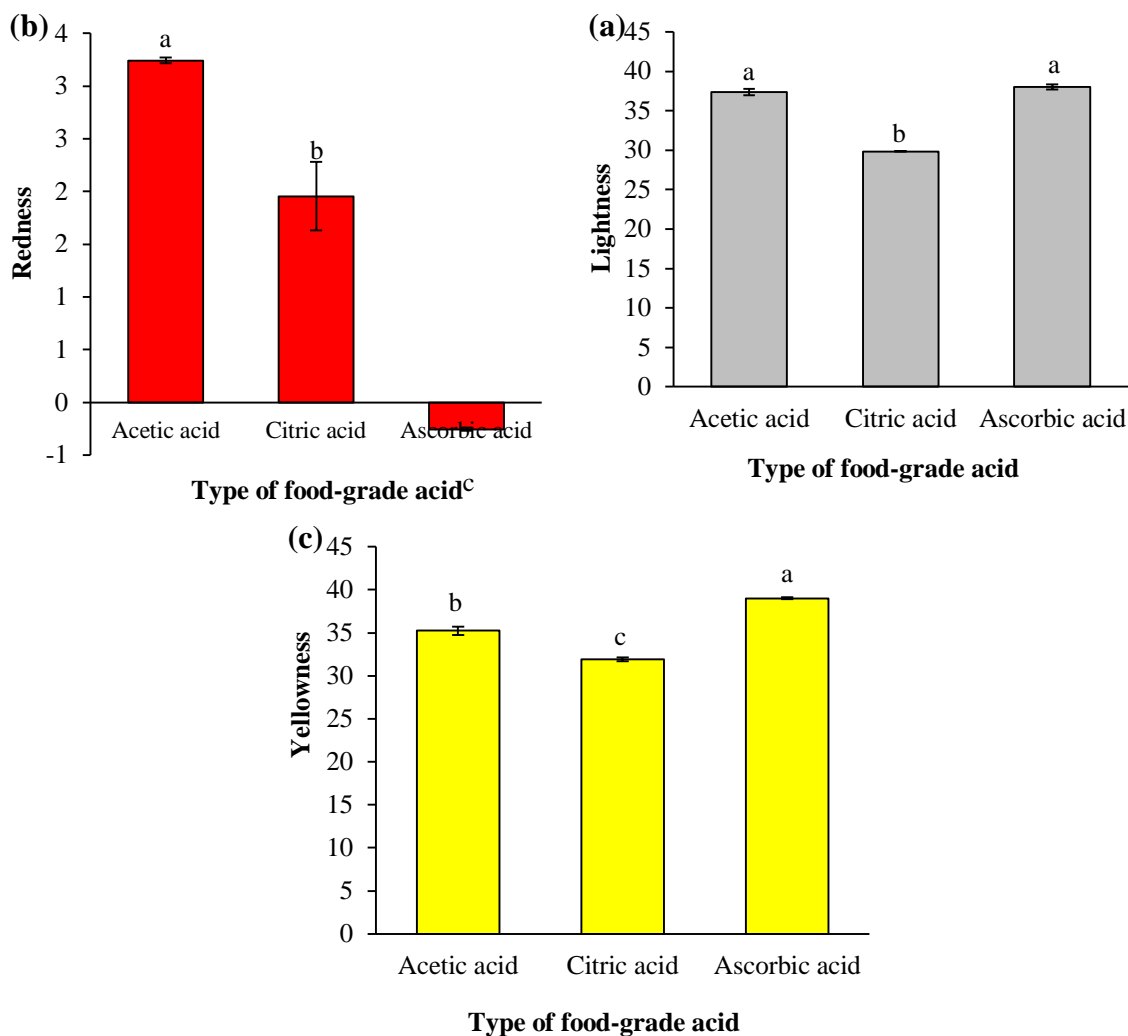
شکل ۲ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی سطح بیرونی خیارشور پاستوریزه را نشان می‌دهد. مقایسه شاخص روشنایی نشان داد که نوع اسید به‌کاررفته در فرمولاسیون اثر معنی‌داری بر روشنایی سطح بیرونی خیارشور داشت ($p < 0.05$). کمترین میزان روشنایی در نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک ثبت شد، درحالی‌که بین تیمارهای اسید آسکوربیک و اسید استیک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). هر دو تیمار در مقایسه با نمونه حاوی اسیدسیتریک اختلاف معنی‌داری داشتند ($p < 0.05$)؛ بنابراین، حضور اسیدسیتریک منجر به کاهش قابل‌توجه روشنایی سطحی خیارشور گردید.

براساس نتایج گزارش شده در این شکل اختلاف بین تیمارها از نظر شاخص قرمزی معنی‌دار بود ($p < 0.05$). بیشترین مقدار قرمزی مربوط به نمونه‌های حاوی اسید استیک بود و پس از آن تیمار اسیدسیتریک قرار گرفت، درحالی‌که نمونه‌های حاوی اسید آسکوربیک دارای مقادیر منفی قرمزی بودند که بیانگر تمایل رنگ به سمت سبز است. این یافته با گزارش سانچز و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد که بیان کرده‌اند اسید آسکوربیک با خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود از اکسیداسیون کلروفیل و قهوه‌ای شدن نمونه‌های خیارشور جلوگیری می‌کند و در نتیجه رنگ سبز محصول حفظ می‌شود (۲۳). چانگ و همکاران (۲۰۲۱) روی کلم چینی شور مطالعه‌ای انجام دادند و نشان دادند که تیمار با ۱٪ اسید

شکل، با تغییر نوع اسید خوراکی تفاوت معنی داری بین نمونه‌های حاوی اسیدهای مختلف مشاهده گردید ($p < 0.05$). بیشترین مقدار زردی مربوط به نمونه‌های حاوی اسید آسکوربیک و کمترین مقدار مربوط به نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک بود.

آسکوربیک و ۰/۵٪ اسیدسیتریک بیشترین اثر را در کاهش تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن طی دوره نگهداری داشته است (۲۴).

این شکل اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص زردی سطح بیرونی خیارشور پاستوریزه را نیز نشان می‌دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این



شکل ۲- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص‌های روشنایی (a)، قرمزی (b) و زردی (c) سطح بیرونی خیارشور پاستوریزه

Figure 2. Effect of different food-grade acids on the lightness (a), redness (b), and yellowness (c) indexes of the outer surface of pasteurized pickled cucumbers

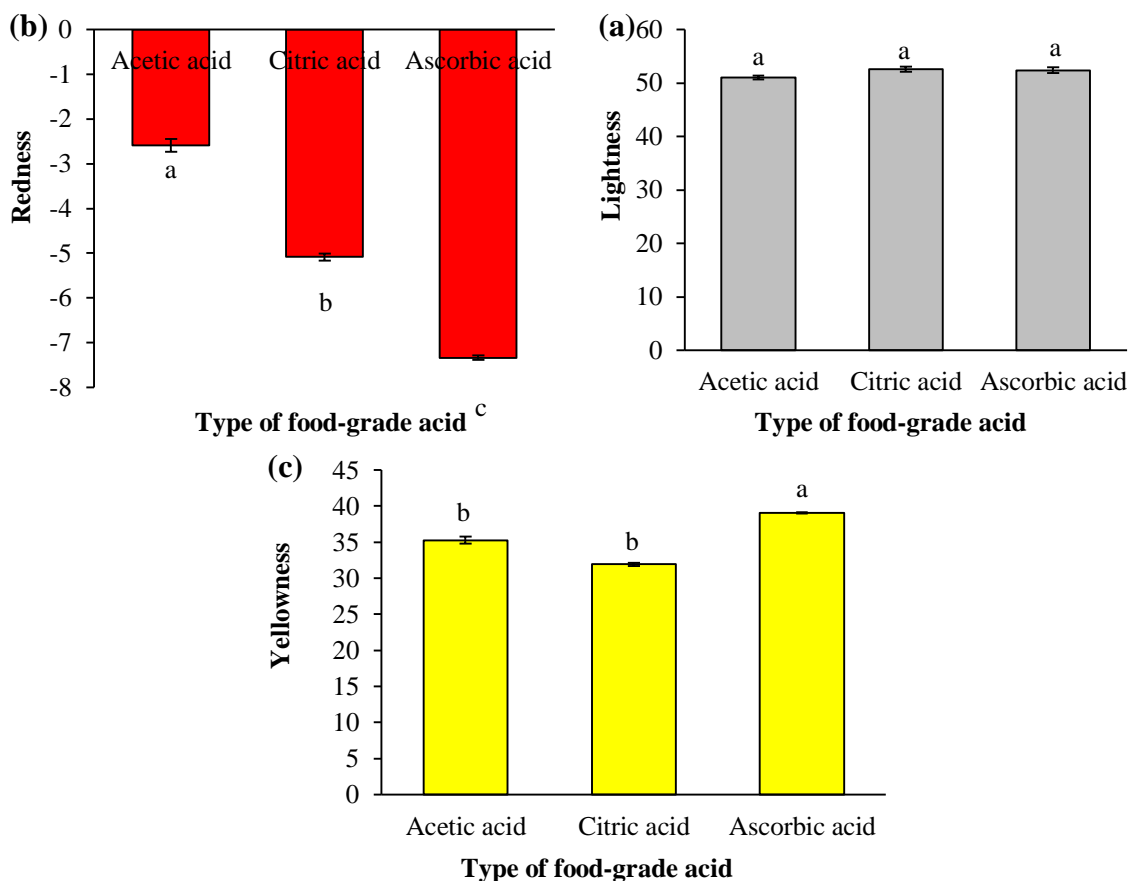
داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است (N=3).

حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی داری است ($p < 0.05$).

Data are presented as mean \pm standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

مقدار شاخص قرمزی مربوط به نمونه‌های حاوی اسید استیک بود و پس از آن تیمار اسیدسیتریک قرار گرفت، درحالی‌که نمونه‌های حاوی اسید آسکوربیک دارای مقادیر منفی شاخص قرمزی بودند که بیانگر تمایل رنگ به سمت سبز است. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، استفاده از اسید آسکوربیک در نمونه‌های خیارشور پاستوریزه باعث افزایش معنی‌دار شاخص زردی نسبت به نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک و استیک گردید ($p < 0.05$). این در حالی است که بین تیمارهای حاوی اسیدسیتریک و استیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$).

مؤلفه‌های رنگی سطح داخلی خیارشور پاستوریزه: شکل ۳ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی بخش داخلی محصول را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود، استفاده از اسیدهای مختلف خوراکی منجر به ایجاد تفاوت معنی‌داری در شاخص روشنایی خیارشور نشد ($p > 0.05$). این شکل اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص قرمزی بخش داخلی محصول را نیز نشان می‌دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، اختلاف بین تیمارها از نظر شاخص قرمزی معنی‌دار بود ($p < 0.05$). بیشترین



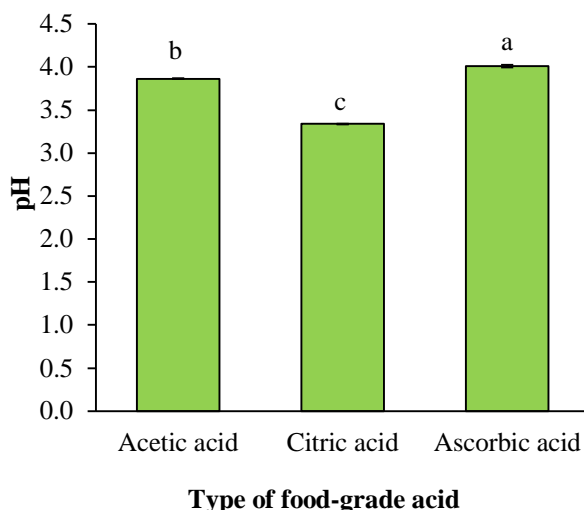
شکل ۳- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر شاخص‌های روشنایی (a)، قرمزی (b) و زردی (c) بخش داخلی خیارشور پاستوریزه
Figure 3. Effect of different food-grade acids on the lightness (a), redness (b), and yellowness (c) indexes of the inner section of pasteurized pickled cucumbers

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است (N=۳). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$).

Data are presented as mean \pm standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، بین نمونه‌های حاوی اسیدهای مختلف خوراکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$) طوری که بیشترین pH مربوط به نمونه حاوی اسید آسکوربیک و کمترین pH مربوط به نمونه‌های اسیدسیتریک است.

pH محصول: اندازه‌گیری pH، یکی از فراگیرترین روش‌های تجزیه است که برای آشکار کردن توان اسیدی یا بازی یک نمونه به کار می‌رود. طبق استاندارد ملی شماره ۱۱۶ pH در کنسرو خیارشور (۵)، نباید بیشتر از ۴/۳ باشد. شکل ۴ اثر اسیدهای مختلف خوراکی را بر درصد pH خیارشور پاستوریزه



شکل ۴- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر pH خیارشور پاستوریزه

Figure 4- Effect of different food-grade acids on the pH of pasteurized pickled cucumbers.

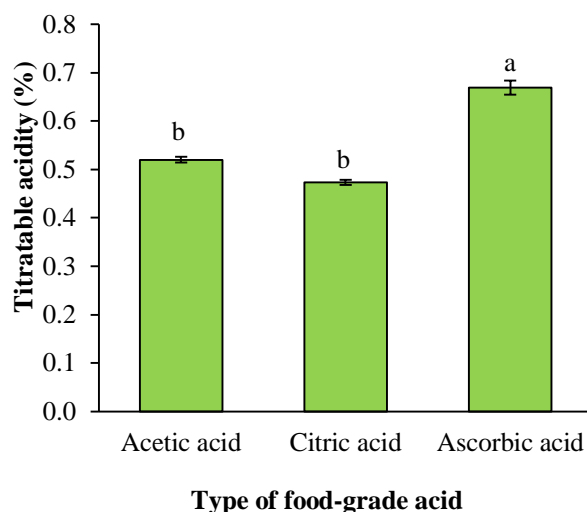
داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$). Data are presented as mean \pm standard deviation ($N = 3$). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

اسیدسیتریک بود که با نمونه‌های حاوی اسید استیک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$). **درصد نمک محصول:** مقدار نمک مواد غذایی به‌عنوان یک عامل نگه‌دارنده و همچنین مؤثر در طعم، اندازه‌گیری می‌شود. به‌طورمعمول مقدار کل یون کلرید را اندازه‌گیری و به‌عنوان مقدار سدیم کلرید محسوب می‌کنند. مقدار نمک را به‌طورمعمول در آن دسته از مواد غذایی اندازه می‌گیرند که مقدار نمک به‌عنوان یکی از مواد تشکیل‌دهنده است و یا به‌عنوان یکی از مواد افزودنی به غذا اضافه‌شده است و چشمگیر است. شکل ۶ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد نمک جذب‌شده نمونه‌های خیارشور

درصد اسیدیته محصول: اسیدیته یک جنبه مهم برای سبزی‌های شور شده است که برای جلوگیری از فساد میکروبی استفاده می‌شود و به این دلیل که به خواص حسی معمول شوریجات کمک می‌کند حائز اهمیت است (۲۱). تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل سطوح اسیدیته قابل تیتراسیون بین نمونه‌های خیارشور حاوی اسیدهای مختلف خوراکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). بیشترین اسیدیته محصول مربوط به نمونه حاوی اسید آسکوربیک بود که با سایر نمونه‌ها اختلاف معناداری داشت و کمترین اسیدیته مربوط به نمونه‌های حاوی

در نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک بود. تیمار حاوی اسیدسیتریک حدود ۱۲/۷۷٪ و تیمار حاوی اسید آسکوربیک حدود ۵/۲٪ جذب نمک را نسبت به تیمار اسید استیک کاهش داد.

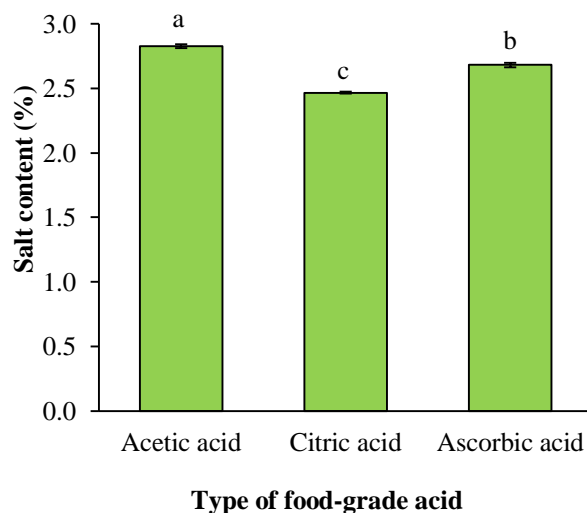
پاستوریزه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، با تغییر نوع اسید خوراکی بین نمونه‌های حاوی اسیدهای مختلف خوراکی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). به طوری که کمترین میزان نمک جذب شده



شکل ۵- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد اسیدیته خیارشور پاستوریزه

Figure 5. Effect of different food-grade acids on the titratable acidity (%) of pasteurized pickled cucumbers.

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$).
Data are presented as mean \pm standard deviation ($N = 3$). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).



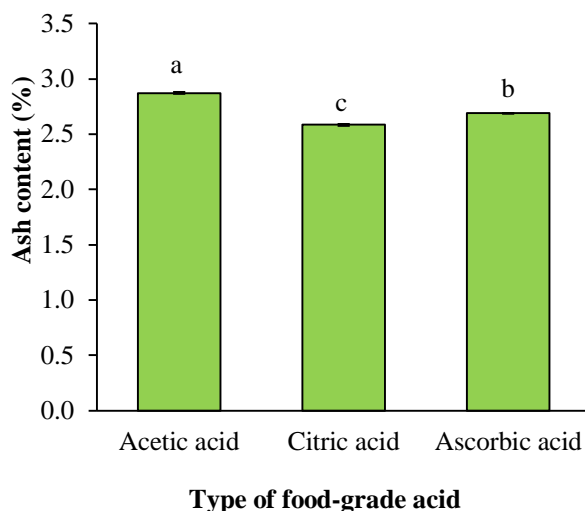
شکل ۶- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد نمک خیارشور پاستوریزه

Figure 6- Effect of different food-grade acids on the salt content (%) of pasteurized pickled cucumbers.

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$).
Data are presented as mean \pm standard deviation ($N = 3$). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

مختلف خوراکی از نظر میزان خاکستر با یکدیگر اختلاف معنی داری نشان دادند ($p < 0.05$)؛ به طوری که کمترین میزان خاکستر در نمونه های حاوی اسیدسیتریک مشاهده شد.

درصد خاکستر محصول: شکل ۷ اثر اسیدهای مختلف خوراکی را بر درصد خاکستر نمونه های خیارشور پاستوریزه را نشان می دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، نمونه های حاوی اسیدهای



شکل ۷- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد خاکستر خیارشور پاستوریزه

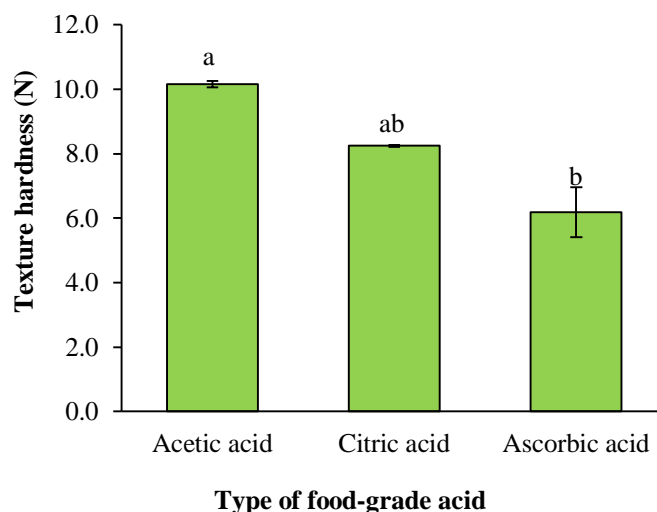
Figure 7. Effect of different food-grade acids on the ash content (%) of pasteurized pickled cucumbers. داده ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان دهنده تفاوت معنی داری است ($p < 0.05$). Data are presented as mean \pm standard deviation ($N = 3$). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

استیک و آسکوربیک نشان نداد. در حالت کلی اسید استیک سبب افزایش قابل توجه سختی محصول و اسید آسکوربیک موجب کاهش سختی شد.

نتایج آزمون برش: شکل ۹ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر حداکثر نیروی مورد نیاز برای برش عرضی از بافت خیارشور پاستوریزه را نشان می دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در آزمون برش، نوع اسید اثر معنی داری بر بافت خیارشور داشت ($p < 0.05$). حداکثر نیروی برش مربوط به تیمارهای حاوی اسید استیک و اسیدسیتریک بود که از نظر آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند ($p > 0.05$). در مقابل، هر دو تیمار مذکور به طور معنی داری مقادیر بالاتری نسبت به تیمار اسید آسکوربیک نشان دادند ($p < 0.05$).

بافت: بافت یکی از مهم ترین ویژگی های کیفی خیارشور است، تأثیر آن بر پذیرش محصول تعیین کننده است. خیارشور یا خیار ترشی باکیفیت خوب از هر نوع باید سفت و ترد باشد (۲۵).

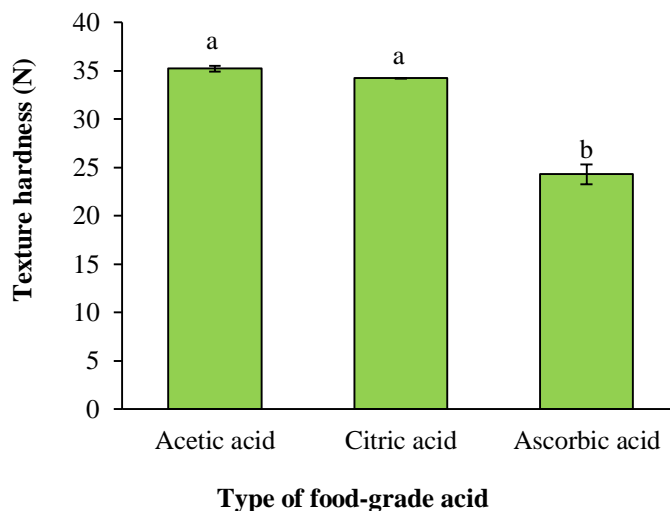
نتایج آزمون نفوذ: شکل ۸ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر میزان سختی بافت خیارشور پاستوریزه را نشان می دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، نوع اسید مورد استفاده اثر معنی داری بر بافت خیارشور داشت ($p < 0.05$). بیشترین مقدار نیروی نفوذ مربوط به نمونه های حاوی اسید استیک بود که به طور معنی داری ($p < 0.05$) بالاتر از تیمار اسید آسکوربیک قرار گرفت. کمترین مقدار نیروی نفوذ در تیمار اسید آسکوربیک مشاهده شد. تیمار اسیدسیتریک در موقعیت میانی قرار گرفت، به طوری که از نظر آماری تفاوت معنی داری با اسید



شکل ۸- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر سختی بافت خیارشور پاستوریزه (آزمون نفوذ)

Figure 8. Effect of different food-grade acids on the texture hardness of pasteurized pickled cucumbers (puncture test).

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است (N=3). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$). Data are presented as mean \pm standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).



شکل ۹- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر سختی بافت خیارشور پاستوریزه (آزمون برش)

Figure 9. Effect of different food-grade acids on the texture hardness of pasteurized pickled cucumbers (cutting test).

داده‌ها به صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است (N=3). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$). Data are presented as mean \pm standard deviation (N = 3). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

جویدن طراحی شده است. در این روش نمونه تحت دو بار فشرده‌سازی متوالی قرار می‌گیرد و از منحنی نیرو-زمان یا نیرو-تغییر شکل حاصل، شاخص‌های

نتایج آزمون TPA: آزمون پروفایل بافت^۱ (TPA) یکی از روش‌های پرکاربرد در ارزیابی ویژگی‌های بافتی مواد غذایی است که بر اساس شبیه‌سازی فرایند

مقدار یا نسبی است که در آن نمونه‌های غذا پس از فشرده شدن جزئی در بین زبان و کام به اندازه و شکل اولیه خود بازمی‌گردند (۲۸). برای محاسبه پارامتر فنری، نسبت دوره تراکم سیکل دوم به سیکل اول در نمودار آزمون TPA در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه کمترین میزان فنری مربوط به نمونه‌های حاوی اسید آسکوربیک بود. جویدن میزان کار موردنیاز برای جویدن غذا تا زمانی که بلعیده شود را توصیف می‌کند و برابر است با حاصل ضرب سفیدی، انسجام و فنری (۲۸). در این مطالعه نمونه‌های حاوی اسید استیک سخت‌ترین بافت و بیشترین مقاومت در برابر جویدن نشان داد.

ارزیابی حسی: خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش بسیاری از فراورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آن‌هاست با توجه به اهمیت این خواص بررسی و شناخت عوامل مؤثر بر آن‌ها به منظور دستیابی به خواص بهینه و جلوگیری از خواص حسی نامطلوب ضروری است. طعم یکی از مهم‌ترین جنبه‌های کیفی غذا و چاشنی‌ها است که پذیرش مصرف‌کننده را در پی خواهد داشت (۴). جدول ۲ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر خصوصیات حسی خیارشور پاستوریزه را نشان می‌دهد. نتایج پذیرش حسی نمونه‌های خیارشور نشان داد که از نظر پذیرش رنگ ظاهری، نمونه حاوی اسید استیک بیشترین امتیاز را داشت، اما اختلاف آن با سایر نمونه‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). از نظر رنگ داخلی، نمونه حاوی اسید آسکوربیک بالاترین امتیاز را کسب کرد و پذیرش رنگ بین نمونه‌های اسید استیک و اسید آسکوربیک تفاوت معنی‌دار نداشت ($p > 0.05$)؛ اما هر دو نسبت به نمونه حاوی اسیدسیتریک اختلاف معنی‌دار داشتند ($p < 0.05$). از نظر پذیرش بو، نمونه حاوی اسید استیک بیشترین امتیاز را داشت و این اختلاف نسبت به نمونه‌های اسیدسیتریک و

مختلف بافتی مانند سفیدی^۱، انسجام^۲، فنری^۳، جویدنی بودن^۴ استخراج می‌شوند (۲۶).

سفیدی بافت به عنوان حداکثر نیروی موردنیاز برای فشرده‌سازی نمونه در نمودار نیرو در مقابل زمان (سیکل اول) در طول آزمایش TPA در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، بین نمونه‌های خیارشور حاوی اسیدهای خوراکی مختلف از نظر سفیدی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). به طوری که بیشترین سفیدی مربوط به نمونه‌های حاوی اسید استیک و کمترین سفیدی مربوط به نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک بود. گروهی از پژوهشگران اثر اسیدهای آلی (استیک، لاکتیک، سیتریک، مالیک و اگزالیک) بر سفیدی خیارشور تازه بسته‌بندی شده مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد اسید استیک در مقایسه با سایر اسیدها به میزان قابل توجهی بهتر توانست سفیدی بافت خیار را حفظ کند ولی اسیدهای دیگر پس از گذشت زمان باعث نرمی بافت شدند (۲۷). علت این پدیده را می‌توان این‌گونه بیان کرد که اسیدهایی مانند اسیدسیتریک با ثابت پایداری بالا، کلسیم را از ساختار پکتینی سلول جدا می‌کنند و این جداسازی باعث تضعیف دیواره سلولی و در نتیجه نرم شدن بافت می‌شوند. در مقابل اسید استیک با ثابت پایداری پایین، کمترین تداخل را با یکپارچگی دیواره سلولی دارد و سفیدی را بهتر حفظ می‌کند. پارامتر انسجام یا پیوستگی معیاری از انسجام پیوندهای داخلی محصول است. برای تخمین آن نسبت ناحیه سیکل دوم به سیکل اول در نمودار آزمون TPA محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بین نمونه‌های خیارشور از نظر انسجام بافت اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). فنری بودن

1. Firmness
2. Cohesiveness
3. Springiness
4. Chewiness

معنی دار داشت ($p < 0.05$). در مجموع، پذیرش کلی حسی به ترتیب بیشترین برای اسید استیک، سپس اسیدسیتریک و در نهایت اسید آسکوربیک بود و اختلاف بین آن‌ها از نظر آماری معنی دار بود ($p < 0.05$).

آسکوربیک معنی دار بود ($p < 0.05$). از نظر پذیرش طعم، اسید استیک بیشترین پذیرش را داشت، پس از آن اسیدسیتریک و نهایتاً اسید آسکوربیک، و اختلاف بین هر سه نمونه معنی دار بود ($p < 0.05$). برای میزان تردی و پذیرش بافت نیز، نمونه اسید استیک بیشترین امتیاز را کسب کرد و نسبت به دو نمونه دیگر اختلاف

جدول ۱- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر خواص بافتی خیارشور پاستوریزه

Table 1. Effect of different food-grade acids on the textural properties of pasteurized pickled cucumbers

| Type of acid | Firmness (N) | Cohesiveness | Springiness | Chewiness (N) |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Acetic acid | 38.17±0.637 ^a | 0.16±0.005 ^b | 0.35±0.020 ^a | 1.73±0.102 ^a |
| Citric acid | 25.76±0.927 ^b | 0.17±0.008 ^{ab} | 0.34±0.004 ^a | 1.46±0.049 ^b |
| Ascorbic acid | 32.31±0.298 ^c | 0.18±0.005 ^a | 0.30±0.005 ^b | 1.58±0.049 ^{ab} |

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است (N=3). حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی داری است ($p < 0.05$).

Data are presented as mean ± standard deviation (N = 3). Different letters within each column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

جدول ۲- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر خصوصیات حسی خیارشور پاستوریزه

Table 2- Effect of different food-grade acids on the sensory properties of pasteurized pickled cucumbers.

| Type of acid | Appearance color | Interior color | Appearance acceptance | Odor acceptance | Flavor acceptance | Crispiness | Texture acceptance | Overall acceptance |
|---------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| نوع اسید | رنگ ظاهری | رنگ داخلی | پذیرش ظاهری | پذیرش بو | پذیرش طعم | تردی | پذیرش بافت | پذیرش کلی |
| Acetic acid | 7.44±1.32 ^a | 7.00±0.87 ^{ab} | 7.44±1.00 ^a | 7.81±0.81 ^a | 7.81±0.63 ^a | 7.63±0.70 ^a | 7.63±0.86 ^a | 7.69±0.92 ^a |
| Citric acid | 6.88±1.11 ^a | 6.81±0.88 ^b | 6.63±0.93 ^b | 6.13±0.93 ^b | 5.88±0.93 ^b | 6.63±0.86 ^b | 6.88±1.05 ^b | 6.38±1.11 ^b |
| Ascorbic acid | 7.31±1.16 ^a | 7.50±0.79 ^a | 7.50±1.27 ^a | 5.94±1.56 ^b | 4.69±0.77 ^c | 6.56±0.79 ^b | 6.50±0.87 ^b | 5.06±1.14 ^c |

داده‌ها به صورت میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است (N=18). حروف متفاوت درون هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی داری است ($p < 0.05$).

Data are presented as mean ± standard deviation (N = 18). Different letters within each column indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

و میکروبی محصول بررسی و مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از اسیدهای خوراکی اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های خیارشور پاستوریزه داشت. اسید آسکوربیک با افزایش روشنایی و حفظ رنگ سبز، پذیرش ظاهری مطلوبی ایجاد نمود. اسید استیک علاوه بر افزایش استحکام بافت، از نظر عطر و طعم بالاترین امتیاز حسی را کسب کرد. در مقابل، اسیدسیتریک با کاهش pH و کاهش جذب نمک و خاکستر، از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی

آزمون میکروبی: نمونه‌های خیارشور پاستوریزه از نظر میکروبی بررسی شدند و هیچ‌گونه رشد میکروبی مشاهده نگردید؛ بنابراین تمامی نمونه‌ها از نظر میکروبی در حد مطلوب و ایمن ارزیابی شدند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش استفاده از اسیدهای خوراکی مختلف (اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و استیک) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی، خصوصیات حسی

تشکر و قدردانی

هزینه‌های انجام این پژوهش از محل پژوهانه به شماره ۴۰۳۴۶، تأمین شده از سوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا، پرداخت شده است. لذا نویسندگان از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه بوعلی سینا به خاطر حمایت مالی و معنوی از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مزیت داشت؛ اما در ویژگی‌های بافتی و حسی عملکرد ضعیف‌تری نشان داد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب نوع اسید باید متناسب با اهداف تولید باشد؛ به‌گونه‌ای که اسید آسکوربیک در حفظ رنگ و بهبود ظاهر، اسید استیک در استحکام بافت و ارتقای عطر و طعم، و اسیدسیتریک در کاهش جذب نمک و خاکستر نقش مؤثرتری ایجاد می‌کند.

منابع

1. Chakraborty, S., Rayalu, S. 2021 Health beneficial effects of cucumber, in: H. Wang (Ed.) Cucumber Economic Values and its cultivation and breeding, IntechOpen, pp. 99-107.
2. FAO, FAOSTAT: Crops and livestock products – Cucumber production statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations, in, 2023.
3. Iran, M.o.A.-J.o., Report on agricultural production statistics of Iran (2022), in, Tehran: Ministry of Agriculture-Jahad, 2022.
4. Nasri, F., Barzegar, H., Alizadeh, B., Jooyandeh, H. 2021. Effects of *Echinophora platyloba* on microbiological, physicochemical and sensory characteristics of pickled cucumbers during storage, Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 15: 61.
5. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Canned pickled cucumbers- Specifications and test methods, in, Iran National Standards Organization, 2025, pp. 1-37.
6. Lee, S.-Y. 2004. Microbial safety of pickled fruits and vegetables and hurdle technology, Internet Journal of food safety. 4: 21-32.
7. Lau, M.H., Tang, J. 2002. Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves, Journal of Food Engineering. 51: 283-290.
8. Mishra, D.K., Sinha, N.K. 2018 Principles of Vegetable Canning, in: Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, pp. 365-380.
9. Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009 Food Additives, in: Food Chemistry, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 429-466.
10. Msagati, T.A.M. 2012 Food Acids and Acidity Regulators, in: Chemistry of Food Additives and Preservatives, pp. 125-130.
11. Yildiz, F. 2010 Food acids: Organic acids, volatile organic acids, and phenolic acids, in: F. Yildiz (Ed.) Advances in Food Biochemistry, CRC Press, Boca Raton, pp. 28.
12. Salehi, F., Samary, K., Tashakori, M. 2024. Influence of organic acids on the viscosity and rheological behavior of guar gum solution, Results in Engineering. 22: 102307.
13. Nour, V., Trandafir, I., Ionica, M.E. 2010. HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38: 44-48.
14. Jooyandeh, H., Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. 2023. Evaluating the quality of mutton meat coated with *Cordia myxa* fruit mucilage containing *Rosmarinus officinalis* essential oil during cold storage, Journal of Food Measurement and Characterization. 17: 2062-2074.
15. Zarali, M., Hojjati, M., Tahmouzi Didehban, S., Jooyandeh, H. 2016. Evaluation of chemical composition and antibacterial activities of *Echinophora cinerea* Boiss and *Stachys lavandulifolia* Vahl essential oils in vitro, Journal of Food Science and Technology (Iran). 13: 1-12.
16. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Influence of magnetic field treatment of oat seeds during sprouting on the physicochemical, textural, and sensory

- properties of pancakes made with sprouted oats flour, *Journal of Food Measurement and Characterization*. 19: 7980–7993.
17. Amin Ekhlas, S., Pajohi-Alamoti, M.R., Salehi, F. 2023. Evaluation of microbial contamination and chemical properties of traditional liquid Kashks supplied in Hamedan city, *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 20: 80-89.
 18. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Effect of magnetized water and magnetic field treatments on the physicochemical properties, total phenolic and antioxidant capacity of sprouted oats flour, *Innovative Food Technologies*. 12: 273-285.
 19. Amin Ekhlas, S., Pajohi-Alamoti, M., Salehi, F. 2023. Improvement of physicochemical, textural and quality attributes of chicken kebabs using infrared-dried sprouted wheat flour, *Nutrition And Food Sciences Research*. 10: 21-29.
 20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, *Microbiology of Canned foods- Commercial sterility- Specifications and test methods*, in, Iran National Standards Organization, 2016.
 21. Dupas de Matos, A., Marangon, M., Magli, M., Cianciabella, M., Predieri, S., Curioni, A., Vincenzi, S. 2019. Sensory characterization of cucumbers pickled with verjuice as novel acidifying agent, *Food Chemistry*. 286: 78-86.
 22. Yoo, K.M., Hwang, I.K., Eog Jr, G., Moon, B. 2006. Effects of salts and preheating temperature of brine on the texture of pickled cucumbers, *Journal of Food Science*. 71: C97-C101.
 23. Sánchez, A.H., Casado, F.J., Beato, V.M., de Castro, A., Montañó, A. 2013. Chemical and colour changes related to the use of sorbates and ascorbic acid in pickled cucumbers and caperberries during long-term storage, *International Journal of Food Science & Technology*. 48: 179-186.
 24. Chung, Y.B., Song, H., Jo, K., Suh, H.J. 2021. Effect of ascorbic acid and citric acid on the quality of salted Chinese cabbage during storage, *Food Science and Biotechnology*. 30: 227-234.
 25. Rodrigo, M., Alvarruiz, A. 1988. The influence of fermentation and pasteurization on the texture of cucumber pickles, *Journal of Food Engineering*. 7: 113-125.
 26. Chen, L., Opara, U.L. 2013. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods – A review, *Journal of Food Engineering*. 119: 497-507.
 27. Bell, T.A., Turney, L.J., Etchells, J.L. 1972. Influence of different organic acids on the firmness of fresh-pack pickles, *Journal of Food Science*. 37: 446-449.
 28. Meullenet, J.-F., Lyon, B.G., Carpenter, J.A., Lyon, C.E. 1998. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes, *Journal of Sensory Studies*. 13: 77-93.