

آماده انتشار

استفاده از اسیدهای آلی مختلف برای بهبود کیفیت خیار شور 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.

پست الکترونیک: maryamtashakori05@gmail.com

^۲ دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

پست الکترونیک: F.Salehi@Basu.ac.ir

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

پست الکترونیک: a.gohari@basu.ac.ir

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 Associate 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

چکیده

سابقه و هدف: خیارشور به عنوان 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 می باشند. با این حال، فرآیند پاستوریزاسیون که به منظور افزایش ماندگاری به کار می رود، تا حدودی منجر به بروز مشکلاتی نظیر تغییرات نامطلوب رنگ و افت بافت می شود. این تغییرات نامطلوب

کیفیت نهایی محصول را کاهش داده و پذیرش مصرف‌کننده 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.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، به‌منظور 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 آب‌نمک 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؛ به‌طوری‌که 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 ($p < 0/05$). به‌کارگیری اسید آسکوربیک موجب افزایش 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 قابل‌توجهی 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.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، اسید آسکوربیک، اسید استیک، اسیدسیتریک، بافت

۱- 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 به‌صورت خام یا فراوری شده مصرف کرد. خیارشور از شورijجات 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 شوريجات دیگر که عمدتاً از سبزی‌ها در تهیه آن‌ها استفاده می‌شود، مستعد حمله میکروارگانیسم‌ها به‌خصوص 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 بسته‌بندی‌شده" شده است. محصولی که با افزودن سرکه، نمک و ادویه به خیارهای تازه تهیه و سپس از طریق پاستوریزاسیون پایدار می‌شوند. پایدار 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 میکروارگانیسم‌های پاتوژن و کاهش قابل توجه میکروارگانیسم‌های 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 به‌سرعت 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 به‌شدت 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 کم اسید) 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 شوريجات دیگر که عمدتاً از سبزی‌های در تهیه آن‌ها استفاده می‌شود، مستعد حمله میکروارگانیسم‌ها 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 آمیوه (۸-۱۰). اصطلاح اسید آلی به ترکیبات آلی با خواص اسیدی اشاره دارد. اسیدهای 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 لیمو شیرین، 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 موارد اغلب توصیه می‌شود که اسید آلی اضافه‌شده به غذاها با اسیدهای آلی طبیعی اصلی موجود در مواد اولیه 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.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه مواد اولیه و خیارشور

جهت تهیه نمونه‌های خیارشور پاستوریزه، خیارهای بوته‌ای تازه (بذر خیار 2n رویال شرکت سمینیس^۱ آمریکا) از کشاورزان شهرستان بهار خریداری شد. برای تولید خیارشور ابتدا خیارهای خریداری شده، با توجه به شکل و اندازه‌ی خیارها، بافت، عیوب ظاهری، مزه و عطر، رسیده و تازه بودن و همچنین رنگ آن‌ها درجه‌بندی شدند. سپس با غوطه‌ور کردن خیارها در آب از هر نوع آلودگی و کثیفی پاک و شست‌وشو گردید.

سبزی‌های معطر مانند سیر، ترخون، شوید و فلفل به‌صورت تازه از کشاورزان شهرستان بهار خریداری شد؛ و پس از شستشوی کامل، با وزن‌های یکسان استفاده گردید.

نمک خوراکی تصفیه‌شده 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 تهیه‌شده در آب حل گردیده و محلول ۵ درصد به‌صورت درصد وزنی-وزنی (w/w) آماده‌شده و در مرحله پر کردن به شیشه‌های حاوی خیار و سبزی‌ها اضافه شد.

در این پژوهش، از اسیدهای سیتریک، آسکوربیک و 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) به‌صورت 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.

برای تهیه خیارشور، خیارها با شکل و اندازه‌های یکسان داخل ظروف شیشه‌ای چیده شدند. سپس سبزی‌های معطر با وزن‌های یکسان به خیارها اضافه شدند. آب‌نمک داغ شده تا دمای ۹۰ درجه سلسیوس سرد شده و سپس با افزودن محلول

1 - Seminis

تهیه شده اسیدهای مختلف (اسید آسکوربیک، اسیدسیتریک و اسید استیک) به آب نمک و با رعایت سرفضا، عملیات پر کردن صورت گرفت. پر شدن شیشه ها 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 شیشه های محتوی نمونه درون دیگ آب نزدیک به جوش قرار داده شد و عملیات فرایند حرارتی (دمای ۷۴ درجه به مدت ۱۵ دقیقه) انجام شد. پس از خاتمه فرایند حرارتی، با استفاده از آب خنک، ظروف محتوی نمونه ها در چند مرحله سرد شدند پس از طی شدن فرایند، نمونه ها به مدت ۱۴ روز در دمای محیط نگهداری شدند.

۲-۲- آزمون رنگ

جهت بررسی شاخص های رنگی خیارشورها، از روش پردازش تصویر استفاده شد. از سطح و داخل نمونه ها عکس تهیه و سپس توسط نرم افزار ایمج جی آنالیز شد. تصاویر با فرمت jpg و در فضای رنگی RGB ذخیره شدند. با استفاده از نرم افزار ایمج جی (V.1.42e، آمریکا) و پلاگین مربوطه، فضای رنگی عکس ها از RGB انجام گرفت که در آن (L.value) * L، (a.value) * a و (b.value) * b به ترتیب نشان دهنده روشنایی، آبی/زرد و سبز/قرمز هست (۱۶).

۲-۳- آزمون pH

اندازه گیری pH نمونه ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Switzerland, Metrohm, 827 pH) 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 یکبار pH خیارشور و یکبار 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).

۲-۴- ارزیابی اسیدیته

برای اندازه گیری اسیدیته در هر مرحله، یکبار اسیدیته خیارشور و یکبار اسیدیته محلول اندازه گیری شد. اسیدیته خیارشور از طریق تعیین مقدار اسید استیک، اسیدسیتریک و اسید آسکوربیک قابل سنجش به وسیله تیتراژ 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 تیتراژ شد و درصد اسیدیته بر اساس معادله ۱ محاسبه گردید (۵).

$$\text{معادله (۱)} = \frac{A \times B}{W} \times 100 = \text{اسیدیته برحسب گرم درصد}$$

در این معادله:

A = حجم سود مصرفی

W = مقدار نمونه اولیه برداشت شده برحسب میلی لیتر

B = یک میلی لیتر سود یک دهم نرمال معادل ۰/۱۷۶ گرم اسید آسکوربیک، ۰/۰۶۰ گرم استیک اسید و ۰/۰۰۶۴ گرم سیترونیک

اسید می باشد.

۲-۵- اندازه گیری نمک

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

۲-۶- اندازه‌گیری خاکستر

برای اندازه‌گیری خاکستر نمونه‌ها ابتدا بوته‌های چینی را به مدت نیم ساعت در یک کوره الکتریکی آزمایشگاهی (پارس آزما، ایران) با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نمونه‌های خیارشور که از قبل با دستگاه آون (پارس آزما، ایران) خشک گردیده بود به‌دقت داخل بوته‌ها وزن و سپس روی شعله سوزانده شد. پس از تمام شدن دود، بوته‌ها درون کوره الکتریکی (دمای ۶۰۰ درجه) به مدت ۶ ساعت قرار داده شد. سپس داخل دسیکاتور قرار گرفت (۱۸).

۲-۷- آزمون بافت

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول می‌باشد و به‌طورکلی نقش مهمی در پذیرش مصرف‌کنندگان 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 سنج (Santam, STM-5, Iran) و نرم‌افزار مربوطه اندازه‌گیری شد.
آزمون نفوذ: جهت **بررسی** سفتی نمونه‌های خیارشور، آزمون نفوذ با استفاده از پروب استوانه‌ای به قطر ۲/۵ میلی‌متر، با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و نفوذ کامل انجام شد.
آزمون برش: برای اندازه‌گیری برش عرضی از پروب عرضی با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه استفاده گردید و برش کامل خیارشور انجام شد.
آزمون TPA: به‌منظور 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 میلی‌متر انجام گرفت. سرعت پروب قبل از آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه تنظیم گردید؛ و پروب تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه‌های خیارشور (۱۰ میلی‌متر) به روی نمونه نیرو وارد کرد. در این آزمون، ویژگی‌های بافت نمونه‌های خیارشور ازجمله سفتی، انسجام، فنریت و قابلیت جویدن موردبررسی و ارزیابی قرار گرفتند (۱۹).

۲-۸- آزمون‌های میکروبی

آزمون‌های شمارش کلی و کپک و مخمر بر روی نمونه‌های خیارشور انجام گرفت. برای استریل کردن محیط کشت، رینگرها و ابزار نمونه‌برداری، از اتوکلاو مدل ریحان طب با دمای ۱۲۱°C، به مدت ۱۵ دقیقه استفاده گردید. تمام وسایل موردنظر مانند پیپت، اسپاتول و لوله آزمایش در آون 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 رقیق‌سازی نمونه‌های خیارشور برای کپک و مخمر تا رقت ۱۰^{-۳} و برای شمارش کلی تا رقت ۱۰^{-۴} انجام شد و میکروارگانیزم‌ها به‌صورت سطحی و پورپلیت در زیر هود لامینار مدل (IHC-169) کشت شدند.

۱۹۸ برای شمارش کلی میکروارگانیسم از محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA)^۱ (مرک، آلمان) استفاده شد. این محیط کشت طبق
 ۱۹۹ دستورالعمل آماده گردید. توسط پیپت استریل ۱ میلی لیتر از نمونه‌ی مورد آزمون به پلیت استریل انتقال یافت و ۱۵ میلی لیتر از
 ۲۰۰ محیط کشت استریل ذوب شده با دمای حدود ۲۵°C به پلیت اضافه شده و سپس محتویات پلیت به آرامی با حرکات دورانی
 ۲۰۱ باهم مخلوط شد و پس از جامد شدن محیط کشت، پلیت‌ها روی سطح صاف و خنک قرار داده شدند. سپس به مدت ۴۸
 ۲۰۲ ساعت در اینکوباتور با دمای ۳۷°C قرار گرفتند.
 ۲۰۳ برای شمارش کپک و مخمر از محیط کشت (YGC)^۲ (لیوفیلکم، ایتالیا) و روش شمارش سطحی استفاده شد. این محیط
 ۲۰۴ کشت طبق دستورالعمل آماده گردید. از محیط کشت استریل ذوب شده با دمای حدود ۲۱°C به پلیت اضافه شده و سپس
 ۲۰۵ توسط پیپت استریل یک‌دهم میلی لیتر از نمونه‌های رقیق شده مورد آزمون به پلیت استریل حاوی محیط کشت انتقال یافت و با
 ۲۰۶ میله شیشه‌ای L شکل نمونه روی محیط کشت کاملاً پخش گردید و پس از پایان کشت، پلیت‌ها به صورت معکوس به مدت
 ۲۰۷ ۱۰ روز در اینکوباتور با دمای ۲۵°C قرار گرفتند (۲۰).
 ۲۰۸
 ۲۰۹

۲-۹- ارزیابی حسی

۲۱۰ نمونه‌های خیارشور پس از گذشت ۱۴ روز از زمان تولید مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. مهم‌ترین خصوصیات ارگانولپتیکی
 ۲۱۱ نمونه‌های خیارشور شامل: رنگ و ظاهر، طعم، بو، بافت، میزان تردی و پذیرش کلی توسط ۱۸ نفر ارزیاب (محدوده سنی ۲۰
 ۲۱۲ تا ۴۰ سال) مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌ها از طریق یک آزمون هدونیک ۹ نقطه‌ای (۱ بدترین و ۹ بهترین) با
 ۲۱۳ یکدیگر مقایسه شدند. به این ترتیب که نمونه‌ها با کدی یک‌رقمی (به شکل تصادفی) به همراه فرم نظرخواهی جهت ارزیابی
 ۲۱۴ خواص حسی مذکور به افراد ارزیاب آزموده داده شد و آن‌ها نظر خود را بر اساس امتیازدهی به هر یک از خواص حسی
 ۲۱۵ مورد نظر ابراز کردند (۲۱، ۲۲).
 ۲۱۶
 ۲۱۷

۲-۱۰- آنالیز آماری

۲۱۸ در این پژوهش، نمونه‌های خیارشور پاستوریزه تولید و بعد از دو هفته نگهداری، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته،
 ۲۱۹ شاخص‌های رنگی)، بافت (آزمون نفوذ، برش عرضی و TPA)، خصوصیات حسی محصول و آزمون‌های میکروبی (شمارش
 ۲۲۰ کلی، کپک و مخمر) در آزمایشگاه فناوری و میکروبیولوژی مواد غذایی دانشکده صنایع غذایی در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۴
 ۲۲۱ اندازه‌گیری شدند.
 ۲۲۲ در این پژوهش اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر کیفیت خیارشور پاستوریزه بررسی و در هر مرحله بهترین تیمار انتخاب شد.
 ۲۲۳ این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. مقادیر میانگین پاسخ‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن
 ۲۲۴ در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شدند (با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱). برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel
 ۲۲۵ (۲۰۱۶) استفاده شد.
 ۲۲۶
 ۲۲۷

نتایج و بحث

۳-۱- مؤلفه‌های رنگی سطح بیرونی خیارشور پاستوریزه

۲۲۹ رنگ غذا اولین پارامتر حسی است که توسط مصرف‌کننده ارزیابی می‌گردد و در پذیرش محصول نقش اساسی دارد. در تحلیل
 ۲۳۰ شاخص‌های رنگی، شاخص روشنایی یا L^* دارای محدوده بین ۰ تا ۱۰۰ است و هرچه این عدد به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد میزان

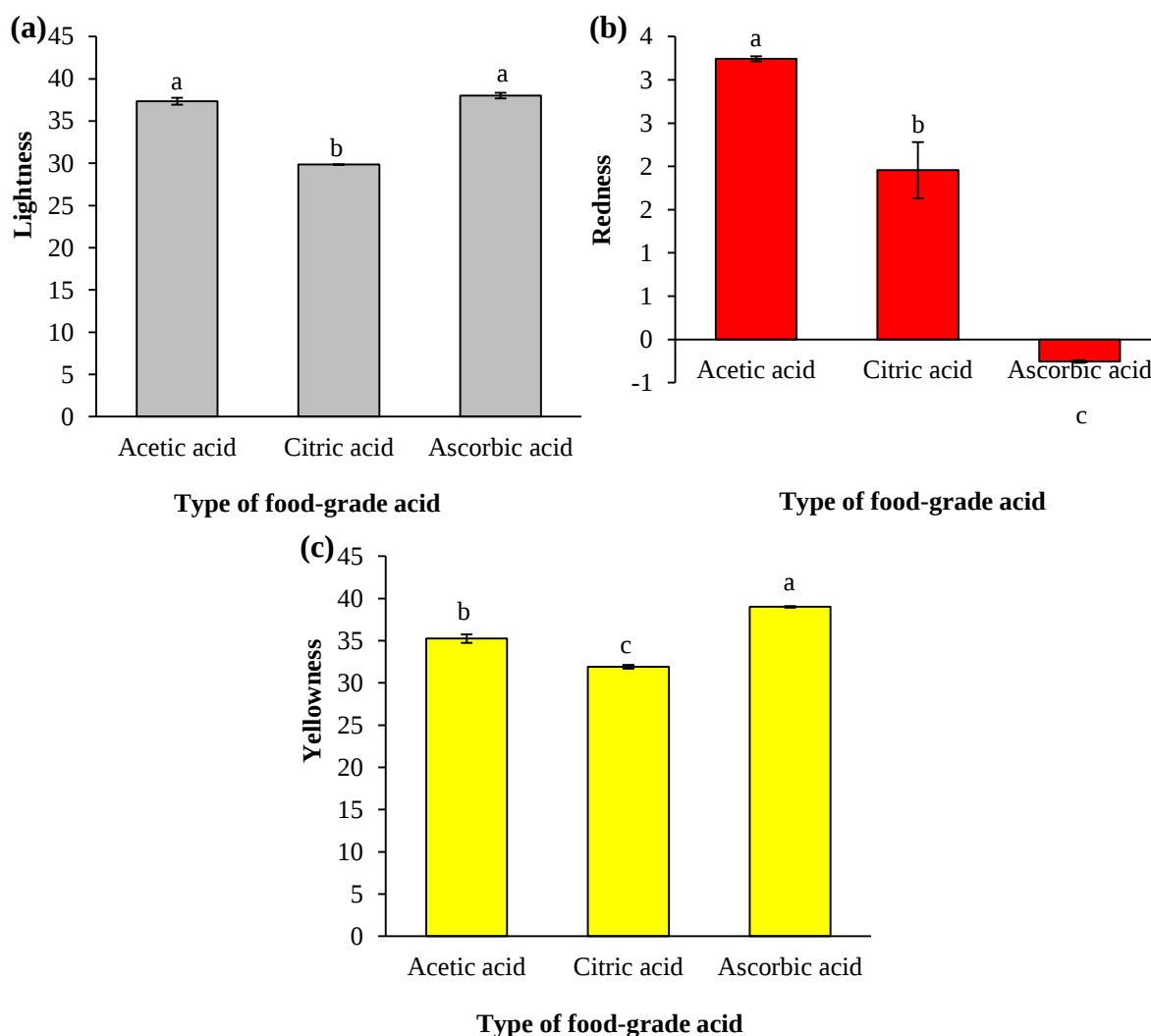
1-Plate Count Agar
 1-Yest Glucose Chloramphenicol

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.

بر اساس نتایج گزارش‌شده 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 ۰/۱٪ اسید 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 گزارش‌شده در این شکل، با تغییر نوع اسید خوراکی تفاوت معنی‌داری 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.



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

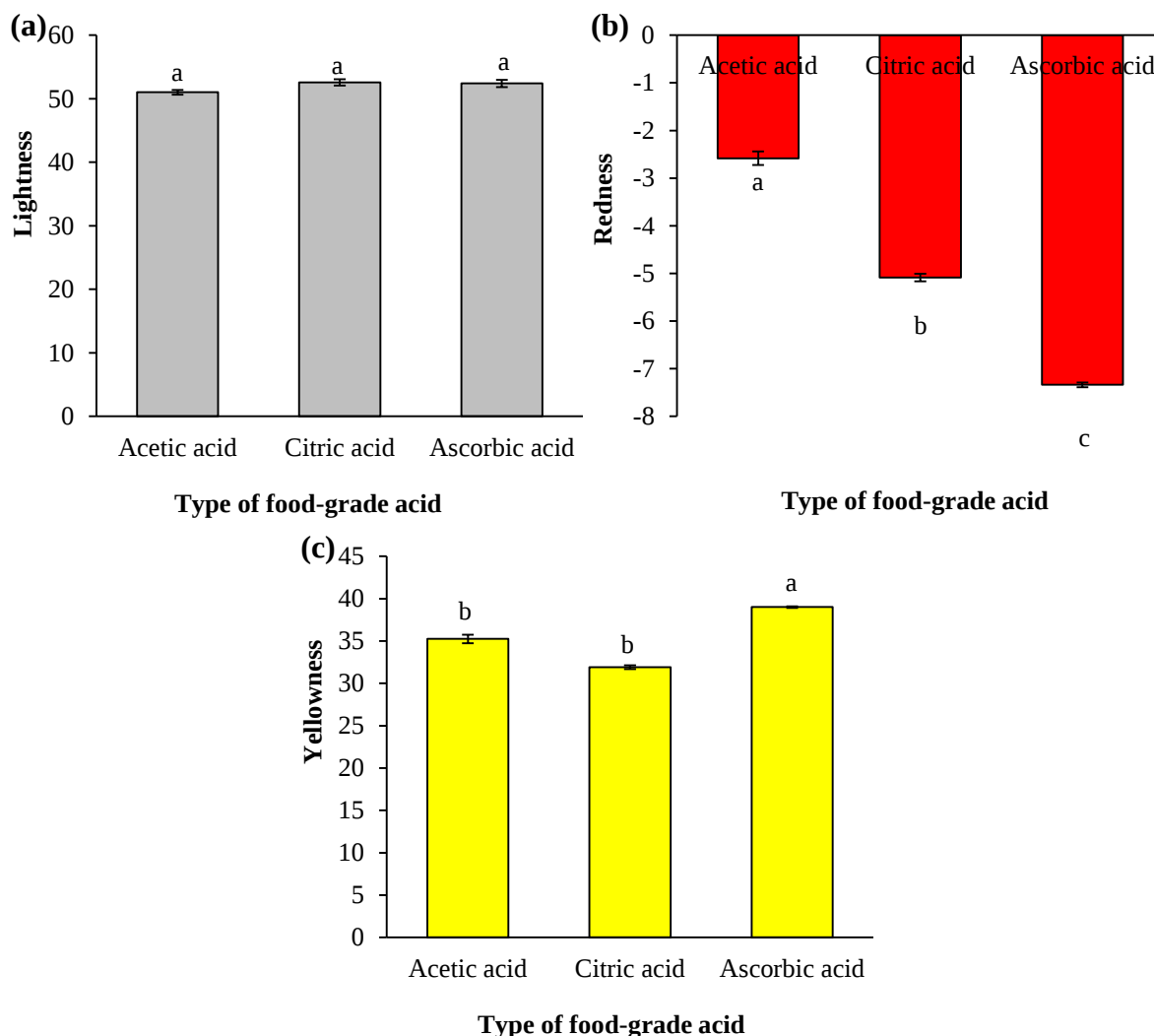
داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شده است (N=3). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$).

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

۲-۳- 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 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 ($p > 0.05$).



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

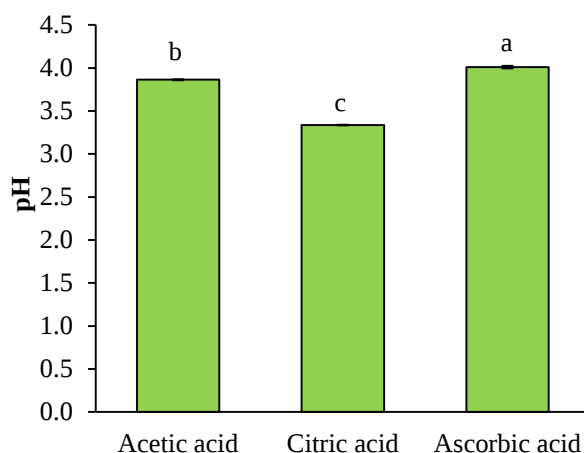
داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p < 0.05$).

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

۳-۳- 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 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.



Type of food-grade acid

شکل ۴- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر pH خیارشور پاستوریزه

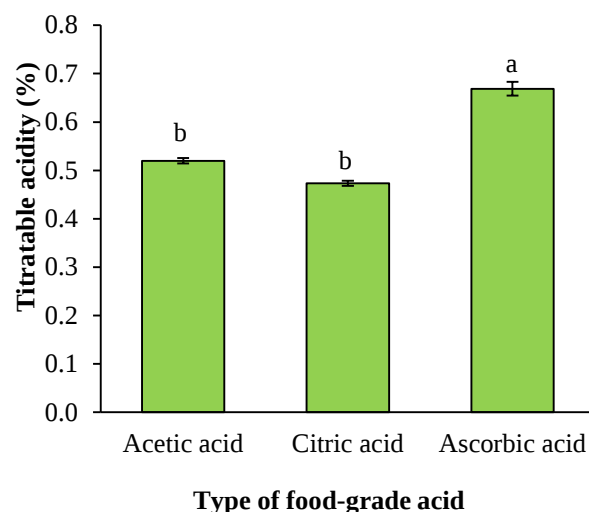
Figure 4- Effect of different food-grade acids on the pH of pasteurized pickled cucumbers.

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 ($p < 0.05$).

۴-۳- 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 شوريجات 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 اسیدسیتریک بود که با نمونه‌های حاوی اسید استیک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند ($p > 0.05$).



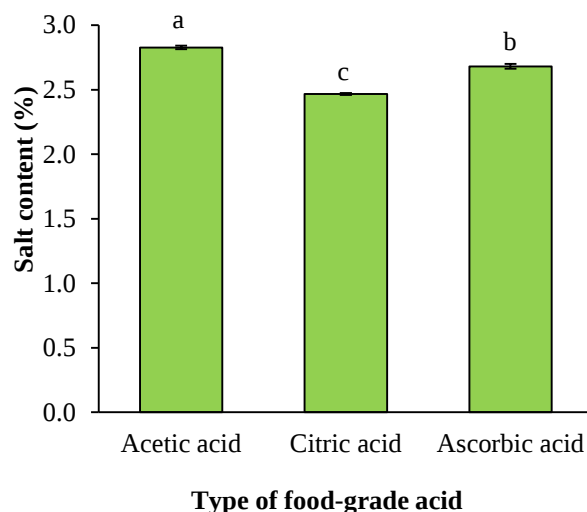
شکل ۵- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد اسیدیته خیارشور پاستوریزه
Figure 5- Effect of different food-grade acids on the titratable acidity (%) of pasteurized pickled cucumbers.

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 ($p < 0.05$).

۳-۵- درصد نمک محصول

مقدار نمک مواد غذایی به عنوان یک عامل نگه‌دارنده و همچنین مؤثر در طعم، اندازه‌گیری می‌شود. به طور معمول مقدار کل یون کلرید را اندازه‌گیری و به عنوان مقدار سدیم کلرید محسوب می‌کنند. مقدار نمک را به طور معمول در آن دسته از مواد غذایی اندازه می‌گیرند که مقدار نمک به عنوان یکی از مواد تشکیل‌دهنده است و یا به عنوان یکی از مواد افزودنی به غذا اضافه شده است و چشمگیر است. شکل ۶ اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد نمک جذب‌شده نمونه‌های خیارشور 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 جذب‌شده 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.



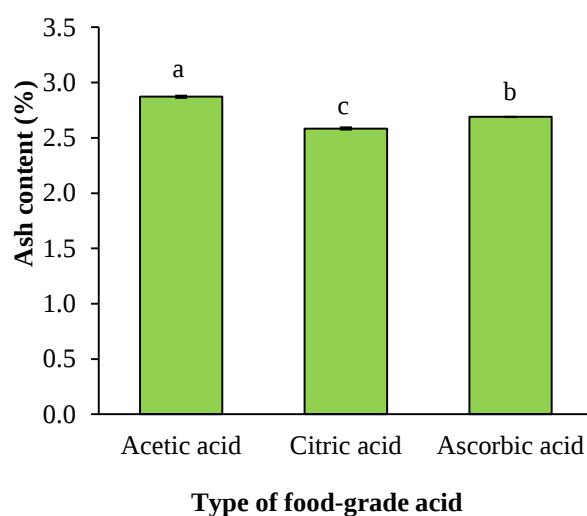
شکل ۶- اثر اسیدهای مختلف خوراکی بر درصد نمک خیارشور پاستوریزه
Figure 6- Effect of different food-grade acids on the salt content (%) of pasteurized pickled cucumbers.

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 ($p < 0.05$).

۳-۶- درصد خاکستر محصول

شکل ۷ اثر اسیدهای مختلف خوراکی را بر درصد خاکستر نمونه‌های خیارشور پاستوریزه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، نمونه‌های حاوی اسیدهایی مختلف خوراکی از نظر میزان خاکستر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p < 0.05$)؛ به طوری که کمترین میزان خاکستر در نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک مشاهده شد.



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.

داده‌ها به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شده است ($N=3$). حروف متفاوت بالای ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است ($p<0.05$).

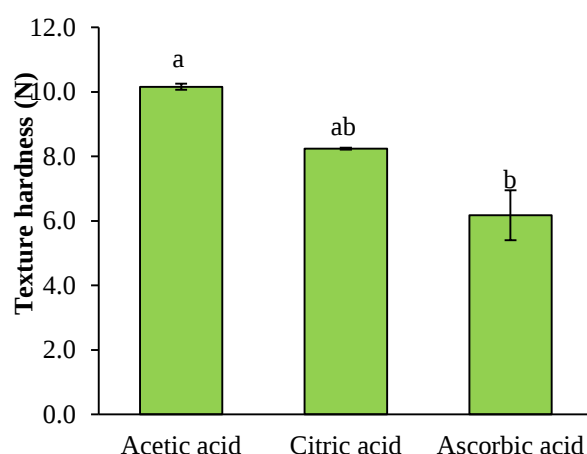
Data are presented as mean $\pm$ standard deviation ($N = 3$). Different letters above the columns indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

۳-۷- بافت

بافت یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی خیارشور است، تأثیر آن بر پذیرش محصول تعیین‌کننده است. خیارشور یا خیار ترشی با کیفیت 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 می‌دهد. بر اساس نتایج گزارش شده در این شکل، نوع اسید مورد استفاده اثر معنی‌داری بر بافت خیارشور داشت ($p<0.05$). بیشترین مقدار نیروی نفوذ مربوط به نمونه‌های حاوی اسید استیک بود که به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) بالاتر از تیمار اسید آسکوربیک قرار گرفت. کمترین مقدار نیروی نفوذ در تیمار اسید آسکوربیک مشاهده شد. تیمار اسیدسیتریک در موقعیت میانی قرار گرفت، به‌طوری‌که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با اسید استیک و آسکوربیک نشان نداد. در حالت کلی اسید استیک سبب افزایش قابل توجه سختی محصول و اسید آسکوربیک موجب کاهش سختی شد.



Type of food-grade acid

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

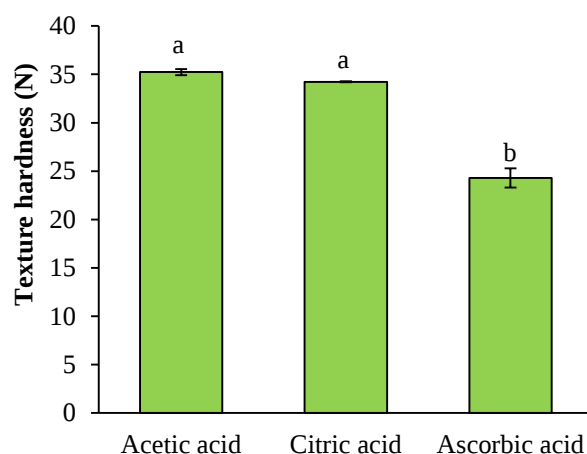
Figure 8- Effect of different food-grade acids on the texture hardness of pasteurized pickled cucumbers (puncture test).

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 ($p < 0.05$).

- نتایج آزمون برش

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



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 ($p < 0.05$).

- نتایج آزمون TPA

آزمون پروفایل بافت^۱ (TPA) یکی از روش‌های پرکاربرد در ارزیابی ویژگی‌های بافتی مواد غذایی است که بر اساس شبیه‌سازی فرایند 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 مختلف بافتی مانند سفتی^۲، انسجام^۳، فنریته^۴، جویدنی بودن^۵ استخراج می‌شوند (۲۶).

سفتی بافت به‌عنوان 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 سفتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p < 0.05$). به‌طوری‌که بیشترین سفتی مربوط به نمونه‌های حاوی اسید استیک و کمترین سفتی مربوط به نمونه‌های حاوی اسیدسیتریک بود. گروهی از پژوهشگران اثر اسیدهای آلی (استیک،

1- Texture Profile Analysis
 2- Firmness
 3- Cohesiveness
 4- Springiness
 5- Chewiness

لاکتیک، سیتریک، مالیک و اگزالیک) بر سفتی خیارشور تازه بسته‌بندی‌شده مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد اسید استیک در مقایسه با سایر اسیدها به میزان قابل توجهی بهتر توانست سفتی 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 سفتی 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 ($p < 0.05$). فزنی بودن مقدار یا نسبتی 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 مورد نیاز برای جویدن غذا تا زمانی که بلعیده شود را توصیف می‌کند و برابر است با حاصل ضرب سفتی، انسجام و فنری (۲۸). در این مطالعه نمونه‌های حاوی اسید استیک سخت‌ترین بافت و بیشترین مقاومت در برابر جویدن نشان داد.

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=۳). حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌داری است

($p < 0.05$).

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

۳-۸- 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 آسکوربیک معنی‌دار 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 معنی‌دار 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 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 ($p < 0.05$).

۴۲۶

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
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 ($p < 0.05$).

۴۳۳

۳-۹- 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.

۴۳۷

۴- نتیجه‌گیری

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

۴۴۷

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.

۴۵۱

۴۵۲

۴۵۳

۴۵۴

- ۴۵۶ 1. Chakraborty, S., Rayalu, S. 2021 Health beneficial effects of cucumber, in: H. Wang (Ed.)
- ۴۵۷ Cucumber Economic Values and its cultivation and breeding, IntechOpen, pp. 99-107.
- ۴۵۸ 2. FAO, FAOSTAT: Crops and livestock products – Cucumber production statistics. Food and
- ۴۵۹ Agriculture Organization of the United Nations, in, 2023.
- ۴۶۰ 3. Iran, M.o.A.-J.o., Report on agricultural production statistics of Iran (2022), in, Tehran: Ministry of
- ۴۶۱ Agriculture-Jahad, 2022.
- ۴۶۲ 4. Nasri, F., Barzegar, H., Alizadeh, B., Jooyandeh, H. 2021. Effects of *Echinophora platyloba* on
- ۴۶۳ microbiological, physicochemical and sensory characteristics of pickled cucumbers during storage,
- ۴۶۴ Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 15: 61.
- ۴۶۵ 5. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Canned pickled cucumbers-Specifications and
- ۴۶۶ test methods, in, Iran National Standards Organization, 2025, pp. 1-37.
- ۴۶۷ 6. Lee, S.-Y. 2004. Microbial safety of pickled fruits and vegetables and hurdle technology, Internet
- ۴۶۸ Journal of food safety. 4: 21-32.
- ۴۶۹ 7. Lau, M.H., Tang, J. 2002. Pasteurization of pickled asparagus using 915 MHz microwaves, Journal
- ۴۷۰ of Food Engineering. 51: 283-290.
- ۴۷۱ 8. Mishra, D.K., Sinha, N.K. 2018 Principles of Vegetable Canning, in: Handbook of Vegetables and
- ۴۷۲ Vegetable Processing, pp. 365-380.
- ۴۷۳ 9. Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009 Food Additives, in: Food Chemistry, Springer Berlin
- ۴۷۴ Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 429-466.
- ۴۷۵ 10. Msagati, T.A.M. 2012 Food Acids and Acidity Regulators, in: Chemistry of Food Additives and
- ۴۷۶ Preservatives, pp. 125-130.
- ۴۷۷ 11. Yildiz, F. 2010 Food acids: Organic acids, volatile organic acids, and phenolic acids, in: F. Yildiz
- ۴۷۸ (Ed.) Advances in Food Biochemistry, CRC Press, Boca Raton, pp. 28.
- ۴۷۹ 12. Salehi, F., Samary, K., Tashakori, M. 2024. Influence of organic acids on the viscosity and
- ۴۸۰ rheological behavior of guar gum solution, Results in Engineering. 22: 102307.
- ۴۸۱ 13. Nour, V., Trandafir, I., Ionica, M.E. 2010. HPLC organic acid analysis in different citrus juices
- ۴۸۲ under reversed phase conditions, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38: 44-48.
- ۴۸۳ 14. Jooyandeh, H., Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M. 2023.
- ۴۸۴ Evaluating the quality of mutton meat coated with *Cordia myxa* fruit mucilage containing *Rosmarinus*
- ۴۸۵ *officinalis* essential oil during cold storage, Journal of Food Measurement and Characterization. 17:
- ۴۸۶ 2062-2074.
- ۴۸۷ 15. Zarali, M., Hojjati, M., Tahmouzi Didehban, S., Jooyandeh, H. 2016. Evaluation of chemical
- ۴۸۸ composition and antibacterial activities of *Echinophora cinerea* Boiss and *Stachys lavandulifolia* Vahl
- ۴۸۹ essential oils in vitro, Journal of Food Science and Technology (Iran). 13: 1-12.
- ۴۹۰ 16. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Influence of magnetic field
- ۴۹۱ treatment of oat seeds during sprouting on the physicochemical, textural, and sensory properties of
- ۴۹۲ pancakes made with sprouted oats flour, Journal of Food Measurement and Characterization.
- ۴۹۳ 17. Amin Ekhlās, S., Pajohi-Alamoti, M.R., Salehi, F. 2023. Evaluation of microbial contamination
- ۴۹۴ and chemical properties of traditional liquid Kashks supplied in Hamedan city, Journal of Food
- ۴۹۵ Science and Technology (Iran). 20: 80-89.
- ۴۹۶ 18. Samary, K., Salehi, F., Aliverdi, A., Daraei Garmakhany, A. 2025. Effect of magnetized water and
- ۴۹۷ magnetic field treatments on the physicochemical properties, total phenolic and antioxidant capacity of
- ۴۹۸ sprouted oats flour, Innovative Food Technologies. 12: 273-285.
- ۴۹۹ 19. Amin Ekhlās, S., Pajohi-Alamoti, M., Salehi, F. 2023. Improvement of physicochemical, textural
- ۵۰۰ and quality attributes of chicken kebabs using infrared-dried sprouted wheat flour, Nutrition And Food
- ۵۰۱ Sciences Research. 10: 21-29.
- ۵۰۲ 20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Microbiology of Canned foods- Commercial
- ۵۰۳ sterility- Specifications and test methods, in, Iran National Standards Organization, 2016.
- ۵۰۴ 21. Dupas de Matos, A., Marangon, M., Magli, M., Cianciabella, M., Predieri, S., Curioni, A.,
- ۵۰۵ Vincenzi, S. 2019. Sensory characterization of cucumbers pickled with verjuice as novel acidifying
- ۵۰۶ agent, Food Chemistry. 286: 78-86.
- ۵۰۷ 22. Yoo, K.M., Hwang, I.K., Eog Jr, G., Moon, B. 2006. Effects of salts and preheating temperature of
- ۵۰۸ 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.

522

523

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

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.

Keywords: Ascorbic acid; Citric acid; Acetic acid; Sensory evaluation; Texture.