

تأثیر میزان رسیدگی میوه سپستان بر کیفیت ترشی آن طی مدت نگهداری

حسین جوینده^{1*}، بهروز علیزاده بهبهانی²، محمد نوشاد¹، محسن ابراهیمی همتی کیخاه³

1- دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
* نویسنده مسئول (hosjooy@asnruk.ac.ir)
2- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران
3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران

چکیده

تاریخ دریافت: 1400/04/10
تاریخ بازنگری: 1400/06/21
تاریخ پذیرش: 1400/08/04
تاریخ انتشار برخط: 1400/09/24

واژه‌های کلیدی

ارزیابی حسی
باکتری‌های اسید لاکتیک
ترشی سپستان
درجه رسیدگی
زمان نگهداری

میوه سپستان به دلیل آنکه پس از برداشت به سرعت دچار فساد فیزیکی و شیمیایی می‌گردد، بنابراین باید تدابیری اتخاذ گردد تا بتوان این میوه را برای مدت زمان بیشتری نگهداری و مصرف نمود. یکی از روش‌های کاربردی جهت افزایش عمر نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها، تبدیل آنها به فراورده‌های مختلف از جمله ترشی است. در این مطالعه اثر میزان رسیدگی میوه سپستان با 3 درجه مختلف رسیدگی: نارس (میوه سبز)، نیمه‌رسیده و رسیده بر کیفیت ترشی حاصل از آن طی 90 روز نگهداری در دمای محیط بررسی شد. جهت تهیه ترشی، از مقدار یکسان سرکه 6 درصد (حدود 25 درصد وزن میوه) استفاده شد و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافت، میکروبی و حسی نمونه‌ها طی مدت ماندگاری مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد که طی دوره نگهداری، میزان pH، سفتی، پیوستگی و تمامی ویژگی‌های حسی نمونه‌های ترشی کاهش و میزان اسیدیته، چسبندگی و شمارش کپک و مخمر افزایش یافت. همچنین کمترین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک و شمارش کپک و مخمر در انتهای دوره نگهداری مربوط به نمونه نارس و بیشترین میزان آن مربوط به نمونه رسیده بود. در تمامی دوره نگهداری و به‌ویژه در انتهای 90 روز نگهداری، نمونه ترشی تهیه‌شده از میوه نارس به‌طور معنی‌داری ($P < 0/01$) از مقبولیت حسی بالاتری برخوردار بود. باتوجه به یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر، می‌توان از میوه نارس سپستان جهت تهیه ترشی استفاده نمود.

مقدمه

تخمیرشده است که شامل صیفی‌جات مختلف از جمله لوبیا، هویج، انبه، گوجه‌سبز، فلفل و کلم به‌همراه ادویه‌ها می‌باشد. ترشی حاوی مواد شیمیایی و مواد معدنی است که از مواد تشکیل‌دهنده (صیفی‌جات و ادویه‌های مربوط به ترشی) به‌دست می‌آید، بنابراین ترشی‌ها در برابر بیماری‌های مختلف مانند سرطان، التهاب، اختلال عملکرد مغز و تصلب شرایین مفید هستند. ترشی‌ها انواع مختلفی

یکی از قدیمی‌ترین و مؤثرترین روش برای نگهداری مواد غذایی، تهیه ترشی از طریق تخمیر بی‌هوازی محصول یا غوطه‌ور کردن آن در سرکه است. کلم ترشی از زبان هلندی «پکل»¹ به معنای آب‌نمک گرفته شده است (Hassan & Sarfraz, 2018). ترشی یک فراورده

¹ Pekel

مختلف نمک (2/5، 7 و 9 درصد) تهیه شدند. آنها تفاوت معنی‌داری در انتهای دوره نگهداری از نظر طعم، رنگ و ظاهر ترشی‌ها مشاهده نکردند و به‌علاوه با گذشت زمان کیفیت حسی نمونه‌ها تغییر چندانی نکرد (Loyola et al., 2012). Purnomo و Laia, Susilowati (2018)، اثر غلظت نمک و زمان تخمیر را بر مقدار pH، اسیدیته کل و ویژگی میکروبی ترشی زنجبیل¹ مورد مطالعه قرار دادند. بهترین نمونه ترشی زنجبیل با استفاده از 2/5 درصد (وزنی/وزنی) نمک پس از 5 روز تخمیر در دمای 26 درجه سانتی‌گراد با میزان pH برابر 3/40، اسیدیته کل 0/29 درصد و تعداد کل باکتری‌های اسید لاکتیک $7/56 \times 10^6$ لگاریتم واحد تشکیل کلنی بر میلی‌لیتر تهیه شد. Rejano, López, Casado, Sánchez و Montañó (2004) طی پژوهشی میزان اسیدیته موجود در 5 نمونه ترشی سیر تجاری در اسپانیا را بین 0/70 تا 2/66 درصد گزارش کردند. Suwannachot, Ketnawa و Ogawa (2021) طی مطالعه‌ای خواص فیزیکی و بیوشیمیایی دو نوع ترشی زردآلوی ژاپنی شور با دو بافت متفاوت (تهیه‌شده از میوه رسیده و نارس) را مقایسه کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان pH در ترشی حاوی میوه رسیده بیشتر از میوه نارس بود. آنها بیان نمودند که میزان رسیدگی میوه مورد استفاده در فرآوری ترشی می‌تواند بر خواص فیزیکوشیمیایی و بیوشیمیایی ترشی‌های زردآلوی ژاپنی شور تأثیر بگذارد (Suwannachot et al., 2021).

گیاه درختی سپستان با نام علمی کوردیا میکسا²، معمولاً در مناطق گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و جنگل‌های خشک تا مرطوب رشد می‌یابد. اصل گیاه سپستان مربوط به کشور هند است اما در برخی از مناطق دیگر دنیا همانند آسیا، استرالیا، مناطق استوایی آفریقا نیز رشد و تکثیر می‌یابد. در ایران نیز درخت سپستان به‌عنوان یک درخت غیربومی شناخته می‌شود و در بعضی از مناطق گرم ایران بخصوص در نواحی جنوبی کشور و سواحل دریای خلیج فارس، بندرعباس، لار، بوشهر، نواحی مختلف سیستان و بلوچستان و بعضی از مناطق استان خوزستان رشد و تکثیر می‌یابد. این گیاه در انتهای فروردین ماه و اوایل اردیبهشت ماه شکوفه و در سه‌ماهه دوم سال (شکل 1) میوه می‌دهد (ابراهیمی‌همتی‌کیخا، جوینده،

دارند که ازجمله آن می‌توان به ترشی‌های شیرین، ترشی‌های سرکه‌ای، ترشی‌های تولیدشده با آب‌نمک و ترشی‌های تولیدشده در روغن اشاره نمود که به‌صورت تجاری در سراسر جهان تولید می‌شوند. شوری‌های تخمیری با استفاده از صیفی‌جات تازه و آب‌نمک (اغلب حاوی 12 تا 15 درصد نمک) تولید می‌شوند (Ghnimi & Guizani, 2018; Hassan & Sarfraz, 2018). نمک نقش اصلی را در فرایند تخمیر بازی می‌کند و برای بیرون کشیدن مواد مغذی و آب از صیفی‌جاتی که به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده استفاده می‌شوند، به‌کارگرفته می‌شود. همچنین نمک نیز به‌عنوان بستر مناسب برای رشد باکتری‌های اسید لاکتیک استفاده می‌شود. در فرایند تولید ترشی، قند موجود در صیفی‌جات در شرایط اسیدی به اسید لاکتیک تبدیل می‌گردند و به‌دلیل آنکه محیط اسیدی است، از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی عامل فساد جلوگیری می‌شود. طی فرایند تولید ترشی، بافت و طعم صیفی‌جات و سبزی‌های ترشی تغییر نموده و پس از تولید، محصول نهایی از بافت مناسب و ظاهر نیمه‌شفاف برخوردار بوده و ماندگاری بالاتری نشان می‌دهد (Karovičová, Drdák, Greif, & Hybenová, 1999; Park et al., 2014; Sayin & Alkan, 2015).

گاهی اوقات، اسید استیک به آب‌نمک اضافه می‌گردد تا با کاهش pH به زیر 4/5، تخمیر بهتری انجام پذیرد (Ghnimi & Guizani, 2018; Reina, Breidt Jr., Fleming, & Kathariou, 2005). pH پایین و شوری متوسط اولیه باعث افزایش باکتری‌های اسید لاکتیک می‌شود که تسلط این گروه بر سایر گروه‌های میکروبی از مراحل مهم اولیه تخمیر می‌باشد. باکتری‌های اسید لاکتیک با جلوگیری از رشد سایر میکروارگانیسم‌ها ماندگاری محصول نهایی را تضمین می‌کند (Benkerroum, 2013). در بعضی موارد، کلرید کلسیم (CaCl₂) تا حدود 0/2 الی 0/4 درصد به آب‌نمک‌ها اضافه می‌شود تا یک بافت روشن به محصول دهد. برخی ترکیبات طعم‌دهنده نیز می‌توانند به ترشی اضافه گردند. ازجمله این افزودنی‌ها می‌توان به گیاه شوید یا دانه آن برای ایجاد طعم اشاره کرد. این افزودنی‌ها در هنگام تولید ترشی به آن اضافه می‌گردند (Hutkins, 2006).

Loyola, Duarte و Acuña (2012) طی پژوهشی کیفیت ترشی‌های تهیه‌شده از ضایعات ساقه مارچوبه را ارزیابی کردند. در این تحقیق، نمونه‌های ترشی با 3 غلظت

¹ *Zingiber officinale* Rosc

² *Cordia myxa*

(سبز، نیمه‌رسیده و رسیده) انجام شد. همچنین علاوه بر بررسی تأثیر درجه رسیدگی میوه سپستان، تأثیر مدت زمان نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH و اسیدیتته)، بافتی، میکروبی و حسی نمونه‌های ترشی بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

جهت بررسی شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک و تعداد کپک و مخمر به ترتیب از محیط‌های کشت ام‌آراس آگار (MRS¹) و پوتیتو دکستروز آگار (PDA²) (مرک، ساخت آلمان) استفاده شد. همچنین سایر مواد شیمیایی شامل فنول فتالین (مرک، ساخت آلمان) و سدیم هیدروکسید (مرک، ساخت آلمان)، الکل 96 درصد (زکریای جهرم، ساخت ایران)، سرکه (قزوين، ساخت ایران) و نمک مخصوص شوری و ترشی (موج دریا، ساخت ایران) بودند.

جمع‌آوری میوه سپستان

میوه‌های سپستان مورد استفاده در این پژوهش با میزان رسیدگی‌های مختلف به 3 شکل نارس (سبز)، نیمه‌رسیده (نیمه‌سبز) و رسیده (زرد) در اواخر خرداد و اوایل تیرماه سال 1398 از شهرستان ملائانی استان خوزستان جمع‌آوری شد.

تهیه ترشی

در این پژوهش، نمونه‌های ترشی به روش تخمیری تولید شدند. نحوه تهیه ترشی به این صورت بود که پس از جمع‌آوری میوه‌های سپستان، در ابتدا ضایعات و سایر بقایای گیاهی آنها به صورت دستی حذف گردید. سپس میوه‌ها با آب شست‌وشو داده شد تا سایر آلودگی‌ها و چسبندگی‌های آنها جدا گردد. در نهایت میوه‌های شست‌وشو داده شده به مدت 1 ساعت در سایه قرار داده شد تا آب حاصل از شست‌وشوی آنها به طور کامل خارج گردد. پس از آب‌کشی، میوه‌ها براساس درجه رسیدگی به 3 درجه (سبز، نیمه‌سبز و زرد) تقسیم شدند و درون ظروف شیشه‌ای درب‌دار 1 لیتری قرار گرفتند. در نهایت ظروف‌های موردنظر توسط محلول سرکه با غلظت 6 درصد (به میزان 25 درصد حجم میوه درون ظرف یا معادل 250 سی‌سی) پر شد. همچنین به ظروف موردنظر 3 درصد نمک (براساس

علیزاده‌بهبهانی و نوشاد، 1399؛ جوینده، نوشاد و برزگر، 1396؛ زرگری، 1390).



شکل 1- میوه سپستان

قسمت‌های مختلف گیاه سپستان از جمله ریشه، پوسته، برگ و میوه دارای ارزش غذایی و خوراکی می‌باشد؛ بنابراین این گیاه در نقاط مختلف دنیا مورد توجه قرار گرفته است. به عنوان مثال، از میوه سپستان در برخی کشورها به عنوان میوه و در برخی دیگر از کشورها از جمله هند به عنوان سبزی استفاده می‌گردد. در بعضی از مواقع میوه‌ها پس از آنزیم‌زدایی برای استفاده به عنوان سبزی‌ها در طول فصولی که این گیاه به صورت خزان می‌باشد و در دسترس قرار ندارد، خشک می‌گردند (Jamkhande, Barde, Patwekar, & Tidke, 2013).

باتوجه به عدم وجود صنایع تبدیلی در زمینه تولید و فراوری میوه سپستان، میزان ضایعات آن بسیار زیاد است. بنابراین، ضروری است تا در خصوص تولید فراورده‌های جدید و متنوع از میوه سپستان اقدام‌های عملی صورت گیرد؛ چراکه این امر سبب کاهش میزان ضایعات میوه سپستان، افزایش تنوع این محصول و همچنین در دسترس قرار گرفتن فراورده‌های این محصول برای سایر مناطق کشورمان می‌شود. متأسفانه هرچند تحقیق‌های متعددی در مورد بررسی تأثیر درجه رسیدگی میوه بر کیفیت ترشی/شوری میوه‌های مختلف به‌ویژه خرما (عبداللّه‌زاده، 1395) و زیتون (Papafotopoulou-Patrinou *et al.*, 2015) انجام پذیرفته است، اما تاکنون تحقیقی در زمینه امکان تهیه ترشی سپستان انجام نپذیرفته است. بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی امکان تهیه ترشی با کیفیتی قابل قبول از میوه سپستان با درجه‌های مختلف رسیدگی

¹ de Man Rogosa and Sharpe (MRS) Agar

² Potato Dextrose Agar

بافت‌سنج (Stable، TA-XT plus Texture Analyzer، Micro System، ساخت انگلستان) مطابق روش منافدل‌ستان، اسمعیلی و تیموری‌بک (1394) با کمی تغییرات اندازه‌گیری گردید. در این آزمون از پروب استوانه‌ای شکل با قطر مقطع 6 میلی‌متر استفاده گردید. همچنین سرعت حرکت پروب روی 1 میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ آن 6 میلی‌متر، سرعت قبل برخورد 1/5 میلی‌متر بر ثانیه و سرعت بعد از برخورد 10 میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد. در این تحقیق، پارامترهای مختلف بافت شامل سفتی³، پیوستگی⁴، چسبندگی⁵، حالت صمغی⁶ و ارتجاعی⁷ بررسی شد (منافدل‌ستان و همکاران، 1394).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

3 نمونه ترشی در 3 تکرار تولید و ویژگی‌های آنها طی 4 دوره مختلف نگهداری به روش فاکتوریل (3×4) و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 22 آنالیز گردید. مقایسه میانگین بین تیمارها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح آماری 95 درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تغییرات pH و اسیدیته

از آنجایی که اسیدیته یک محصول میزان توانایی رشد میکروارگانیسم‌های آن محصول را تعیین می‌نماید، بنابراین برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها مولد فساد، اسیدیته خاص مواد غذایی باید افزایش یابد. میزان اسید موجود باید به گونه‌ای باشد که از رشد باکتری‌های عامل فساد و مسمومیت‌های غذایی جلوگیری کند و در عین حال برای مصرف انسان نیز بی‌خطر باشد. تغییرات در میزان اسیدیته و pH بر ویژگی‌هایی همانند عطر و طعم و مزه سبزی‌ها یا میوه ترشی تأثیر می‌گذارد (Patel, 2019). نتایج مربوط به تغییرات اسیدیته و pH نمونه‌های ترشی میوه سپستان در طول مدت زمان نگهداری در جدول (1) نشان داده شده است. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که اسیدیته قابل تیتراسیون تمامی نمونه‌ها در طول دوره 90 روز نگهداری افزایش و pH نمونه‌ها کاهش یافت.

مجموع وزن میوه و سرکه اضافه گردید. در نهایت ظروف حاوی میوه‌های سپستان به مدت 90 روز در دمای محیط (25 درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند و در فواصل هر 1 ماه یک‌بار خصوصیات ترشی از لحاظ ویژگی‌های بافت، میکروبی، حسی، اسیدیته و pH مورد بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری pH و اسیدیته

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (مدل Metrohm، Mobile 826، ساخت سوئیس)، در دمای 25 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، 1394). اسیدیته نمونه‌های ترشی با روش تیتراسیون با سود در حضور معرف فنول فتالین اندازه‌گیری و درصد اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک گزارش شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، 1394).

ارزیابی میکروبی نمونه‌های ترشی در طول مدت زمان نگهداری

جهت شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB¹) از محیط کشت MRS آگار استفاده گردید (سلطان‌دلال، حسینی، داوودآبادی، رجبی و زمانی، 1395). همچنین شناسایی آلودگی‌های قارچی (کپک و مخمر) فرآورده، مطابق با سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI، 1387) با استفاده از محیط کشت PDA انجام پذیرفت.

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های ترشی میوه سپستان در طول مدت زمان نگهداری (در روزهای 1، 30، 60 و 90) توسط تعداد 20 ارزیاب نیمه‌آموزش‌دیده² (شامل اساتید و دانشجویان صنایع غذایی در محدوده سنی 23 تا 50 سال)، مورد بررسی قرار گرفت. در این روش، ابتدا نمونه‌ها توسط کدهای 3 رقمی به صورت تصادفی کدگذاری شدند و سپس توسط ارزیاب‌ها به روش آزمون هدونیک 9 نقطه‌ای از نظر ویژگی‌های حسی شامل عطر و طعم، رنگ، ظاهر، سفتی و چسبندگی بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند (نصری، علیزاده و جوینده، 1399).

ارزیابی بافت

بافت نمونه‌های ترشی میوه سپستان با استفاده از دستگاه

³ Hardness

⁴ Cohesiveness

⁵ Adhesiveness

⁶ Gumminess

⁷ Springiness

¹ Lactic acid bacteria

² Semi-trained

جدول 1- تغییرات مربوط به اسیدیته و pH نمونه‌های ترشی سیستان در طی 90 روز نگهداری

زمان نگهداری (روز)				تیمارها	متغیر
90	60	30	1		
2/70±0/11 ^{Ca}	2/42±0/08 ^{Cb}	2/23±0/13 ^{Bc}	2/13±0/08 ^{Ad}	نارس (سبز)	اسیدیته
2/95±0/10 ^{Ba}	2/65±0/12 ^{Bb}	2/50±0/14 ^{Ac}	2/25±0/13 ^{Ad}	نیمه‌رسیده	
3/14±0/13 ^{Aa}	2/83±0/07 ^{Ab}	2/64±0/11 ^{Ac}	2/33±0/21 ^{Ad}	رسیده	
2/48±0/04 ^{Ad}	2/88±0/08 ^{Ac}	3/07±0/04 ^{Ab}	3/25±0/02 ^{Aa}	نارس (سبز)	pH
2/25±0/10 ^{Bd}	2/63±0/11 ^{Bc}	2/95±0/08 ^{Bb}	3/23±0/03 ^{Aa}	نیمه‌رسیده	
2/08±0/05 ^{Bd}	2/54±0/06 ^{Bc}	2/89±0/06 ^{Bb}	3/22±0/04 ^{Aa}	رسیده	

میانگین‌های با حروف مشابه بزرگ در هر ستون و با حروف مشابه کوچک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار ($P \geq 0/05$) با یکدیگر ندارند. هریک از مقادیر جدول نشان‌دهنده مقدار میانگین 3 تکرار \pm انحراف معیار است.

بیشترین میزان اسیدیته و کمترین مقدار pH مربوط به نمونه رسیده در پایان زمان نگهداری بود و کمترین میزان اسیدیته و بیشترین مقدار pH نیز مربوط به نمونه ترشی نارس در روز 90 نگهداری بود. همان‌گونه که در **جدول (1)** مشاهده می‌گردد، دوره نگهداری سبب اختلاف کاملاً معنی‌داری ($P \leq 0/01$) در میزان pH و اسیدیته هریک از نمونه‌های ترشی گردید. همچنین، در روزهای 1 و 30 آزمون، میان نمونه‌های ترشی نیمه‌رسیده و رسیده هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری ($P \geq 0/05$) از نظر میزان pH و اسیدیته مشاهده نگردید. Sawaya, Khatchadourian, Ayaz و Al-Mohammad (1987)، طی پژوهشی 3 رقم از خرما را برای تولید ترشی مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، برای تهیه ترشی از محلول اسید استیک 5 درصد در سطح 2، 2/5 و 3 درصد استفاده شد و محصول در دمای 71 درجه سانتی‌گراد به مدت 15 دقیقه پاستوریزه گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بعد از 3 ماه نگهداری، مقدار اسیدیته کل در محلول افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. Dupas de Matos و همکاران (2019)، در پژوهشی گزارش نمودند که میزان اسیدیته خیارشورهای غیر تخمیری بستگی به نوع ماده نگهدارنده مورد استفاده (سرکه یا آبغوره) دارد. آنها در طی پژوهش خود مشاهده کردند که میزان اسیدیته خیارشورهای حاوی آبغوره که کمتر رقیق شده‌اند نسبت به خیارشورهای حاوی سرکه بیشتر بود. همچنین آنها بیان نمودند که میزان اسیدیته در نمونه‌های خیارشور حاوی سرکه و آبغوره در طول دوره نگهداری افزایش یافت. این محققین علت افزایش اسیدیته طی مدت نگهداری را به فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک طی فرایند تخمیر نسبت دادند. دره‌رحال، Al-Hooti, Al-Sidhu, Al-Otaibi,

Al-Ameeeri و Qabazard (1997)، برخلاف نتایج تحقیق حاضر گزارش نمودند که مقدار اسیدیته محلول ترشی تهیه‌شده از میوه خرما در مرحله کیمری¹ بعد از 4 ماه نگهداری کاهش یافت. Papafotopoulou-Patrinou و همکاران (2015) نیز طی مطالعه‌ای گزارش دادند که میزان pH ترشی زیتون در طول مدت زمان نگهداری دارای روند افزایشی بود. در تحقیقی دیگر، نصری و همکاران (1399)، اثر پودر خوشاریزه² را بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی خیارشور طی مدت زمان نگهداری مورد مطالعه قرار دادند. آنها در طی پژوهش خود بیان نمودند که تا روز 7 نگهداری میزان اسیدیته افزایش یافت اما پس از آن با افزایش مقدار pH میزان اسیدیته کاهش یافت. علت افزایش pH در طول مدت زمان نگهداری نمونه‌های ترشی به کاهش فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک و حضور مؤثرتر مخمرها نسبت داده شده است (Lennox & Efiuvwevere, 2013; Susilowati, Lennox & Efiuvwevere, 2014). همکاران (2018) نیز طی پژوهشی که روی ترشی زنجبیل انجام دادند، بیان نمودند که در نمونه‌های ترشی حاوی غلظت 5 و 10 درصد نمک میزان pH پس از 5 و 10 روز تخمیر افزایش یافت که این امر سبب کاهش تعداد باکتری اسید لاکتیک و در نهایت باعث کاهش میزان اسیدیته ترشی زنجبیل گردید.

¹ Kimri

² *Echinophora platyloba*

جدول 2- تغییرات باکتری‌های اسید لاکتیک و شمارش کلی کپک و مخمر نمونه‌های ترشی سپستان در طی 90 روز نگهداری

زمان نگهداری (روز)				تیمارها	متغیر
90	60	30	1		
4/83±0/13 ^{Ca}	4/00±0/34 ^{Cb}	4/53±0/18 ^{Cc}	3/15±0/11 ^{Ad}	نارس (سبز)	باکتری‌های اسید لاکتیک (واحد تشکیل کلنی بر گرم)
5/43±0/48 ^{Ba}	4/75±0/10 ^{Bb}	3/94±0/40 ^{Bc}	3/31±0/20 ^{Ad}	نیمه‌رسیده	
6/00±0/51 ^{Aa}	5/18±0/42 ^{Ab}	4/63±0/58 ^{Ab}	3/33±0/10 ^{Ac}	رسیده	
4/32±0/61 ^{Ca}	3/25±0/08 ^{Cb}	2/49±0/57 ^{Bc}	2/09±0/10 ^{Ac}	نارس (سبز)	قارچ‌ها (واحد تشکیل کلنی بر گرم)
5/01±0/13 ^{Ba}	3/91±0/18 ^{Bb}	3/03±0/46 ^{ABc}	2/24±0/22 ^{Ad}	نیمه‌رسیده	
5/94±0/53 ^{Aa}	4/68±0/26 ^{Ab}	3/30±0/06 ^{Ac}	2/37±0/49 ^{Ad}	رسیده	

میانگین‌های با حروف مشابه بزرگ در هر ستون و با حروف مشابه کوچک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار ($P \geq 0/05$) با یکدیگر ندارند. هر یک از مقادیر جدول نشان‌دهنده مقدار میانگین 3 تکرار \pm انحراف معیار است.

نتایج میکروبی

شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)

تشکیل کلنی بر گرم مربوط به نمونه ترشی زرد سپستان در پایان 90 روز نگهداری بود.

در نتایج مشابه، Franz, Schillinger, Panagou, و Lavermicocca و همکاران (2005) به ترتیب در بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و میکروبی ترشی زیتون سبز و سیاه، افزایش قابل توجه تعداد LAB را با گذشت زمان نگهداری گزارش نمودند. Lavermicocca و همکاران (2005) تعداد LAB را در پایان 30 روز نگهداری حدود 10^6 لگاریتم واحد تشکیل کلنی بر گرم گزارش کردند. در حال، Fernandez, Adams, Fernandez و Adams (1997)، طی مطالعه‌ای روی ترشی زیتون سیاه که به روش یونانی تولید شده بود، بیان نمودند که مخمرها عامل اصلی تخمیر ترشی مورد اشاره هستند و باکتری‌های اسید لاکتیک نقش کمتری در تخمیر دارند. علت این موضوع به دلیل آن است که مخمرها در غلظت بالاتر از 8 درصد نمک و باکتری‌های اسید لاکتیک میکروارگانیزم در غلظت 3-6 درصد نمک، غالب در محیط می‌باشند (Conte, Fadda, Del Caro, Urgeghe, & Piga, 2020).

شمارش قارچ‌ها (کپک و مخمرها)

نگهداری هر ماده غذایی به شکل ترشی نیاز به تخمیر مناسب در شرایط بی‌هوازی دارد. تخمیر نامناسب ممکن است منجر به رشد عوامل بیماری‌زا ناشی از مواد غذایی شود که می‌تواند انواع مختلفی از بیماری‌ها از جمله عفونت معده، آسیب پوستی و موارد دیگر را در انسان ایجاد نماید. بنابراین یکی از مواردی که در آزمون‌های ترشی باید لحاظ گردد، بررسی ویژگی‌های میکروبیولوژی فرآورده است (Patel, 2019). باتوجه به نتایج جدول (2) به جز روز اول نگهداری، میزان قارچ در نمونه‌های مختلف ترشی با گذشت زمان ماندگاری به شکل معنی‌داری ($P \leq 0/05$) تغییر نمود. مشابه

ترشی نوعی فرآورده غذایی آماده برای مصرف می‌باشد. برای ارزیابی کیفیت و خلوص این محصولات نیاز به آزمون‌های میکروبیولوژیکی است. فرایند تخمیر توسط گونه‌های مختلف میکروبی از جمله لاکتوباسیلوس پلانتروم¹، لوکونوستوک مزانتروئیدس²، لاکتوباسیلوس برویس³ و دیگر گونه‌ها انجام می‌پذیرد. یکی از مهم‌ترین سویه‌ها برای تخمیر ترشی سویه لاکتوباسیلوس پلانتروم می‌باشد (Hutkins, 2006). تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک بستگی به دوره نگهداری دارد. نتایج مربوط به شمارش باکتری‌های LAB نشان داد که در طول دوره نگهداری 90 روز، تعداد این باکتری‌ها به شکل معنی‌داری ($P \leq 0/01$) افزایش یافتند. همان‌گونه که در جدول (2) مشخص است، در طول مدت زمان نگهداری تنها در تعداد LAB نمونه ترشی نارس در روزهای 60 و 90 آزمون اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و در سایر موارد، اختلاف‌های قابل توجهی میان هر یک از سطوح مختلف نگهداری در تمامی تیمارها مشخص گردید. هرچند تعداد باکتری‌های LAB نمونه‌های مختلف ترشی سپستان با درجه متفاوت رسیدگی در ابتدای دوره نگهداری تقریباً یکسان بود، اما طی مدت نگهداری، تعداد LAB در نمونه‌های ترشی نارس به‌طور قابل توجهی کمتر از نمونه‌های نیمه‌رسیده و رسیده بود. کمترین میزان باکتری‌های اسید لاکتیک 3/15 لگاریتم واحد تشکیل کلنی بر گرم در طول دوره نگهداری مربوط به نمونه ترشی سبز در ابتدای نگهداری و بیشترین میزان آن 6 لگاریتم واحد

¹ *Lactobacillus plantarum*

² *Leuconostoc mesenteroides*

³ *Lactobacillus brevis*

نگهداری کسب نمود. در میان ترشی‌های مختلف، میزان امتیاز طعم ترشی تهیه‌شده از میوه نارس به‌جز روز اول نگهداری به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر نمونه‌ها بود و در پایان زمان نگهداری نیز این اختلاف بسیار قابل‌توجه بود. یکی از دلایل مهم کاهش امتیاز عطر و طعم در اواخر دوره نگهداری و همچنین در نمونه ترشی میوه رسیده سپستان نسبت به دو نمونه دیگر ممکن است افزایش بیش‌از‌حد اسیدیته باشد چراکه میزان عطر و طعم ترشی در این شرایط کاهش می‌یابد. Palma-Harris، McFeeters، Fleming و (2002) نیز کاهش سطح عطر نمونه‌های ترشی را همگام با کاهش pH گزارش نمودند.

همانند طعم، نتایج مربوط به سایر فاکتورهای حسی شامل رنگ، ظاهر، بافت و پذیرش کلی نمونه‌ها نیز نشان داد که در طول 90 روز نگهداری امتیازهای تمامی این ویژگی‌های حسی در هر سه نمونه ترشی به‌طور کلی روندی نزولی داشت و نمونه تهیه‌شده از میوه نارس از کیفیت بسیار بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بود. امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های ترشی تهیه‌شده از میوه نارس، نیمه‌رسیده و کاملاً رسیده در پایان مدت نگهداری به‌ترتیب 7/80، 5/97 و 4/09 تعیین شد. علاوه بر طعم، کیفیت بافت نمونه‌های ترشی سپستان نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان امتیاز پذیرش کلی محصول داشت. هرچند نمونه‌های ترشی رسیده در ابتدای تولید از بافت نرم و مناسبی برخوردار بودند، اما این نمونه‌های ترشی نارس بودند که در پایان نگهداری امتیاز بیشتری کسب نمودند و دلیل آن از هم‌گسستگی بافت، نرمی بیش‌از‌حد و چسبندگی بالای نمونه‌های ترشی رسیده بود. در نتایج مشابه، عبدالله‌زاده (1395) در پژوهشی درزمینه امکان استفاده از خرماي مضافتی در مرحله خارک (میوه نارس) جهت تولید ترشی گزارش نمود که نمونه‌های ترشی تهیه‌شده با محلول آب‌نمک و سرکه پس از گذشت 1 ماه از زمان بسته‌بندی از ویژگی‌های حسی مطلوب و از قابلیت پذیرش بالایی توسط مصرف‌کنندگان برخوردار بودند. Reguant، Hurtado، Bordon و Rozès (2009) در بررسی ویژگی‌های زیتون تخمیرشده در 3 مرحله سبز، نیمه‌رسیده (تغییر رنگ داده¹) و سیاه عنوان نمودند که بهترین نمونه زیتون تخمیری با ویژگی‌های حسی مطلوب در هنگام استفاده از زیتون در مرحله نارس (میوه سبز) به‌دست می‌آید.

نتایج شمارش LAB، کمترین میزان کپک و مخمر 2/09 لگاریتم واحد تشکیل‌کنی بر گرم در طول دوره نگهداری مربوط به نمونه ترشی سبز در ابتدای نگهداری و بیشترین میزان آن 5/94 لگاریتم واحد تشکیل‌کنی بر گرم مربوط به نمونه ترشی زرد سپستان در پایان 90 روز نگهداری بود. به‌علاوه، همان‌گونه که در جدول (2) می‌توان مشاهده نمود، در تمامی دوره‌های نگهداری تعداد LAB بیش از شمارش قارچ تعیین شد که دلیل آن ممکن است استفاده از غلظت نمک نسبتاً پایین در تولید ترشی سپستان باشد؛ همان‌گونه که قبلاً گفته شد، استفاده از غلظت نمک 3-6 درصد رشد LAB و غلظت بیش از 8 درصد رشد مخمرها را تحریک می‌نماید (Conte et al., 2020).

نصری و همکاران (1399)، در پژوهشی درمورد ویژگی‌های خیارشور غیرتخمیری در نتایج مشابه تعداد بالای قارچ 10^6 لگاریتم واحد تشکیل‌کنی بر گرم را در نمونه‌های فاقد مواد نگهدارنده شیمیایی (پتاسیم سوربات) و طبیعی (پودر گیاه خوشاریزه) و حاوی 6/5 درصد نمک گزارش نمودند. این محققین بیان نمودند که در بین نمونه‌های مختلف موردبررسی، نمونه‌های حاوی 3 درصد پودر خوشاریزه کمترین میزان قارچ (صفر) و تیمار فاقد مواد نگهدارنده، بیشترین میزان قارچ (کپک و مخمر) را به خود اختصاص دادند. در نتایج متفاوت، عبدالله‌زاده (1395)، در پژوهشی درمورد تولید ترشی خرماي مضافتی در مرحله خارک، تعداد کل قارچ در هر گرم از نمونه‌های ترشی را در محدوده قابل پذیرش و مطابق با سازمان ملی استاندارد ایران (ISIRI، 1387) گزارش نمود.

ارزیابی حسی

عطر و طعم از مهم‌ترین ویژگی‌های محصول در بازارپسندی آن می‌باشد (ترابی، جوینده، نوشاد و برزگر، 1398). باتوجه به نتایج جدول (3) به‌طور کلی در طول مدت 90 روز نگهداری، امتیاز عطر و طعم در تمامی نمونه‌ها به شکل قابل‌توجهی کاهش یافت ($P \leq 0/01$) و این کاهش امتیاز در نمونه ترشی میوه رسیده نسبت به سایر نمونه‌ها محسوس‌تر بود. تغییرات میانگین امتیاز عطر و طعم نمونه‌های مختلف ترشی توسط ارزیابان حسی در ابتدای نگهداری 8/22 تعیین شد که در پایان 90 روز نگهداری به 5/51 کاهش یافت. البته در نمونه ترشی نارس، روند تغییرات امتیاز عطر و طعم در 1 ماه ابتدای نگهداری با سایر نمونه‌های ترشی متفاوت بود و این نمونه بالاترین امتیاز را در روز 30

¹ Turning color

جدول 3- مقایسه میانگین ارزیابی حسی نمونه‌های ترشی سیستان در طول مدت 90 روز نگهداری

زمان نگهداری (روز)				تیمارها	متغیر
90	60	30	1		
6/40±0/10 ^{Ad}	7/03±0/56 ^{Ac}	8/67±0/43 ^{Aa}	7/61±0/37 ^{Bb}	نارس (سبز)	عطروطعم
5/97±0/37 ^{Bb}	6/23±0/38 ^{Bb}	8/13±0/42 ^{Ba}	8/44±0/49 ^{Aa}	نیمه‌رسیده	
4/17±0/15 ^{Cd}	5/18±0/39 ^{Cc}	7/74±0/21 ^{Cb}	8/62±0/30 ^{Aa}	رسیده	
6/96±0/72 ^{Ac}	7/90±0/10 ^{Ab}	8/40±0/26 ^{Aab}	8/80±0/20 ^{Aa}	نارس (سبز)	رنگ
4/83±0/41 ^{Bc}	5/47±0/48 ^{Bc}	6/73±1/01 ^{Bb}	8/26±0/15 ^{Ba}	نیمه‌رسیده	
4/13±0/82 ^{Cc}	4/98±0/28 ^{Cc}	6/23±0/41 ^{Cb}	7/94±0/15 ^{Ca}	رسیده	
7/78±0/13 ^{Aa}	8/07±0/15 ^{Ac}	8/37±0/11 ^{Ab}	8/89±0/11 ^{Aa}	نارس (سبز)	ظاهر
6/30±0/20 ^{Aa}	6/93±0/75 ^{Bbc}	7/47±0/56 ^{Bab}	8/33±0/30 ^{Ba}	نیمه‌رسیده	
4/97±0/24 ^{Aa}	6/10±0/34 ^{Cc}	7/03±0/14 ^{Cb}	7/90±0/10 ^{Ca}	رسیده	
7/83±0/21 ^{Aa}	8/26±0/22 ^{Abc}	8/46±0/31 ^{Aab}	8/85±0/31 ^{Aa}	نارس (سبز)	سفتی بافت
6/23±0/31 ^{Aa}	6/97±0/37 ^{Bbc}	7/66±0/48 ^{Bab}	8/33±0/48 ^{Ba}	نیمه‌رسیده	
4/40±0/45 ^{Aa}	5/94±0/21 ^{Cb}	6/46±0/63 ^{Cb}	7/34±0/63 ^{Ca}	رسیده	
7/80±0/10 ^{Ab}	8/00±0/29 ^{Ab}	8/56±0/20 ^{Aa}	8/41±0/20 ^{Aa}	نارس (سبز)	پذیرش کلی
5/97±0/32 ^{Bc}	7/00±0/43 ^{Bb}	7/37±0/34 ^{Bb}	8/23±0/35 ^{ABa}	نیمه‌رسیده	
4/09±0/56 ^{Cd}	5/36±0/46 ^{Cc}	6/23±0/20 ^{Cb}	7/83±0/40 ^{Ba}	رسیده	

میانگین‌های با حروف مشابه بزرگ در هر ستون و با حروف مشابه کوچک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار ($P \geq 0/05$) با یکدیگر ندارند. هریک از مقادیر جدول نشان‌دهنده مقدار میانگین 3 تکرار \pm انحراف معیار است.

نتایج بافت‌سنجی

بافت یک محصول غذایی شامل ویژگی‌های رئولوژیکی و ساختاری (هندسی و سطحی) است که توسط گیرنده‌های مکانیکی، لمسی، بصری و شنیداری درک می‌شود (Rosenberg, 2013). بافت ترشی به دلایل مختلفی از جمله افزایش یا کاهش مواد پکتینی، میزان استری شدن پکتین و میزان کاتیون‌های محدود شده در محصول تغییر می‌کند (Fleming, Mcfeeters, & Thompson, 1987).

تغییرات مربوط به فاکتور سفتی و پیوستگی نمونه‌های مختلف ترشی میوه سیستان در جدول (4) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که میان دوره‌های مختلف نگهداری اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/05$) مشاهده گردید و در طول مدت زمان نگهداری میزان سفتی و پیوستگی تمامی نمونه‌ها از روندی کاهشی برخوردار بود. همچنین در تمامی دوره‌های نگهداری، بالاترین میزان سفتی و پیوستگی مربوط به نمونه ترشی سیستان سبز و کمترین میزان مربوط به نمونه زرد بود. کمترین مقدار سفتی (1/77 نیوتن) و پیوستگی (0/94) در نمونه ترشی رسیده در پایان 90 روز نگهداری و بیشترین مقدار سفتی (11/65 نیوتن) و پیوستگی (3/65) در نمونه ترشی میوه نارس در ابتدای زمان نگهداری مشخص گردید. علت

کاهش میزان سفتی و پیوستگی نمونه‌های ترشی و نرم شدن بافت نمونه‌ها طی مدت نگهداری ممکن است به دلیل فعالیت میکروارگانیزم‌ها و آزاد شدن آنزیم‌های میکروبی در هنگام تخمیر باشد (Yoo, Hwang, Eog Jr, & Moon, 2006). به علاوه، در طول تخمیر، ممکن است دمتیلاسیون¹ پکتین با سرعت بالایی اتفاق افتد که این سبب نرم شدن و گسستگی بافت می‌گردد (Rosenberg, 2013). Maruvada و McFeeters (2009)، در طی گزارشی بیان نمودند که با بلانچ خیار قبل از تخمیر، میزان فعالیت آنزیمی موجود در محصول کاهش یافته و در نتیجه محصول سفت‌تری ایجاد می‌شود. Hudson و Buescher (1980) در پژوهشی عنوان کردند که در صورت استفاده از خیارهای بزرگ‌تر و رسیده در تهیه خیارشور، بافت محصول کاملاً نرم می‌گردد که علت آن رسیدگی خیار و همچنین تأثیر بذر موجود در آن بر نرم شدن خیارشور می‌باشد.

¹ Demethylation

جدول 4- مقایسه میانگین بافت نمونه‌های ترشی سپستان در طی مدت 90 روز نگهداری

زمان نگهداری (روز)				تیمارها	متغیر
روز 90	روز 60	روز 30	روز 1		
9/22±0/43 ^{Ac}	9/92±1/17 ^{Abc}	10/74±0/59 ^{Ab}	11/65±0/76 ^{Aa}	نارس (سبز)	سفتی (g)
5/92±0/19 ^{Bc}	5/96±0/65 ^{Bbc}	6/58±0/56 ^{Bab}	7/76±1/07 ^{Ba}	نیمه‌رسیده	
1/77±0/21 ^{Cd}	2/26±0/24 ^{Cc}	2/97±0/43 ^{Cb}	3/46±0/32 ^{Ca}	رسیده	
2/14±0/14 ^{Ac}	2/71±0/52 ^{Abc}	3/18±0/37 ^{Ab}	3/63±0/19 ^{Aa}	نارس (سبز)	پیوستگی
1/49±0/25 ^{Bc}	1/81±0/34 ^{Bbc}	2/11±0/20 ^{Bb}	2/54±0/36 ^{Ba}	نیمه‌رسیده	
0/94±0/11 ^{Cc}	1/31±0/19 ^{Cb}	1/54±0/26 ^{Cb}	1/88±0/17 ^{Ca}	رسیده	
13/30±0/74 ^{Ba}	12/63±0/68 ^{Bab}	12/15±0/87 ^{Abc}	11/39±0/64 ^{Ac}	نارس (سبز)	چسبندگی (MJ)
13/80±0/93 ^{Ab}	12/93±0/33 ^{ABab}	12/45±0/54 ^{Ab}	11/98±0/83 ^{Ab}	نیمه‌رسیده	
14/71±1/01 ^{Aa}	13/85±0/94 ^{Aab}	12/98±0/84 ^{Abc}	12/41±1/07 ^{Ac}	رسیده	

میانگین‌های با حروف مشابه بزرگ در هر ستون و با حروف مشابه کوچک در هر ردیف تفاوت معنی‌دار ($P \geq 0/05$) با یکدیگر ندارند. هریک از مقادیر جدول نشان‌دهنده مقدار میانگین 3 تکرار \pm انحراف معیار است.

و بهبود شبکه ژلی باشد (Voldřich, Horsáková, & Čížková, & Opatová, 2008).

همانند نتایج ارزیابی حسی، آنالیز داده‌های آزمون بافت نیز نشان داد که در پایان مدت 90 روز نگهداری، نمونه ترشی میوه رسیده سپستان به دلیل بافت بیش از حد نرم و میزان چسبندگی و از هم‌گسستگی بالا از کیفیت بافت پایینی برخوردار بود؛ در مقابل نمونه ترشی نارس دارای کیفیت بافت قابل قبول و مطلوبی بود. لازم به ذکر است اختلاف معنی‌داری از نظر خاصیت ارتجاعی و صمغی میان نمونه‌های ترشی طی مدت زمان نگهداری مشاهده نشد (نتایج نشان داده نشده است).

نصری و همکاران (1399)، در طی پژوهشی اثر پودر خورشاریره را بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی خیارشور طی مدت زمان نگهداری مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که میزان سفتی نمونه‌های خیارشور در طول دوره نگهداری افزایش یافت. Kaplan و همکاران (2020)، در طی پژوهشی گزارش نمودند که ویژگی‌های بافت نمونه‌های ترشی شامل فاکتورهای سختی، قابلیت ارتجاعی، پیوستگی، صمغی‌بودن، جویدن و انعطاف‌پذیری دو نوع ترشی میوه نارس (سبز) ارقام بادام اچ‌اچ (HH^3) و کای (KA^4) با توجه به زمان تخمیر متفاوت است. آنها بیان نمودند که مقادیر سختی، صمغی‌بودن، پیوستگی و قابلیت جویدن فقط در نمونه KA با گذشت زمان تخمیر افزایش یافت

همان‌گونه که در جدول (4) مشاهده می‌شود، میزان چسبندگی نمونه‌های ترشی سپستان به صورت سبز (نارس)-نیمه‌رسیده-رسیده تعیین شد. نتایج نشان داد تا روز 30 نگهداری اختلاف معنی‌داری ($P \geq 0/05$) میان 3 تیمار مختلف ترشی مشاهده نگردید، اما در ادامه اختلاف‌های معنی‌داری مشاهده شد و مقادیر چسبندگی نمونه‌های ترشی رسیده بالاتر از نمونه‌های ترشی نارس سپستان بود. کمترین مقدار چسبندگی (11/39 مگاژول) در نمونه ترشی میوه رسیده سپستان در ابتدای نگهداری و بیشترین مقدار آن (14/71 مگاژول) در نمونه ترشی رسیده در پایان 90 روز نگهداری مشخص گردید. همچنین، میزان چسبندگی تمامی نمونه‌ها در طول مدت زمان نگهداری افزایش یافت. علت بالاتر بودن میزان چسبندگی در نمونه‌های ترشی میوه رسیده سپستان در مقایسه با میوه نارس، ممکن است به دلیل وجود مقادیر بیشتر پکتین محلول باشد که با رسیدن میوه‌ها و آزاد شدن گروه‌های هیدروکسیل از پروپکتین¹ سبب تبدیل آن به پکتین محلول می‌شود (Nighojkar, Patidar, & Nighojkar, 2019). علت افزایش میزان چسبندگی نمونه‌های ترشی در مدت زمان نگهداری می‌تواند مربوط به فعالیت آنزیم‌های میوه سپستان (به‌ویژه پکتین استراز) و آنزیم‌های میکروبی سطح میوه (به‌ویژه پلی‌گالاکتوروناز² و سلولاز قارچی) و در نتیجه تجزیه ترکیبات پلی‌ساکاریدی

³ Hacıhaliloğlu

⁴ Kabaaşı

¹ Propectin

² Polygalacturonase

مقبولیت ترشی آن دارد. بیشترین میزان مقبولیت و پذیرش کلی از نظر ارزیابان حسی در میان نمونه‌های ترشی سپستان با درجهٔ رسیدگی متفاوت مربوط به نمونه ترشی سبز یا نارس سپستان بود. هرچند این نمونه بالاترین امتیاز پذیرش کلی (8/56) را در روز 30 نگهداری کسب نمود، اما در پایان 3 ماه نگهداری نیز از امتیاز بالایی (7/8) برخوردار بود. بنابراین باتوجه به خواص تغذیه‌ای و دارویی میوهٔ سپستان و کیفیت بالای محصول تولیدشده در این تحقیق، پیشنهاد می‌شود که از این میوه به‌ویژه در شکل نارس آن در تولید ترشی استفاده شود.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی به شماره 981/49 می‌باشد. لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، به جهت حمایت‌های مالی و معنوی صمیمانه تقدیر و تشکر نمایند.

درحالی‌که مقدار قابلیت جویدن در نمونهٔ HH، در طول تخمیر کاهش یافت.

نتیجه‌گیری

با وجود دارابودن ویژگی‌های عملگرایی و ارزش دارویی بالای میوهٔ سپستان، تاکنون تحقیق‌های بسیار اندکی در مورد امکان تبدیل آن به محصولات باارزش افزوده انجام شده است. علاوه بر مزیت‌های تغذیه‌ای و دارویی، به دلیل مقاومت میوهٔ سپستان در برابر آفت‌ها و میکروارگانیسم‌ها، این محصول فاقد باقی‌ماندهٔ آفت‌کش‌ها می‌باشد. در هر حال به دلیل شرایط آب‌وهوایی مناطق حاره و گرمسیر، این میوه قابلیت نگهداری بسیار پایینی دارد. تخمیر نقش مهمی در حفظ و تولید محصولات غذایی باارزش و با ویژگی‌های حسی منحصر به فرد ایفا می‌کند. براساس نتایج این تحقیق، میوهٔ سپستان می‌تواند به‌عنوان محیط مناسبی برای فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک معرفی شود. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که میزان رسیدگی میوه‌های سپستان تأثیر بسیار زیادی در تهیه و

منابع

- ابراهیمی‌همتی کیخاه، م.، جوینده، ح.، علیزاده بهبهانی، ب. و نوشاد، م. (1399). فعالیت ضد میکروبی موسیلاژ میوه سپستان بر باکتری‌های بیماری‌زا: مطالعه در شرایط آزمایشگاهی "in vitro". *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*، 17 (101)، 71-80.
- ترابی، ف.، جوینده، ح.، نوشاد، م. و برزگر، ح. (1398). مدل‌سازی و بهینه‌یابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و قابلیت زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در پنیر فرآپالودهٔ سین‌بیوتیک حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی، محلول پودر آب پنیر و اینولین. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، 8 (2)، 137-150. doi:<https://dx.doi.org/10.22101/jrifst.2019.07.22.823>
- جوینده، ح.، نوشاد، م. و برزگر، ح. (1396). فعالیت ضد میکروبی و برهمکنش عصاره‌های آبی و اتانولی برگ سپستان (*Cordia myxa*) بر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در شرایط برون تنی. *فصلنامه بیماری‌های عفونی و گرمسیری*، 22 (79)، 41-50.
- زرگری، ع. (1390). گیاهان دارویی. دوره پنجم، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران (صفحات 526-555).
- سازمان ملی استاندارد ایران، (1387). میکروبیولوژی مواد غذایی و خوراک دام-روش جامع برای شمارش کپک‌ها و مخمرها-قسمت اول: روش شمارش کلنی در فرآورده‌های با فعالیت آبی (a_w) بیشتر از 95/0. استاندارد ملی ایران به شماره 1-10899، چاپ اول، برگرفته از <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277>
- سازمان ملی استاندارد ایران، (1394). زیتون شور-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران به شماره 987، تجدیدنظر پنجم، برگرفته از <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=47159>
- سلطان‌دلال، م.، حسینی، م.، داوودآبادی، ا.، رجبی، ز. و زمانی، س. (1395). جداسازی و شناسایی باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در انواع ترشی و شور سنتی در تهران. *مجله علوم پزشکی رازی*، 23 (143)، 81-90.

- عبداللهزاده، ن. (1395). بررسی امکان استفاده از خرماى مضافتی در مرحله خارک در تولید ترشی. (پایان نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد)، موسسه آموزش عالی خرد - بوشهر
- منافدلستان، ف.، اسمعیلی، م.، و تیموری، بک، م. (1394). ارزیابی خواص بافتی و رنگ میوه گیلان واریته سیاه مشهد در طی رسیدن. پژوهش های صنایع غذایی، 25(3)، 379-389.
- نصری، ف.، علیزاده، ح. ب.، و جوینده، ح. (1399). بررسی اثر پودر خوشاریزه (*Echinophora platyloba*) بر ویژگی های میکروبی، فیزیکی و حساسی خیارشور طی مدت زمان نگهداری. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 15(4)، 61-70.
- Abdollahzadeh, N. (2016). *Study on the processing of Mazafati date at Khalal stage into date pickle*. (Unpublished master's thesis), Kherad Institute of Higher Education, (in Persian)
- Al-Hooti, S., Sidhu, J. S., Al-Otaibi, J., Al-Ameeri, H., & Qabazard, H. (1997). Utilization of date fruits at different maturity stages for variety pickles. *Advances in food sciences*, 19(1-2), 1-7.
- Benkerroum, N. (2013). Traditional Fermented Foods of North African Countries: Technology and Food Safety Challenges With Regard to Microbiological Risks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 54-89. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00215.x>
- Casado, F. J., López, A., Rejano, L., Sánchez, A. H., & Montaña, A. (2004). Nutritional composition of commercial pickled garlic. *European Food Research and Technology*, 219(4), 355-359. doi:<https://doi.org/10.1007/s00217-004-1003-5>
- Conte, P., Fadda, C., Del Caro, A., Urgeghe, P. P., & Piga, A. (2020). Table Olives: An Overview on Effects of Processing on Nutritional and Sensory Quality. *Foods*, 9(4), 514. doi:<https://doi.org/10.3390/foods9040514>
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.216>
- Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2020). Antimicrobial potential of Cordia myxa fruit on pathogenic bacteria: A study "in vitro" laboratory conditions. *Journal of food science and technology(Iran)*, 17(101), 71-80. (in Persian)
- Fernandez, A. G., Adams, M. R., & Fernandez-Diez, M. J. (1997). *Table Olives: Production and processing*: Springer US.
- Fleming, H. P., Mcfeeters, R. F., & Thompson, R. L. (1987). Effects of Sodium Chloride Concentration on Firmness Retention of Cucumbers Fermented and Stored with Calcium Chloride. *Journal of Food Science*, 52(3), 653-657. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06695.x>
- Ghnimi, S., & Guizani, N. (2018). Vegetable Fermentation and Pickling. In M. Siddiq & M. A. Uebersax (Eds.), *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing* (pp. 407-427).
- Hassan, Q. U., & Sarfraz, R. A. (2018). Effect of different nutraceuticals on phytochemical and mineral composition as well as medicinal properties of home made mixed vegetable pickles. *Food Biology*, 7(0), 24-27. doi:<https://doi.org/10.25081/fb.2018.v7.3666>
- Hudson, J. M., & Buescher, R. W. (1980). Prevention of soft center development in large whole cucumber pickles by calcium. *Journal of Food Science*, 45(5), 1450-1451. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb06582.x>
- Hurtado, A., Reguant, C., Bordons, A., & Rozès, N. (2009). Influence of fruit ripeness and salt concentration on the microbial processing of Arbequina table olives. *Food Microbiology*, 26(8), 827-833. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.05.010>
- Hutkins, R. W. (2006). *Microbiology and Technology of Fermented Foods*: Wiley-Blackwell.
- Iranian National Standardization Organization. (2008). Microbiology of food and animal feeding stuffs- Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds-Part 1 : Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. ISIRI No. 10899-1, 1st Edition. Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=12277> (in Persian)

- Iranian National Standardization Organization. (2016). Table olive oil in brine- specifications and test methods. ISIRI No. 987, 5th Revision. Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=47159> (in Persian)
- Jamkhande, P. G., Barde, S. R., Patwekar, S. L., & Tidke, P. S. (2013). Plant profile, phytochemistry and pharmacology of *Cordia dichotoma* (Indian cherry): A review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(12), 1009-1012. doi:[https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60194-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60194-X)
- Jooyandeh, H., Noshad, M., & Barzegar, H. (2018). Investigation of the Antimicrobial and Interaction of the Aqueous and Ethanolic Extracts of *Cordia myxa* on some Pathogenic Microorganisms in vitro. *Iranian Journal of Infectious Diseases*, 22(79), 41-50. (in Persian)
- Kaplan, M., Eskigün, S., Levent, O., Baydir, A. T., Diraman, H., Atik, A., . . . ErdoĖan, A. (2020). *Change of textural properties during fermentation in pickles made from unripened seeds of two domestic apricot cultivars ('HacihaliloĖ lu' and 'KabaĖ Ė±') in Malatya.*
- KaroviĖov, J., Drdk, M., Greif, G., & Hybenov, E. (1999). The choice of strains of *Lactobacillus* species for the lactic acid fermentation of vegetable juices. *European Food Research and Technology*, 210(1), 53-56. doi:<https://doi.org/10.1007/s002170050532>
- Khatchadourian, H. A., Sawaya, W. N., Ayaz, M., & Al-Mohammad, M. M. (1987). Processing date varieties into pickles. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(3), 243-247. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00484.x>
- Lavermicocca, P., Valerio, F., Lonigro, S. L., De Angelis, M., Morelli, L., Callegari, M. L., . . . Visconti, A. (2005). Study of Adhesion and Survival of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* on Table Olives with the Aim of Formulating a New Probiotic Food. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(8), 4233-4240. doi:<https://doi.org/10.1128/AEM.71.8.4233-4240.2005>
- Lennox, J., & Efiuvwevwere, B. (2013). Microbial dynamics during cucumber fermentation. *Global Research Journal of Microbiology*, 3(2), 13-17.
- Lennox, J. A., & Efiuvwevwere, B. J. O. (2014). Microbial dynamics of fermenting garden egg (*Solanum melongena*) *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(7), 950-957.
- Loyola, N., Duarte, O., & Acuna, C. (2012). Preparation and evaluation of pickles made from asparagus waste stems. *Ciencia e investigación agraria*, 39(2), 361-368. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202012000200012>
- Manaf Delsetan, F., Esmaili, M., & Teymouri Bak, M. (2015). Evaluation of textural and color properties of sweet cherry (cv. Syahe Mashhad) during ripening period. *Journal of Food Research*, 25(3), 379-389. (in Persian)
- Maruvada, R., & McFeeters, R. F. (2009). Evaluation of enzymatic and non-enzymatic softening in low salt cucumber fermentations. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(6), 1108-1117. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01925.x>
- 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 & Food Technology*, 15(4), 61-70. (in Persian)
- Nighojkar, A., Patidar, M. K., & Nighojkar, S. (2019). 8 - Pectinases: Production and Applications for Fruit Juice Beverages. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Processing and Sustainability of Beverages* (pp. 235-273): Woodhead Publishing.
- Palma-Harris, C., McFeeters, R. F., & Fleming, H. P. (2002). Fresh Cucumber Flavor in Refrigerated Pickles: Comparison of Sensory and Instrumental Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4875-4877. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0116404>
- Panagou, E. Z., Schillinger, U., Franz, C. M. A. P., & Nychas, G.-J. E. (2008). Microbiological and biochemical profile of cv. Conservolea naturally black olives during controlled fermentation with selected strains of lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 25(2), 348-358. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.005>
- Papafotopoulou-Patrinou, E., Kallis, M., Bekatorou, A., Kanellaki, M., Koutinas, A. A., Schoina, D., . . . Panas, P. (2015). Acceleration of ripening and improvement of quality of olive pickles by encapsulated cells in

- nano/micro-tubular cellulose. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1029-1036. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.009>
- Park, B.-R., Park, J.-J., Hwang, I.-G., Han, H.-M., Shin, M., Shin, D.-S., & Yoo, S.-M. (2014). Quality and antioxidant activity characteristics during storage of tea leaf pickles with different vinegar contents. *Korean journal of food and cookery science*, 30(4), 402-411. doi:<https://doi.org/10.9724/kfcs.2014.30.4.402>
- Patel, M. (2019). Effect of Physical and Microbiological Parameters on Ready Made Pickles: A Review. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 9(2), 31-36.
- Reina, L. D., Breidt Jr., F., Fleming, H. P., & Kathariou, S. (2005). Isolation and Selection of Lactic Acid Bacteria as Biocontrol Agents for Nonacidified, Refrigerated Pickles. *Journal of Food Science*, 70(1), M7-M11. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09050.x>
- Rosenberg, L. (2013). *Texture of pickles produced from commercial scale cucumber fermentation using calcium chloride instead of sodium chloride*. (Master's thesis, Graduate Faculty of North Carolina State University, North Carolina), Retrieved from <https://repository.lib.ncsu.edu/bitstream/handle/1840.16/9147/etd.pdf?sequence=2>
- Sayin, F. K., & Alkan, S. B. (2015). The effect of pickling on total phenolic contents and antioxidant activity of 10 vegetables. *Food and Health*, 1(3), 135-141. doi:<https://doi.org/10.3153/JFHS15013>
- Soltan Dallal, M. M., Hosseini, M., Davoodabadi, A., Rajabi, Z., & Zamani, S. (2016). Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria in traditional pickles and salted pickles from Tehran, Iran. *Razi Journal of Medical Sciences*, 23(143), 81-90. (in Persian)
- Susilowati, S., Laia, S., & Purnomo, H. (2018). The effect of salt concentration and fermentation time on pH value, total acidity and microbial characteristic of pickled ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *International Food Research Journal*, 25(6), 2301-2306.
- Suwannachot, J., Ketnawa, S., & Ogawa, Y. (2021). Comparative Study of the Physico- and Biochemical Properties of Two Types of Salted Japanese Apricot (*Prunus mume*) Pickles. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(27). doi:<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606688>
- Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., & Barzegar, H. (2019). Modeling and Optimization of Physicochemical and Organoleptical Properties and *Lactobacillus acidophilus* Viability in Ultrafiltered Synbiotic Cheese, Containing Microbial Transglutaminase Enzyme, Whey and Inulin. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 8(2), 137-150. doi:<https://dx.doi.org/10.22101/jrifst.2019.07.22.823> (in Persian)
- Voldřich, M., Horsáková, I., Čížovský, M., Čížková, H., & Opatová, H. (2008). Factors Affecting the Softening of Pickled Pasteurised Cucumbers. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(1), S314-S318. doi:<https://doi.org/10.17221/1072-CJFS>
- 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(2), C97-C101. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08889.x>
- Zargari, A. (2011). *Medicinal Plant's* (Vol. Volume Five - 8th Edition): Tehran University Publications. (in Persian)

Effect of Ripening Degree of Sepestan Fruit on the Quality of its Pickle during Storage Period

Hossein Jooyandeh^{1*}, Behrooz Alizadeh Behbahani², Mohammad Noshad¹,
Mohsen Ebrahimi Hemmati Kaykha³

1- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

* Corresponding author (hosjooy@asnrukh.ac.ir)

2- Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- MSc. Graduate, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Abstract

After harvesting of Sepestan (*Cordia myxa*) fruit, it immediately undergoes the physical and chemical spoilage. Therefore, Sepestan fruit has a limited shelf life and some procedures should be considered so that it could be stored and consumed for a longer period of time. One of the practical methods to enhance shelf life of the fruits and vegetables is their conversion into various products such as pickles. In this study, the effect of ripening extent with three different ripening degrees: unripe/green fruit, semi-ripe and ripe were evaluated on the quality of Sepestan pickles during 90 days of storage at the ambient temperature. For pickle preparation, an identical amount of 6% vinegar solution (about 25% of fruit weight) was used and physicochemical, textural, microbial, and sensorial properties of samples were evaluated during the storage period. The results showed that during the storage period, amounts of pH, hardness, cohesiveness, and all the sensory attributes of all the pickle samples decreased while acidity, adhesiveness, and the counts of lactic acid bacteria and molds and yeasts increased. Furthermore, the lowest number of lactic acid bacteria and molds and yeasts count at the end of the keeping period was related to the unripe sample and the highest amount was related to the ripe sample. Throughout the storage period, particularly at the end of 90 days, pickle sample prepared from unripe fruit had significantly ($P<0.01$) the highest acceptance. According to the findings of the present study, the unripe Sepestan fruit can be well used for pickle production.

Keywords: Degree of ripening, Lactic acid bacteria, Sensory evaluation, Sepestan pickle, Storage period