مطالعه اثر جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های کم‌کالری زایلیتول و استویا بر ویژگی‌های شیمیایی و حسی مربای توت‌فرنگی در طول دوره نگهداری

آذین نصرالله زاده*

گروه علوم و صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

azinnasr@yahoo.com

چکیده

این مطالعه به بررسی اثرات جایگزینی شکر با استویا و زایلیتول در تولید مربای توت‌فرنگی کم‌کالری طی ۹۰ روز پرداخت. تیمارها شامل ۱۰۰٪ ساکارز، ۶۰٪ ساکارز + ٪۴۰ استویا؛ ٪۵۰ ساکارز + ٪۵۰ استویا؛ ۴۰٪ ساکارز +۶۰ ٪ استویا؛ ۵۰٪ ساکارز + ۵۰٪ زایلیتول؛ ۷۵٪ ساکارز + ۲۵٪ زایلیتول و ۵۰٪ ساکارز + ۲۵٪ زایلیتول + ۲۵٪ استویا بود. ارزیابی تیمارها شامل بررسی ویژگی‌های شیمیایی، میکروبی و حسی بود که در اولین روز تولید و پس از ۳۰،۶۰ و ۹۰ روز نگهداری در قالب طرح آماری فاکتوریل انجام گرفت. نتایج نشان داد که تیمارهای حاوی زایلیتول در مقایسه با تیمارهای حاوی استویا در کلیه آزمون‌ها مشابهت بیشتری با نمونه شاهد داشتند به‌طوری‌که نمونه حاوی ۲۵٪ زایلیتول و ۷۵٪ ساکارز با حفظ بالاترین میزان بریکس (۸۳/۳ درصد)، بیشترین قوام (۷/۷۸ سانتی‌پواز) و کسب بالاترین امتیاز پذیرش کلی (۴/۶ از ۱۰)، بهترین عملکرد را در طول دوره نگهداری در مقایسه با نمونه‌های حاوی ۶۰ درصد استویا با کمترین بریکس (۵۰/۳ درصد)، کمترین قوام (۵/۰۲ سانتی‌پواز) و پایین‌ترین پذیرش کلی (۲/۶ از ۱۰) داشت. همچنین تیمار حاوی ۵۰ درصد شکر و۵۰ درصد زایلیتول کمترین فعالیت آبی (۰/۷۲) را داشته درصورتی‌که در تیمار حاوی ۶۰ درصد استویا فعالیت آبی (۰/۹۲) به حداکثر رسید. میزان pH و رشد کپک و مخمر تحت تأثیر نوع و مقدار شیرین‌کننده و طول دوره‌ی نگهداری قرار نگرفتند. به‌طورکلی یافته‌ها حاکی از آن است که فرمولاسیون حاوی ۲۵٪ زایلیتول به‌عنوان گزینه بهینه برای تولید مربای کم‌کالری با حفظ ویژگی‌های کیفی و پذیرش مصرف‌کننده قابل‌توصیه است.

واژه‌های کلیدی: استویا، زایلیتول، مربای کم‌کالری، نگهداری.

*مسئول مکاتبات: azinnasr@yahoo.com

۱- مقدمه

توت‌فرنگی بانام علمی *Fragaria × ananassa* گونه‌ای دورگه و متعلق به جنس Fragaria است که به‌عنوان یکی از میوه‌های محبوب شناخته می‌شود و به دلیل ویژگی‌های حسی مطلوب مانند طعم، رنگ و مزه منحصربه‌فرد و خواص ویتامینی، آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ارزش غذایی بالا موردتوجه است. اما این میوه پس از برداشت سریعاً در مسیر زوال قرار می‌گیرد. اما به دلیل فصلی بودن و محتوای رطوبتی بالای توت‌فرنگی، نگهداری آن برای مدت طولانی به‌صورت میوه خام مشکل است. بنابراین تهیهٔ مربا، یکی از روش‌های کاربردی و مناسب برای افزایش ماندگاری این میوه است که علاوه بر حفظ بخشی از خواص تغذیه‌ای از هدر رفت میوه هم جلوگیری می‌کند (۹ و ۲۷). مهم‌ترین عامل نگهداری در این روش، غلظت بالای مواد قندی مانند شکر، پایین بودن فعالیت آبی، حرارت دهی در فرآیند پخت و کاهش pH است (۱۹). از طرف دیگر بحران شیوع دیابت خطری جدی به شمار می‌رسد که امروزه با مصرف محصولات حاوی قند وشکر جهان را درگیر کرده است و بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت تعداد مبتلایان به دیابت در سال ۲۰۲۵ به ۶۴۳ میلیون نفر می‌رسد. ایران نیز یکی از کشورهایی است که با رشد سریع دیابت مواجه است. در سال ۲۰۲۱، حدود ۱۱ درصد از جمعیت بزرگسال ایران (بیش از ۷ میلیون نفر) به دیابت مبتلا بودند که پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۲۵ به ۹ میلیون نفر برسد. اما خوشبختانه در حال حاضر افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان دربارهٔ مضرات شکر و قندهای تصفیه‌شده، منجر به کاهش میزان تقاضا برای مصرف مواد غذایی حاوی مقادیر بالای شیرین‌کننده‌ها شده است که می‌تواند برای بیماران دیابتی و دارای اضافه‌وزن نیز گزینه مناسبی باشد (۳۳). با استفاده از شیرین‌کننده‌های کربوهیدراتی و یا غیرکربوهیدراتی جایگزین شکر، می‌توان مواد غذایی کم‌کالری اما باکیفیت مطلوب تولید نمود که منجر به محدودیت مصرف شکر شود. با توجه به خصوصیات شیرین‌کننده‌های استویا و زایلیتول که قابلیت تحمل حرارت پخت در تولید مربا را دارند، این ترکیبات از پتانسیل بالایی برای استفاده به‌عنوان جایگزین شکر در مربا برخوردار بوده و می‌توانند در تولید مربای رژیمی کم‌کالری مورداستفاده قرار گیرند (۷). استویا که از برگ گیاه استویا به دست می‌آید با قدرت شیرینی بیشتر از ساکارز، کالری کمتر، اندیس گلایسمی پایین‌تر، ویژگی‌های ضدمیکروبی و ضدسرطانی، پایداری حرارتی بیش از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین مقاومت در برابر اسید و تخمیر گزینه مناسبی است که در گستره وسیعی از محصولات قنادی، غذاهای پخته و نیز در

نوشیدنی‌های اسیدی به کار گرفته می‌شود (۶ و۱۶). دو گلیکوزید اصلی گیاه استویا، استویوزید[۱] و ربودیوزید A[۲] هستند که به ترتیب غلظت دامنه‌ای از ۳ تا ۱۰ درصد و ۱ تا ۳ درصد از ماده خشک برگ را تشکیل می‌دهند. استویوزید ۲۰۰ تا ۳۰۰ مرتبه و ربودیوزید A ۱۸۰ تا ۴۰۰ مرتبه شیرین‌تر ساکارز هستند. در شصت و سومین جلسه کمیته‌های مشترک نظارت غذایی و دارویی آمریکا با سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۵ بدون ضرر بودن استویا رسماً اعلام شد (۱۲) و مقدار مصرف هر یک از گلیکوزیدهای مؤثر به ترتیب ۱/۳ و ۳/۴ میلی‌گرم برای مصارف عمومی، ۲/۱ و ۵ میلی‌گرم برای کودکان و همچنین ۳/۴ و ۴/۵ برای افراد دیابتی به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تعیین شد (۱۴) علاوه بر این نتایج مطالعات نشان می‌دهند که عصاره متانولی گونه‌های مختلف استویا به دلیل حضور فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، گزانتوفیل‌ها و هیدروکسی سینامیک اسید دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی چشمگیری نیز می‌باشند که خواص سودمند آن را مضاعف می‌کند اما با وجود تمام ویژگی‌های مثبت، این شیرین‌کننده در ایجاد بافت، طعم و ویژگی‌های حسی با مشکلاتی روبروست (۱۱). در بین دیگر شیرین‌کننده‌های الکلی که می‌توانند به عنوان جایگزین شکر در محصولات کم‌کالری استفاده شوند قند زایلیتول، قدرت شیرینی تقریباً معادل شکر داشته که در برابر حرارت پایدار بوده، در آب حلالیت بالایی دارد و در طیف وسیعی از pH غذا پایدار است (۲۶ و ۳۵). مطالعات نشان می‌دهند که زایلیتول حتی می‌تواند به‌عنوان جایگزین کامل شکر در مربا استفاده شود و با حفظ بافت و پخش‌پذیری مشابه، ۴۰٪ کالری کمتر ارائه دهد اگر چه ممکن است نیاز به تنظیم میزان پکتین داشته باشد (۲۷ و ۲۸). این شیرین‌کننده در مربا فعالیت آبی را کاهش داده و پایداری محصول را نیز بهبود می‌بخشد. ازنظر ارزیابی حسی نیز، با ایجاد بافت مناسب واثر خنک‌کنندگی مطلوبی که در مربای میوه‌ای ایجاد می‌کند پذیرش مصرف‌کننده از مربای حاوی زایلیتول بیش از ۸۵٪ گزارش‌شده است (۳۴).

در مقایسه تحقیقات نشان می‌دهند علیرغم اینکه استویا به‌عنوان شیرین‌کننده طبیعی حتی می‌تواند تا ۷۰٪ جایگزین شکر در مربا شود، اما به دلیل ایجاد پس‌طعم نامطلوب، کاهش ویسکوزیته و ناتوانی در تشکیل بافت مناسب، معمولاً نیاز به افزودن ترکیباتی مانند پکتین، اریتریتول یا سوربیتول دارد. مطالعات حاکی از آن است که اگرچه این ترکیبات تقویت‌کننده تا حدی چالش‌ها را مرتفع می‌کنند، ولی مشکلاتی مانند کریستاله شدن، احساس خنکی در دهان، قوام نامناسب، افزایش فعالیت آبی و کاهش پذیرش حسی همچنان باقی می‌ماند. در بین قندهای الکلی زایلیتول با طعمی مشابه شکر می‌تواند تا حدی نواقص استویا از نظر حجم را برطرف کند و بافت بهتری نیز در مربا ایجاد کند (۳۲، ۴۰ و ۴۴). تاکنون پژوهشی درباره استفاده هم‌زمان استویا و زایلیتول در مربا و مقایسه استفاده هر یک از آنها به طور مستقل انجام نشده است؛ بنابراین بررسی این ترکیب نوآورانه می‌تواند راه‌حلی برای بهبود

---

[۱] Stevioside
[۲] Rebaudioside A

طعم، بافت و کیفیت مربا با شکر کاهش یافته ارائه دهد. مطالعهٔ حاضر به امکان‌سنجی تهیه مربا با استفاده از قند استویا و زایلیتول (به‌صورت مستقل و ترکیبی) باهدف کاهش مقدار شکر در مربای توت‌فرنگی پرداخته است.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق، توت‌فرنگی، شکر، استویا، زایلیتول و پکتین به‌عنوان مواد اولیه مورداستفاده قرار گرفتند. شکر با درجه خلوص ۹۹ درصد از شرکت کارون خوزستان، پودر استویا از شرکت یگانه شیرین الوند (با استویوزید ۹۵/۰۳ درصد)، زایلیتول از شرکت کارگیل هلند (با خلوص ۹۹ درصد) و پکتین با درجه متوکسیل ۲۰ درصد (شرکت آگرین پکتین سپاهان اصفهان) تهیه‌شده و همچنین از اسیدسیتریک و کلرید کلسیم با خلوص ۹۹ درصد (شرکت آرمان سینا) استفاده گردید.

۲-۱- روش آماده‌سازی تیمارها

میوه توت‌فرنگی در ظروف استیل، تحت‌فشار اتمسفر همراه با مقداری آب و شکر و یا شیرین‌کننده‌های استویا و زایلیتول (با نسبت جایگزینی از ۰ تا ۱۰۰ درصد به‌جای شکر) مخلوط شدند. برای تیمارهای حاوی شیرین کننده های جایگزین مطابق جدول ۱ در فرمولاسیون کدگذاری انجام گردید. شیرینی استویا حدود ۳۰۰ برابر و زایلیتول تقریباً معادل شکر در نظر گرفته شد (۴۸). سپس با تنظیم pH در حدود ۳/۲ تا ۳/۳ محلول پکتین، کلرید کلسیم به مخلوط مربا اضافه شد و فرآیند پخت مربا تا رسیدن به بریکس معین (۶۵ تا ۷۰) ادامه داشت. سپس حرارت قطع‌شده و مرباها قبل از سرد شدن با روش پر کردن داغ[1] در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در ظروف شیشه‌ای ریخته و به مدت ۲۰ دقیقه پاستوریزه شد (۴۶). همچنین یک نمونه مربای شاهد (حاوی ۱۰۰درصد ساکارز) نیز تولید شد و کلیه مرباها در دمای محیط نگهداری شدند. سپس ویژگی های نمونه‌های تولیدشده در بازه زمانی صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز موردبررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- نسبت‌های مختلف جایگزینی استویا و زایلیتول در نمونه‌های مربا

تیمارها	درصد ساکارز	درصد استویا (معادل شیرینی ساکارز)	درصد زایلیتول (معادل شیرینی ساکارز)
A	۱۰۰	۰	۰

[1] Hot filling

B	۶۰	۴۰	۰
C	۵۰	۵۰	۰
D	۴۰	۶۰	۰
E	۵۰	۰	۵۰
F	۷۵	۰	۲۵
G	۵۰	۲۵	۲۵

۲-۲- آزمون‌های موردبررسی

۲-۲-۱- اندازه‌گیری pH

نمونه‌های مربا در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه pHمتر (Mettler-Toledo AG، سوئیس) با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. ابتدا دستگاه pHمتر با محلول تامپون با pH برابر ۴ و ۷ تنظیم شد، سپس مقداری از فرآورده را یکنواخت کرده داخل یک بشر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و با قرار دادن الکترود pH متر داخل فرآورده و ثابت شدن عدد، میزان pH در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید (۲۲).

۲-۲-۲- اندازه‌گیری مواد جامد محلول (بریکس)

در اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر (Atago، ژاپن) و طبق روش مطرح‌شده در استاندارد AOAC استفاده شد. پس از تنظیم دستگاه رفراکتومتر، مقداری از فرآورده یکنواخت و صاف‌شده را روی منشور آن ریخته و میزان مواد جامد محلول در آب آن (در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) برحسب درجه بریکس یادداشت شد(۲۰).

۲-۲-۳- اندازه‌گیری فعالیت آبی

برای اندازه‌گیری فعالیت آبی به کمک دستگاه سنجش فعالیت آبی (Lutron، تایوان) تا پر شدن محفظه دستگاه، مربا ریخته و فعالیت آبی نمونه‌ها از روی دستگاه قرائت گردید (۷).

۲-۲-۴- اندازه‌گیری قوام

اندازه‌گیری قوام نمونه‌های مربا در دمای محیط با دستگاه قوام سنج آدامز ایران انجام گرفت، به‌طوری‌که مربا تا پر شدن بخش استوانه‌ای قوام‌سنج ریخته شده و در ادامه، با بالا کشیدن بخش استوانه‌ای، میزان میانگین پخش‌شدگی مربا، در طول محورهای دایره‌ای در ۸ نقطه و مدت‌زمان ۱ دقیقه اندازه‌گیری شد (۷).

۲-۲-۵- اندازه‌گیری کپک و مخمر

جهت اندازه‌گیری بار میکروبی مقدار ۵۰ گرم از نمونه با ۴۵۰ میلی‌لیتر آب پپتون ۰/۱ درصد و توئین استریل در هاون کاملاً مخلوط شد. رقت‌های مختلف از عصاره صاف‌شده ساخته شد و ۱۰۰ میکرو لیتر از هر رقت به‌صورت سطحی روی محیط کشت انتخابی رز بنگال کلرامفنیکل آگار (RCA) کشت داده شد. سپس به مدت ۵ تا ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد و بعدازآن تعداد کلونی‌های کپک و مخمر از محیط کشت تغییریافته مورد شمارش قرار گرفت. جمعیت کپک، مخمر در هر نمونه به‌صورت شاخص CFU که تعداد کلونی را به ازای گرم نشان می‌دهد از رابطه‌ی (۱) محاسبه شد (۱۵):

عکس رقت در هر سطح × کلونی شمارش‌شده در هر پتری دیش = میزان کپک مخمر (CFU/Gr) : رابطه (۱)

۲-۲-۶- ارزیابی حسی

آزمون هدونیک، متداول‌ترین روش در ارزیابی حسی است که اساس آن تعیین میزان درک آنی و احساس ارزیاب نسبت به ماده غذایی مورد ارزیابی است. از ۱۵ ارزیاب برای انجام آزمون دعوت شد و تمام نمونه‌ها ۳ ساعت قبل از انجام آزمایش در ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از آمدن ارزیاب‌ها تمام نمونه‌ها در دمای اتاق و در شرایط نور معمولی در ظروف شیشه‌ای کدگذاری شده، قرار گرفتند. قاشق در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت و آب آشامیدنی برای شستشوی دهان ارائه شد. مرباها و نمونه‌ی شاهد، همراه بافرم مخصوص به ارزیاب‌ها داده شد. در هر جلسه، ارزیاب‌ها ۶ تا ۸ نمونه را ارزیابی کردند و مقادیر متوسط نمرات حسی (رنگ، طعم، بافت، بو و پذیرش کلی) در تجزیه‌وتحلیل مورداستفاده قرار گرفت. برای این منظور امتیاز ۵ به کیفیت مطلوب و امتیاز یک برای کیفیت نامطلوب اختصاص داده شد (۱۶).

۲-۳- تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری این پژوهش بر اساس مدل آماری آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و کلیه آزمون‌ها در ۳ تکرار انجام شدند. فاکتور اول شامل ۷ سطح شیرین‌کننده و فاکتور دوم شامل ۴ سطح طول مدت‌زمان نگهداری بود. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها و اختلاف معنی‌دار ($\alpha\leq$ ۰/۰۵) میان میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری دانکن انجام گرفت. نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel نسخهٔ ۲۰۱۶ رسم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت‌زمان نگهداری بر pH

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد استفاده از شیرین‌کننده‌های جایگزین و مدت‌زمان نگهداری روی pH مربای توت‌فرنگی کم‌کالری در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند (جدول ۲). بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به مقدار معینی از اسیدسیتریک که به‌تمامی تیمارهای مربا (تا رسیدن به pH محدوده ۳/۶ – ۳/۴) باهدف تشکیل ژل و ایجاد قوام افزوده شده، خواص اسیدی مستقل از نوع شیرین‌کننده بوده و تنوع آن‌ها تأثیری بر pH مربا نمی‌گذارد (۱۲). پژوهش انجام‌گرفته توسط Nazaruddin و همکاران (۲۰۲۱) با مطالعه مربای آناناس حاوی شیرین‌کننده کم کالری زایلیتول و استویا گزارش داد از آنجا که اسیدیته مربا بیش از همه تحت تاثیر اسیدهای طبیعی میوه از جمله اسید سیتریک است بنابراین تفاوت در شیرین‌کننده‌ها تأثیری در pH مربا نمی‌گذارد (۳۹). حسینی و همکاران (۱۳۹۴) هم در ارتباط با جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های کم‌کالری در نکتار پرتقال نشان دادند که هیچ تغییری در pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نشد (۵). Yadav و همکاران (۲۰۱۱) هم گزارش دادند با توجه به اینکه قندهای استویوزیدی قابلیت تخمیر و همچنین شرکت در واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد را ندارند، بنابراین امکان تولید ترکیبات اسیدی جدیدی در مربا را نخواهند داشت که درمجموع منجر به عدم‌تغییر در pH محصول نهایی خواهد شد (۵۱).

جدول ۲-تجزیه واریانس اثر جایگزین‌های شکر و مدت‌زمان نگهداری بر ویژگی‌های مربای کم‌کالری

منابع تغییرات	درجه آزادی	pH	مواد جامد محلول (بریکس)	فعالیت آبی	قوام	کپک و مخمر
شیرین‌کننده	۶	۰/۰۰۵^{ns}	۲۹/۸۲*	۰/۰۷۴*	۱۰/۶۱*	۰/۰۱^{ns}

زمان	۳	۰/۰۰۶ ns	۰/۱۲*	۰/۰۰۴*	۰/۶۴*	۰/۰۰۵ ns
اثر متقابل (شیرین‌کننده × زمان)	۱۸	۰/۰۰۲ns	۰/۰۷*	۰/۰۰۴*	۰/۰۲*	۰/۰۲ns
خطا	۵۶	۰/۰۰۴	۰/۲۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲
کل	۸۴	-	-	-	-	–

*: نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و ns: عدم معنی‌داری

۳-۲- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت‌زمان نگهداری بر مواد جامد محلول (بریکس)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد جایگزین‌های شکر و طول مدت‌زمان نگهداری بر مقدار بریکس مربای توت‌فرنگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد می‌کند (جدول ۲) و نتایج میانگین‌ها در جدول (۳) نشان می‌دهد بیشترین میزان بریکس پس از تیمار شاهد مربوط به تیمار F (۷۵ ٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول) در پایان ماه سوم و کمترین آن در تیمار D (۴۰٪ شکر و ۶۰ ٪ استویا) در روز نخست مشاهده شد (به ترتیب ۸۳/۳ و ۵۰/۳ درصد). این تمایز می‌تواند به تفاوت قدرت شیرین‌کنندگی قندهای جایگزین ارتباط داشته باشد که با توجه به قدرت شیرین‌کنندگی استویا مقدار جزئی از آن به‌منظور احیای شیرینی معادل ساکارز موردنیاز هست و این مسئله منجر به کاهش میزان مواد جامد در نمونه حاوی استویای بالا می‌شود. در همین رابطه Saniah و همکارانش (۲۰۱۲) با جایگزینی قند استویا در نوشابه گازدار نشان دادند کاهش ساکارز و جایگزینی استویا تأثیر منفی بر میزان بریکس داشته است. درحالی‌که در تیمارهای حاوی زایلیتول شرایط متفاوت بود و این تفاوت به قدرت شیرینی برابر زایلیتول با شکر برمی‌گردد بنابراین کاهش محسوسی در میزان بریکس مربای حاوی زایلیتول بالا در مقایسه با نمونه شاهد دیده نخواهد شد (۴۴). مطالعات عافی و همکاران (۱۳۹۸) نیز حاکی از آن بود که با افزایش نسبت جایگزینی شکر با قند الکلی سوربیتول تا ۳۸ درصد تغییر معنی‌داری در میزان مواد جامد محلول نسبت به نمونه کنترل مشاهده نشد اما افزایش بیشتر سوربیتول منجر به کاهش بریکس در مربا خواهد شد (۱۱). همچنین مقدار نتایج بریکس در طول ۹۰ روز نگهداری نیز نشان داد در کلیه تیمارها حداکثر میزان بریکس در روز ۹۰ نگهداری و حداقل آن در روز اول مشاهده گردید. البته در کلیه تیمارها مقدار بریکس در تمام دوره‌ی نگهداری از حداقل مقدار مجاز استاندارد مربا (معادل ۶۵) بالاتر بود (۱۵). افزایش بریکس با گذر زمان می‌تواند به علت شکسته شدن بخشی از ساکارز به گلوکز و فروکتوز در شرایط اسیدی مرتبط باشد. به دلیل وجود فروکتوز در قند اینورت (که حلالیت بالاتری نسبت به ساکارز دارد) حتی در غلظت‌های یکسان نیز، بریکس بالاتری در مقایسه با شکر در طول دوره‌ی نگهداری ایجاد

می‌شود. وجود شرایط اسیدی برای مربای حاوی استویا نیز در زمان نگهداری به‌مرور می‌تواند منجر به تجزیه ربودیوزید استویا شده که افزایش مواد جامد محلول را به دنبال دارد (۱۴). البته نتایج مطالعه حاضر نشان داد روند افزایش مواد جامد محلول در ماه اول و دوم نگهداری بیشتر و سپس در طول ماه سوم کندتر شد. امیری و همکاران (۱۳۹۸) نیز گزارش کردند با افزایش مدت‌زمان نگهداری درصد مواد جامد محلول افزایش می‌یابد و این افزایش را به کاهش آب موجود در میوه در دوره نگهداری ارتباط دادند که این از دست رفتن آب موجود در میوه در روزهای اول قابل ملاحظه‌تر بود، علاوه بر این حلالیت بیشتر زنجیره‌ی پلی گالاکتورونیک و همی سلولز موجود در دیواره سلولی میوه توت‌فرنگی نیز ممکن است یکی از دلایل افزایش مواد جامد محلول در طول زمان نگهداری باشد (۲). مطالعه‌ی دیگری روی مربای هلو نشان داد که پس از ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد، میزان بریکس به‌طور جزئی افزایش یافت که تبخیر رطوبت و تغلیظ مواد جامد محلول از مهم‌ترین دلایل آن است. البته دما و رطوبت محیط نقش مؤثری دراین‌ارتباط دارند، به‌طوری‌که دمای بالا و رطوبت پایین محیط می‌تواند به افزایش بریکس، سرعت وشدت بیشتری بدهد (۴۹).

جدول ۳- اثر متقابل شیرین‌کننده و مدت‌زمان نگهداری بر مقادیر بریکس

Sample	روز ۱	روز ۳۰	روز ۶۰	روز ۹۰
A	$۸۳/۱۳ \pm ۰/۵۳^{Ba}$	$۸۵/۴ \pm ۰/۵۵^{Aa}$	$۸۵/۹۰ \pm ۰/۰۶^{Aa}$	$۸۶/۴۴ \pm ۰/۶۵^{Aa}$
B	$۵۶/۵۵ \pm ۰/۱۲^{Cd}$	$۵۹/۲۴ \pm ۰/۱۴^{Bd}$	$۶۰/۸۴ \pm ۰/۵۴^{Ad}$	$۶۱/۸۵ \pm ۰/۲۲^{Ad}$
C	$۵۴/۵۵ \pm ۰/۴^{Cd}$	$۵۸/۸ \pm ۰/۷۶^{Bd}$	$۶۰/۳۴ \pm ۰/۷۶^{Ad}$	$۶۰/۹۲ \pm ۰/۰۷^{Ad}$
D	$۵۰/۳۴ \pm ۰/۳۲^{Cd}$	$۵۵/۷ \pm ۰/۸۳^{Bd}$	$۵۷/۳۵ \pm ۰/۰۶^{Ae}$	$۵۸/۵۲ \pm ۰/۴۵^{Ad}$
E	$۷۷/۵۰ \pm ۰/۵۲^{Cb}$	$۷۹/۷ \pm ۰/۳۴^{Bb}$	$۸۰/۴۴ \pm ۰/۸۲^{Ab}$	$۸۰/۹۱ \pm ۰/۱۹^{Ab}$
F	$۷۸/۳۴ \pm ۰/۵۷^{Bb}$	$۸۱/۲ \pm ۰/۵۲^{Ab}$	$۸۲/۴۰ \pm ۰/۶۲^{Ab}$	$۸۳/۳۳ \pm ۰/۶۳^{Ab}$
G	$۶۵/۶۴ \pm ۰/۷^{Bc}$	$۶۶/۲ \pm ۰/۶۴^{Bc}$	$۶۹/۶۷ \pm ۰/۱۹^{Ac}$	$۷۰/۱۳ \pm ۰/۳۱^{Ac}$
استاندارد			۶۵	

حروف مشترک بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معناداری در مدت زمان نگهداری و سطوح شیرین کننده‌ها در سطح ۰/۰۵ است

تیمار A: ۱۰۰٪ شکر، تیمار B: ۶۰٪ شکر و ۴۰ ٪ استویا، تیمار C: ٪۵۰ شکر و ٪۵۰ استویا، تیمار D: ۴۰٪شکر و ۶۰٪ استویا،

تیمار E: ۵۰٪ شکر و ۵۰٪ زایلیتول، تیمار F: ۷۵٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول، تیمار G: ۵۰٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول و ۲۵٪ استویا

۳-۳- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت‌زمان نگهداری بر فعالیت آبی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، شیرین‌کننده‌های جایگزین و مدت‌زمان نگهداری روی فعالیت آبی مربای توت‌فرنگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد می‌کند (جدول۲). بر اساس نتایج میانگین‌ها، کمترین میزان فعالیت آبی در روز اول تیمار E (۵۰٪ شکر و ۵۰٪ زایلیتول) با میانگین ۰/۷۲ بود و بیشترین آن در تیمار D (۴۰ درصد شکر و ۶۰ درصد استویا) در پایان ماه سوم با میانگین (۰/۹۲) مشاهده شد. (جدول۴). منطبق بر این نتایج مطالعات نورمحمدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد در تیمارهای حاوی زایلیتول به‌عنوان یک قند الکلی، فعالیت آبی کاهش می‌یابد که این کاهش می‌تواند به دلیل وجود گروه‌های متعدد هیدروکسیل در ساختار شیمیایی قند های الکلی، افزایش پیوند آن‌ها با آب و در نتیجه درگیر کردن آب آزاد باشد (۱۶). در بین شیرین‌کننده‌های مورد مطالعه، قدرت آب‌دوستی ساکارز و زایلیتول به دلیل پیوندهای هیدروژنی بیشتر آن‌ها نسبت به استویا، باعث افزایش پیوندهای بین زنجیره ی قند و پکتین، محبوس کردن بیشتر آب و کاهش قابل ملاحظه تری در فعالیت آبی می شود (۱). در تحقیق vilela و همکاران (۲۰۱۵) کاهش فعالیت آبی در تهیه مربای گیلاس تولیدشده با قند الکلی سوربیتول نیز با نتایج این تحقیق مطابقت داشت، به‌طوری‌که فعالیت آبی مربای گیلاس به کمتر از ۰/۸ رسید که نقش مهمی در کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش ماندگاری مربا داشت (۵۰). اما تغییرات در دوره نگهداری با تبادل رطوبت بین دو فاز جامد و مایع مربا و همچنین روند صعودی خروج آب از شبکه ژلی پکتین منجر به افزایش آب آزاد و درنتیجه بالا رفتن فعالیت آبی در تمامی تیمارها می‌شود (۱۲). نتایج مطالعات یوسفی و همکاران (۲۰۱۸) در تهیه مربای به شیرین‌شده با استویا با تحقیق حاضر مشابهت داشت و نشان داد زمان نگهداری منجر به افزایش فعالیت آبی و کاهش بریکس در مقایسه با مربای سنتی خواهد شد و مهم‌ترین دلیل آن خاصیت جذب آب بالاتری است که شکر در مقایسه با استویا دارد. استویوزیدها از نظر مولکولی توانایی کمتری در پیوند با آب و کاهش فعالیت آبی دارند و از آنجایی‌که در حجم و غلظت کمتری نسبت به شکر در فرمولاسیون استفاده می‌شوند، نمی‌توانند به همان اندازه آب آزاد را محدود کنند در نتیجه بالاتری نسبت به مربای سنتی ایجاد می‌کنند محققان معتقدند برای جبران این مشکل ضروریست که از مواد پرکننده پلی الی (مانند سوربیتول یا زایلیتول) و یا فیبرهای غذایی برای جبران کاهش حجم شکر و کنترل فعالیت آبی استفاده شود (۵۲).

جدول ۴- نمودار اثر متقابل شیرین‌کننده و مدت‌زمان نگهداری بر مقادیر فعالیت آبی مربا

Sample	روز ۱	روز ۳۰	روز ۶۰	روز ۹۰
A	۰/۸۱ ± ۰/۰۰۴^{Bd}	۰/۸۳ ± ۰/۰۰۱^{ABc}	۰/۸۴ ± ۰/۰۰۴^{Ac}	۰/۸۴ ± ۰/۰۰۵^{Ac}

B	۰/۸۵ ± ۰/۰۰۲^{Bc}	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۴^{Ab}	۰/۸۹ ± ۰/۰۰۳^{Aa}	۰/۸۸ ± ۰/۰۱۱^{Ab}
C	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۴^{Ab}	۰/۸۸ ± ۰/۰۱۱^{Ab}	۰/۸۸ ± ۰/۰۱۲^{Ab}	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۳^{Ab}
D	۰/۸۹ ± ۰/۰۱۳^{Ba}	۰/۹۰ ± ۰/۰۰۳^{Ba}	۰/۸۹ ± ۰/۰۲۵^{Ba}	۰/۹۳ ± ۰/۰۰۵^{Aa}
E	۰/۷۲ ± ۰/۰۲۳^{Ce}	۰/۷۴ ± ۰/۰۰۶^{Bd}	۰/۷۴ ± ۰/۰۰۳^{Bd}	۰/۷۷ ± ۰/۰۰۸^{Ae}
F	۰/۷۷ ± ۰/۰۰۳^{Ce}	۰/۷۹ ± ۰/۰۱۲^{Bd}	۰/۸۰ ± ۰/۰۰۹^{Ac}	۰/۸۱ ± ۰/۰۰۹^{Ad}
G	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۴^{Ab}	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۵^{Ab}	۰/۸۷ ± ۰/۰۰۷^{Ab}	۰/۸۸ ± ۰/۰۰۱^{Ab}

حروف مشترک بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معناداری در مدت زمان نگهداری و سطوح شیرین‌کننده‌ها در سطح ۰/۰۵ است

تیمار A: ۱۰۰٪ شکر، تیمار B: ۶۰٪ شکر و ٪۴۰ استویا، تیمار C: ٪۵۰ شکر و ٪۵۰ استویا، تیمار D: ۴۰٪ شکر و ۶۰٪ استویا،

تیمار E: ۵۰٪ شکر و ۵۰٪ زایلیتول، تیمار F: ۷۵٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول، تیمار G: ۵۰٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول و ۲۵٪ استویا

از دلایل فعالیت آبی کمتر در مربای جایگزین شده با زایلیتول بالا می‌تواند وابستگی فعالیت آبی به وزن مولکولی قندها نیز باشد چراکه ترکیبات با وزن مولکولی کم، نظیر زایلیتول دارای اثر کاهنده‌تری بر فعالیت آبی می‌باشند (۷). مطالعات زورمند و همکاران (۱۴۰۲) نشان داد ازآنجاکه میزان حلالیت و جذب رطوبت زایلیتول شباهت زیادی به شکر دارد بنابراین می‌تواند در کاهش فعالیت آبی مشابه نمونه شاهد عمل کند (۸).از طرف دیگر بررسی‌های شرعی و همکاران (۲۰۲۱) نشاندهنده‌ی حلالیت بالای استویوزیدها در مقایسه با ساکارز می‌باشد. بنابراین با افزایش جایگزینی استویا به‌جای شکر در فرمولاسیون، میزان فعالیت آبی به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. بنابراین مربای حاوی استویا در مقایسه با مربای سنتی به‌عنوان یک جاذب‌الرطوبه ضعیف عمل کرده، فشار اسمزی محیط را کاهش می‌دهد و به این طریق منجر به افزایش محسوس فعالیت آبی می‌شود. به‌عبارت‌دیگر میل ترکیبی بالای ساکارز در پیوند با آب از دلایلی است که در مرباهای سنتی میزان آب آزاد کاهش‌یافته و فعالیت آبی نسبت به نمونه‌های حاوی استویا کمتر می‌شود.

۳-۴- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت‌زمان نگهداری بر قوام

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد شیرین‌کننده‌های جایگزین و مدت‌زمان نگهداری روی قوام مربای توت‌فرنگی کم‌کالری در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد می‌کند. (جدول ۲). به‌طوری‌که میانگین‌ها نشان داد بیشترین میزان قوام در اولین روز برای تیمار F (٪ ۷۵ شکر و٪ ۲۵ زایلیتول) با میانگین ۷/۷۸ سانتی‌پواز و کمترین آن در پایان ماه سوم برای تیمار D (٪۴۰ شکر و ٪۶۰ استویا) با میانگین (۵/۰۲) سانتی‌پواز گزارش شد (جدول ۵). آنچه بیش از دیگر فاکتورها در قوام مؤثر بوده میزان شکر است و

میزان قوام با افزایش میزان شکر نسبت مستقیم دارد. بتابراین کاهش سهم شکر در تیمارهای مورد مطالعه منجر به کاهش قوام خواهد شد. ساختار مولکولی قندها نیز بر میزان قوام تأثیرگذار است، به‌طوری‌که با افزایش پیوندهای هیدروژنی، سطوح اتصالات افزایش و تحرک آب آزاد کاهش می‌یابد که نتیجه آن منجر به افزایش قوام محصول می‌شود. مطالعات یوسفی و همکارانش (۲۰۱۸) در تهیه مربای به کم‌کالری نشان داد در نمونه‌هایی که از ۳۵ درصد شکر برای مربا استفاده گردید مقدار قوام محصول تقریباً به ۵۵ سانتی‌پواز رسید اما درزمانی که غلظت شکر مربا تا ۵۰ درصد افزایش یافت قوام مربا تقریباً ۱۶۰ سانتی‌پواز گزارش شد. بنابراین با تقریباً ۱/۵ برابر شدن مقدار شکر در مربا، قوام محصول حدود ۲/۸ برابر افزایش یافت بنابراین به نظر می‌رسد برای داشتن قوامی مطلوب در مربای کم‌کالری به وجود حداقل ۵۰ درصد شکر نیاز باشد (۵۲). در مطالعه حاضر در تیمارهای جایگزین شده با زایلیتول اگرچه مقدار شکر در مربا کاهش‌یافته ولی مولکول‌های زایلیتول با عملکردی مشابه ساکارز در تشکیل ژل دخالت چشمگیری داشته به‌طوری‌که هر۵ گروه هیدروکسیل آزاد موجود در ساختار زایلیتول می‌توانند با پیوند هیدروژنی به مولکول‌های پکتین متصل گردیده و موجب تسهیل تشکیل شبکه سه‌بعدی ژلی، به دام اندازی آب و در نتیجه افزایش قوام مربا در مقایسه با تیمارهای حاوی استویا گردند. در مرباهای حاوی درصد بالای استویا به دلیل عدم تمایل استویا در تشکیل ژل پکتین نیز از دلایلی است که بافت و قوام محصول را نامناسب می‌کند. اگرچه موارد دیگری نظیر نوع آرایش مولکولی که بر میزان اتصال به آب مؤثر است نیز می‌تواند بر قوام محصول تاثیرگذار باشند. در مقایسه بین ساختار مولکولی قندهای ساکارز، استویا و زایلیتول باوجود گروه‌های عاملی هیدروکسیل بیشتر در ساکارز و سپس زایلیتول، اتصالات هیدروژنی بیشتری تشکیل‌شده که نتیجه آن کاهش تحرک آب آزاد و افزایش قوام در مرباهای حاوی آن‌ها می‌باشد به‌طوری‌که قوام مربای حاوی زایلیتول (در مقادیر زیر ۵۰ درصد) حتی می‌تواند مشابه مربای سنتی یوده و تنها تفاوت اندکی در بافت نهایی داشته باشد (۱۲ و ۳۸). نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز افزایش قوام با حضور قندهای الکلی را به ماهیت هیدروفیلیک آن‌ها (داشتن گروه‌های هیدروکسیل متعدد) مرتبط دانسته‌اند. البته در تهیه مربای طالبی کم‌کالری چنانچه شکر به‌طور کامل با زایلیتول جایگزین شود قوام قابل ملاحظه‌ای به از دست خواهد رفت چراکه تعداد مناطق اتصال تشکیل‌شده توسط پکتین کمتر شده و تشکیل شبکه توسط پکتین در نمونه‌های مربای تنها از صرفاً زایلیتول، بسیار ضعیف‌تر خواهد شد (۱۶). نتایج مطالعات Naknaen و همکارانش (۲۰۱۵) نیز نشان داده افزایش جایگزینی زایلیتول با شکر چنانچه از ۲۵٪ به ۵۰٪ برسد منجر به تشکیل شبکه پکتینی با پایداری کمتر در محصول نهایی شده که به کاهش قوام در مربا می‌انجامد (۳۸).

جدول ۵- اثر متقابل شیرین‌کننده و مدت‌زمان نگهداری بر مقادیر ویسکوزیته مربا

Sample	روز ۱	روز ۳۰	روز ۶۰	روز ۹۰
A	۸/۳۳ ± ۰/۰۵^{Aa}	۸/۱۴ ± ۰/۰۶^{Ba}	۸/۰۴ ± ۰/۰۹^{Ba}	۷/۸۶ ± ۰/۱۳^{Ca}
B	۶/۵۶ ± ۰/۱۷^{Ac}	۶/۵۷ ± ۰/۱۱^{Ad}	۶/۰۸ ± ۰/۰۸^{Bc}	۵/۸۸ ± ۰/۱۱^{Cc}
C	۶/۴۸ ± ۰/۱۲^{Ac}	۶/۱۸ ± ۰/۰۴^{Bd}	۶/۰۵ ± ۰/۰۹^{Bc}	۵/۸۳ ± ۰/۰۵^{Cc}
D	۵/۸۹ ± ۰/۲۱^{Ad}	۵/۳۰ ± ۰/۱۶^{Be}	۵/۱۹ ± ۰/۰۷^{Bd}	۵/۰۲ ± ۰/۲۱^{Cd}
E	۷/۷۵ ± ۰/۰۹^{Ab}	۷/۳۷ ± ۰/۰۹^{Bc}	۷/۳۴ ± ۰/۱۲^{Bb}	۷/۰۹ ± ۰/۱۱^{Cb}
F	۷/۸۷ ± ۰/۰۹^{Ab}	۷/۷۲ ± ۰/۱۵^{Bb}	۷/۵۸ ± ۰/۱۹^{Cb}	۷/۱۸ ± ۰/۱۵^{Db}
G	۷/۸۱ ± ۰/۱۳^{Ab}	۷/۴۴ ± ۰/۰۸^{Bc}	۷/۴۷ ± ۰/۰۷^{Bb}	۷/۱۱ ± ۰/۰۹^{Cb}

حروف مشترک بزرگ و کوچک به ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معناداری در مدت زمان نگهداری و سطوح شیرین کننده ها در سطح ۰/۰۵ است

تیمار A: ۱۰۰٪ شکر، تیمار B: ۶۰٪ شکر و ٪۴۰ استویا، تیمار C: ٪۵۰ شکر و ٪۵۰ استویا، تیمار D: ۴۰٪ شکر و ۶۰٪ استویا،

تیمار E: ۵۰٪ شکر و ۵۰٪ زایلیتول، تیمار F: ۷۵٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول، تیمار G: ۵۰٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول و ۲۵٪ استویا

۳-۵- ارزیابی نتایج آزمون میکروبی کپک و مخمر

در تحقیق حاضر بررسی شمارش کلونی‌های کپک و مخمر نشان داد بین نمونه شاهد و تیمارهای حاوی شیرین‌کننده جایگزین در مدت‌زمان نگهداری اختلاف معناداری وجود ندارد و در هیچ‌یک از نمونه‌ها کپک و مخمر مشاهده نشد. کاهش فعالیت آبی و میزان آب قابل‌دسترس میکروارگانیسم‌ها باعث کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌شود. قندهای الکلی مانند زایلیتول و همچنین ساکارز به‌عنوان ترکیبات جاذب‌الرطوبه قوی شناخته می‌شود. این ترکیبات با افزایش فشار اسمزی نقش مؤثری در کاهش a_w داشته و درنتیجه عامل بازدارنده‌ای برای رشد کپک و مخمر هستند (۶). در مطالعه حاضر علیرغم تفاوت معنی‌دار فعالیت آبی در نمونه‌های حاوی زایلیتول و تیمار شاهد ولی آثاری از کپک و مخمر در هیچ‌یک از نمونه‌ها در طی دوره‌ی سه‌ماهه مشاهده نشد. مطالعات Ahuja و همکارانش (۲۰۲۰) نیز نشان داد زایلیتول با اختلال در متابولیسم کربوهیدرات‌ها از آلودگی میکروبی جلوگیری می‌کند و علاوه بر شیرین‌کنندگی می‌تواند به‌عنوان یک نگهدارنده نیز برای محصولات غذایی عمل کند. به‌طوری‌که حتی نسبت به سایر شیرین‌کننده‌ها برای فرمولاسیون غذای نوزاد ترجیح داده می‌شود. در تیمارهای حاوی استویا نیز با توجه به خواص ضدمیکروبی که این شیرین‌کننده دارد رشد کپک و مخمر دیده نشد (۱۸). عصاره گیاه استویا با دارا بودن انواع فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، استریوئیدها، تانن‌ها و ترپن‌ها خاصیت ضد قارچی، ضدالتهابی، ضدمیکروبی و ضدویروسی داشته و استویوساید دارای اثرات

ضدمیکروبی بر روی باکتری‌های مولد فساد مواد غذایی نیز هست. گ‌لیکوزیدهای استویا به‌ویژه ربودیوزیدA با اتصال به قسمت اصلی غشای سلولی مخمرها و کپک‌ها می‌توانند منجر به تغییر نفوذپذیری غشای سلولی شده و با نشت مواد داخل سلولی به بیرون، در سنتز دیواره سلولی قارچ ها اختلال ایجاد کنند (۳۱).در تائید نتایج این تحقیق تدینی و همکاران (۱۳۹۷) نیز با بررسی روند فساد میکروبی در مربای کم‌کالری هویج نشان دادند در نمونه مرباهای حاوی استویا طی دوره نگهداری هیچ‌گونه کپک و مخمری یافت نشد (۳). همچنین Brandao و همکارانش (۲۰۱۸) با بررسی خصوصیات میکروبی مربای رژیمی مخلوط میوه نشان دادند طی ۱۱۵روز نگهداری هیچ‌گونه مخمر و قارچ رشته‌ای در نمونه‌ها مشاهده نشد (۲۳). همچنین Mesquita و همکاران (۲۰۱۳) نیز طی تحقیقی تولید مربای گواوا بدون شکر را طی ۱۸۱ روز نگهداری بررسی کردند و نتایج گزارش دادند جمعیت میکروبی نمونه‌های مربای بدون قند طی دوره نگهداری در محدوده مجاز قرار داشت (۳۵). همچنین تحقیقات هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در بررسی اثرات جایگزینی قند استویا بر روی ماندگاری شربت زعفران نیز دریافتند که استویوزید موجود در استویا بر روی جمعیت باکتریایی موجود در شربت اثرات ضد میکروبی دارد که با نتایج تحقیق حاضر نیز مطابقت داشت (۱۷).

۳-۶- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت نگهداری بر ارزیابی حسی مربا

تجزیه واریانس داده‌های نمونه‌های مربا نشان داد جایگزین‌های شکر و طول دوره‌ی نگهداری بر خصوصیات حسی نمونه‌ها تأثیر معنی‌دار داشت. به‌طوری‌که نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بالاترین امتیاز ارزیابی حسی و پذیرش کلی نمونه‌های مربا پس از نمونه شاهد به تیمارF (شکر ۷۵٪ و ۲۵٪ زایلیتول) معادل ۴/۲ از ۵ امتیاز و کمترین آن به تیمار D (۴۰٪ شکر و ۶۰٪ استویا) معادل ۲/۶ از ۵ امتیاز تعلق گرفت (شکل ۱). بنا بر نتایج، تیمارهایی که دارای قندهای الکلی بیشتری بودند مقبولیت بیشتری داشتند که این امر به دلیل شباهت قدرت شیرین‌کنندگی بیشتر آن‌ها با ساکارز و ایجاد قوام و احساس دهانی مشابه نمونه شاهد بود درحالی‌که نمونه‌های جایگزین شده با استویا با توجه به قدرت شیرین‌کنندگی بالای آن، از قوام کمتر، احساس دهانی متفاوت و پذیرش کلی کمتری برخوردار بودند. به‌عبارت‌دیگر در مواردی که تهیه یک محصول با کالری کاهش‌یافته مدنظر باشد به‌جز مبحث کالری دریافتی، ویژگی‌های دیگری مانند مزه، رنگ، ایجاد بافت و احساس دهانی که شباهت زیادتری به شکر داشته باشد یک ضرورت محسوب می‌شود. جایگزینی شکر با یک پلی اُل مانند زایلیتول در محصول می‌تواند گزینه مناسبی ازنظر ویژگی‌های کیفی و حسی نسبت به دیگر شیرین‌کننده‌ها داشته باشد (۴۶ و۴۷). Naknaen و همکارانش (۲۰۱۵) نشان دادند جایگزینی زایلیتول تا ۵۰٪ تغییر چشمگیری در ویژگی‌های حسی مربا ایجاد نمی‌کند اما افزودن بیش از آن (از ۵۰ تا ۱۰۰٪) منجر به کاهش در کیفیت ظاهری،

بافت و پذیرش کلی مربا خواهد شد که این افت کیفیت با کاهش سختی و قوام ژل به‌دست‌آمده از مربای طالبی میزان پذیرش محصول را کاهش می‌دهد (۳۸). در تحقیق دیگری که هاشمی و همکاران (۱۳۹۳) روی شربت رژیمی زعفران و جایگزینی قند استویا به‌جای ساکارز انجام داده‌اند گزارش شد که با افزایش میزان قند استویا بریکس، قوام و به‌طورکلی پذیرش کلی کاهش می‌یابد. کاهش پذیرش می‌تواند به پس طعم تلخ شاخص در استویا مرتبط باشد و کاهش بریکس و قوام به نقش ساکارز در گرانروی نمونه‌ها برمی‌گردد که با جایگزینی استویا از آن کاسته می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد اگر قرار است از استویا به‌عنوان شیرین‌کننده در نوشیدنی‌ها استفاده شود، بهتر است آن را در مقادیر کم و یا به همراه یک قوام‌دهنده مانند پکتین یا کربوکسی متیل سلولز بکار برد تا قوام در مقادیر مناسب حفظ شود و مطلوبیت آن نزد مصرف‌کننده اُفت نکند. به‌طورکلی با بررسی نمرات ارزیابان حسی و مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد با افزایش غلظت‌های زایلیتول و استویا امتیاز مزه نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت و در تیمارهایی که مقدار شکر کمتر بود امتیازات ارزیابی مزه کمتر شد اما ارزیابان حسی مزه به تیمار حاوی ۲۵٪ زایلیتول و ۷۵٪ شکر بالاترین امتیاز را داده (۴/۴ امتیازات ۵). البته از نظر مزه تمامی تیمارها امتیازات بالاتر از ۳/۲ دادند که نشان‌دهنده مطلوبیت طعم قندهای جایگزین در تیمارها بود. از طرف دیگر علیرغم اینکه با افزایش جایگزینی زایلیتول و استویا امتیاز احساس دهانی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کمتر بود اما نمونه‌های حاوی زایلیتول از نمرات بالاتری نسبت به استویا برخوردار بودند. ازنظر خصوصیات رنگی نیز نتایج ارزیابی‌ها نشان داد با افزایش غلظت‌های زایلیتول و استویا امتیاز رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت اما در تیمار F (ترکیب ۲۵درصد زایلیتول و شکر) بیشترین شباهت به نمونه شاهد دیده شد(۴/۵) درحالی‌که افزایش غلظت استویا به ۶۰ درصد منجر به کسب کمترین نمره (۳/۲) گردید. بررسی امتیازات داده‌شده برای بافت مربا نیز نشان داد تیمارهای حاوی استویا در مقایسه با زایلیتول منجر به کاهش قابل ملاحظه ای در امتیازات بافتی نمونه‌ها شد و مطابق با بررسی‌ها، تیمار حاوی ۲۵درصد زایلیتول بجز احساس خنکی منحصر به زایلیتول، بافت و احساس دهانی مشابه‌تری با تیمار شاهد داشتند و به ترتیب بالاترین امتیاز (۴/۴ و ۴) را دریافت کرد. درنهایت با جمع‌بندی کلیه نمرات ارزیابان نشان داده شد اگرچه با افزایش غلظت‌های زایلیتول و استویا امتیاز پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد کاهش‌یافته اما پس از نمونه شاهد تیمار حاوی ۲۵٪ زایلیتول و۷۵٪ شکر بهترین نتایج را کسب کرد و در مقابل تیمارهای حاوی استویای بالا، افت قابل‌ملاحظه‌ای در کلیه پارامترهای ارزیابی حسی مشاهده شد.

شکل ۱ – نمودار اثر متقابل شیرین‌کننده و مدت‌زمان نگهداری بر ارزیابی حسی مربا

تیمار A: ۱۰۰٪ شکر، تیمار B: ۶۰٪ شکر و ۴۰ ٪ استویا، تیمار C: ۵۰ ٪شکر و ۵۰ ٪ استویا، تیمار D: ۴۰٪شکر و ۶۰٪ استویا،

تیمار E: ۵۰٪ شکر و ۵۰٪ زایلیتول، تیمار F: ۷۵٪ شکر و ۲۵٪ زایلیتول، تیمار G:۵۰٪شکر و ۲۵٪زایلیتول و ۲۵٪ استویا

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که ترکیب ۷۵ درصد شکر و ۲۵درصد زایلیتول بیشترین شباهت را با نمونه مربای سنتی داشته و به‌عنوان بهترین فرمولاسیون برای تولید مربا با شکر کاهش یافته عمل می‌کند، چراکه پس از نمونه شاهد بالاترین بریکس و قوام مطلوب را ارائه داد و علاوه بر کاهش در کالری کل، هم‌زمان نمرات پذیرش حسی بالاتری (به‌ویژه بافت، رنگ، طعم و احساس دهانی مشابه شکر) نسبت به سایر فرمولاسیون‌ها کسب کرد. در مقابل نمونه‌های جایگزین شده با استویا (خصوصاً ۶۰٪ استویا و ۴۰٪ شکر) از نظر ارزیابان حسی احساس دهانی مطلوبی نداشته، علاوه بر این به دلیل کاهش بریکس و قوام، فعالیت آبی بالا، از نتایج حسی پایین‌تری نیز برخوردار بودند و نتوانستند به سطح مطلوبی از پذیرش مصرف‌کننده دست یابند. بنابراین توصیه می‌گردد چنانچه استفاده از استویا به‌عنوان جایگزین شکر در مربا مدنظر باشد از مقادیر کمتر آن، همراه با ترکیبات اصلاح‌کننده‌ی بافت مانند قوام دهنده‌ها و تعدیل‌کننده های طعم همراه شوند. البته ازنظر پایداری میکروبی، تمامی نمونه‌ها رفتار مشابهی در جلوگیری از رشد کپک و مخمر نشان دادند که نشان‌دهنده نقش کلیدی فعالیت آبی کنترل‌شده و pH مناسب در ماندگاری محصول است. بنابراین به‌طورکلی ترکیب زایلیتول و شکر به نسبت ۱ به ۳ می‌تواند راهکار مناسبی برای تولید مربای کم‌کالری باکیفیتی مشابه نمونه‌های

سنتی بوده که حتی پس از ۳ ماه نگهداری، ویژگی‌های مطلوب خود را حفظ کرده و می‌تواند قدم مؤثری در توسعه محصولات غذایی فراسودمند باشد.

۵- منابع

۱. اسحاقی محمدرضا، بهروز داود، خورشیدپور بیژن. اثر جایگزینی زایلیتول و شربت فروکتوز به‌جای ساکارز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی مربای سیب. *مجله فرآوری و ایمنی مواد* غذایی. ۱۴۰۲؛ ۳ (۱): ۹۰-۶۵. https://sanad.iau.ir/Journal/jfps/Article/۹۳۳۹۴۴

۲. امیری اعظم، مرتضوی سید محمد حسن، محمودی سورستانی محمد، کیاست علیرضا، رمضانی زهرا. تأثیر بسته‌بندی فعال میکروبی بر کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۳۹۸؛ ۱۶(۸۷): ۲۹۰-۲۷۹. https://fsct.modares.ac.ir/article-۷-۲۲۳۰۹-fa.html

۳. تدینی مهرنوش، شرعی سیما، آقاجانی نرگس. بهینه‌سازی تولید مربای کم‌کالری و پری‌بیوتیک هویج. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۳۹۷؛ ۱۵(۷۹): ۲۰۱-۱۹۱. https://fsct.modares.ac.ir/article-۷-۱۹۹۰۰-fa.html

۴. حسینی ابراهیم، جمالیان جلال. استفاده از گلیسیریزین، سوربیتول و فروکتوز در تهیه مربای آلبالوی رژیمی و ارزیابی آن در بیماران دیابتی غیر وابسته به انسولین. *علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)*. ۱۳۸۵؛ ۱۰(۳): ۲۲۱-۲۱۱. http://dorl.net/dor/۲۰.۱۰۰۱.۱.۲۴۷۶۳۵۹۴.۱۳۸۵.۱۰.۳.۱۷.۶

۵. حسینی سمانه، گلی سید امیرحسین، کرامت جواد. بهینه‌سازی تولید نکتار پرتقال کم‌کالری با استفاده از استویوزید و ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی آن در طی انبارداری. *نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*. ۱۳۹۴؛ ۵ (۱۶): ۳۹-۵۲.

doi: ۱۰.۱۸۸۶۹/acadpub.jcpp.۵.۱۶.۳۹

۶. خادمی پور نجمه، شرعی سیما، تدینی مهرنوش. بهینه‌سازی و مدل‌سازی فرمولاسیون مربای هویج زرد ایرانی رژیمی با استفاده از استویوزید و اینولین به روش سطح پاسخ. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۴۰۰؛ ۱۸(۱۱۵): ۳۲۵-۳۱۱. doi: ۱۰.۵۲۵۴۷/fsct.۱۸.۱۱۵.۲۵

۷. روفه گری نژاد لیلا، ترابی تبریزی وحیده. بررسی اثر جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های کم‌کالری زایلیتول و سوکرالوز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی مربای آلبالو. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۳۹۷؛ ۱۵ (۸۳): ۲۳۶-۲۲۷. https://fsct.modares.ac.ir/article-۷-۱۶۲۹۱-fa.html

۸. زورمند ماندانا، برنجی شیلا. مروری بر جایگزین‌های شکر: مانیتول و مالتیتول. *مجله فرآوری و ایمنی مواد غذایی*. ۱۴۰۲؛ ۳ (۲): ۱۲۴-۱۰۹. https://sanad.iau.ir/fa/Article/۹۳۳۹۵۳?FullText=FullText

۹. سلیمی فرزاد، احمدیان احمد، علیپناه مسعود، کاوه حامد.۱۳۹۵. بررسی مورفولوژیکی برخی از ارقام توت فرنگی. سمپوزیوم ملی میوه های ریز. https://sid.ir/paper/۸۶۶۲۷۲/fa

۱۰. شیرزادی نسرین، نصر اصفهانی مریم، حاجی هاشمی شکوفه. بررسی تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در برگ و ساقه گیاه استویا تحت تنش دمای پایین. م*جله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)*. ۱۴۰۰؛ ۳۴ (۲): ۴۸۰-۴۶۷. https://dor.isc.ac/dor/۲۰.۱۰۰۱.۱.۲۳۸۳۲۵۹۲.۱۴۰۰.۳۴.۲.۴.۳

۱۱. عافی لعیا، روفه گری نژاد لیلا، صوفی میترا. اثر جایگزینی شکر با شیرین‌کننده کم‌کالری سوربیتول بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی مارمالاد توت فرنگی. *مجله علوم و صنایع غذایی ایران*. ۱۳۹۸؛ ۱۶ (۸۸) :۱۷۲- ۱۶۱. http://fsct.modares.ac.ir/article-۷-۳۰۱۶۵-fa.html

۱۲. قدیمی مریم، اکبری آدرگانی بهروز، خورشید پور بیژن. بررسی اثر جایگزینی ساکارز با شیرین کننده طبیعی استویا برویژگی‌های حسی و فیزیکوشیمیایی نوشابه گازدار پرتقالی. *مجله تحقیقات نظام سلامت*. ۱۳۹۵؛ ۱۲(۴): ۵۰۵-۴۹۸. http://dx.doi.org/۱۰.۲۲۱۲۲/jhsr.v۱۲i۴.۲۸۶۴

۱۳. مکاری جلال الدین، رمضان یوسف. بررسی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی نوشابه رژیمی تولید شده با قند استویا (Stevia rebaudiana). *نوآوری در علوم و فناوری غذایی (علوم و فناوری غذایی)*. ۱۳۹۸؛ ۱۱(۳): ۱۲۶-۱۱۷. https://sanad.iau.ir/Journal/jfst/Article/۱۰۰۴۱۸۶.

۱۴. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۵.آزمون های میکروبی مربا، مارمالاد و ژله. استاندارد ملی ایران، شماره ۸۸۹۸ http://dx.doi.org/۱۰.۲۲۱۲۲/jhsr.v۱۲i۴.۲۸۶۴

۱۵. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۸. ویژگی ها و روش ازمون مربا، مارمالاد و ژله و مربا. استاندارد ملی ایران، شماره ۲۱۴. ۲۱۴-https://lidoma.co/jam-marmalade-jelly-standard

۱۶. نورمحمدی الهام، پیغمبردوست سیدهادی، اولادغفاری عارف، آزادمرد صدیف، حصاری جواد. تاثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپارتام بر خواص کیک اسفنجی. *پژوهشهای صنایع غذایی (دانش کشاورزی)*. ۱۳۹۰؛ ۲۱ (۲): http://dx.doi.org/۱۰.۵۲۵۴۷/fsct.۱۸.۱۱۸.۳۶۳.۱۵۵-۱۶۵

۱۷. هاشمی ندا، ربیعی حدیثه، توکلی پور حمید، گازرانی سمانه. بررسی اثر جایگزینی قند گیاه استویا (Stevia rebaudiana) با ساکارز بر روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی شربت رژیمی زعفران. *زراعت و فناوری زعفران*. ۱۳۹۳؛ ۲(۴): ۳۱۰-۳۰۳. https://doi.org/۱۰.۲۲۰۴۸/jsat.۲۰۱۵.۸۶۲۳

۱۸. Ahuja V, Macho M, Ewe D, Singh M, Saha S, Saurav K. Biological and pharmacological potential of xylitol: a molecular insight of unique metabolism. *Foods*. ۲۰۲۰;۹(۱۱):۱۵۹۲. doi:۱۰.۳۳۹۰/foods۹۱۱۱۵۹۲.

۱۹. Akhtar S, Ismail T, Fraternale D. Thermal processing effects on bioactive compounds and antioxidant activity in fruit jams. *Journal of Food Processing and Preservation*. ۲۰۲۰;٤٤(۱۰): e۱٤۸۷۲. doi: ۱۰.۱۱۱۱/jfpp.۱۴۸۷۲.

۲۰. AOAC International, Official Method ۹۳۲.۱۲: Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products – Refractometric Method, in Official Methods of Analysis of AOAC International, ۲۰۱۹; ۲۱st edn., Rockville, MD: AOAC International

۲۱. Awulachew M. Fruit jam production. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*. ۲۰۲۱;۱۰(۴):۵۳۲-۵۳۷. doi: ۱۰.۱۹۰۷۰/۲۳۲۶-۳۳۵۰-۲۱۰۰۰۹۲.

۲۲. Basu S, Shivhare US, Singh TV, Beniwal VS. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering.* ۲۰۱۱;۱۰۵(۳):۵۰۳-۵۱۲. doi:۱۰.۱۰۱٦/j.jfoodeng.۲۰۱۱.۰۳.۰۱٤

۲۳. Brandão TM, Carmo ED, Elias HE, Carvalho ED, Borges SV, Martins GA. Physicochemical and microbiological quality of dietetic functional mixed cerrado fruit jam during storage. *The Scientific World Journal.* ۲۰۱۸; ۱(۲۰۱۸):۲۸۷۸۲۱۵. doi:۱۰.۱۱۵۵/۲۰۱۸/۲۸۷۸۲۱۵

۲۴. Carocho M, Morales P, Ferreira IC. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*. ۲۰۱۷;۱۰۷: ۳۰۲-۳۱۷. doi: ۱۰.۱۰۱٦/j.fct.۲۰۱۷.۰٦.۰٤٦

۲۵. Codex AC, ۲۰۰۹. Codex standard for jams, jellies and marmalades. Codex Stan, ۲۹۶. http://www.codexalimentarius.net

۲۶. García-Segovia P, Igual M, Martínez-Monzó J. Impact of sugar replacement on physicochemical properties. *Foods*. ۲۰۲۰; ۹(۸): ۱۰۱٦. doi: ۱۰.۳۳۹۰/foods۹۰۸۱۰۱٦

٢٧. Giampieri F, Alvarez-Suarez JM, Battino M. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*. ٢٠١٤; ٦٢(١٨): ٣٨٦٧-٣٨٧٦.

٢٨. Honkala S, Runnel R, Saag M, Olak J, Nõmmela R, Russak S, Mäkinen PL, Vahlberg T, Falony G, Mäkinen K, Honkala E. Effect of erythritol and xylitol on dental caries prevention in children. *Caries research*. ٢٠١٤; ٤٨(٥): ٤٨٢-٤٩٠. doi.org/١٠.١١٥٩/٠٠٠٣٥٨٣٩٩

٢٩. Islam MS, Indrajit M. Xylitol effects on blood glucose and insulin. *Journal of Medicinal Food.* ٢٠١٢; ١٥(٧): ٦٧٧-٦٨١. doi: ١٠.١٠٨٩/jmf.٢٠١١.١٨٢٥

٣٠. Khouryieh HA, Aramouni FM, Herald TJ. Physical, chemical and sensory properties of sugar-free jelly. *Journal of Food Quality*. ٢٠٠٥; ٢٨(٢):١٧٩–١٩٠. doi:١٠.١١١١/j.١٧٤٥–٤٥٥٧. ٢٠٠٥.٠٠٠١٤.x

٣١. Lebedev, I. ٢٠١٠. Popular Sweeteners and Their Health Effects. Doctoral dissertation, Worcester polytechnic institute.

٣٢. Lemus-Mondaca R, Vega-Gálvez A, Zura-Bravo L, Ah-Hen K. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food chemistry*. ٢٠١٢; ١٣٢(٣):١١٢١-١١٣٢. doi: ١٠.١٠١٦/j. foodchem. ٢٠١١.١١.١٤٠

٣٣. Lobato-Calleros C, Ramírez-Santiago C, Vernon-Carter EJ, Alvarez-Ramirez J. Impact of fat replacers on the microstructure, texture and sensory properties of reduced-fat cheese and other dairy products: A review**.** *Trends Food Scienses and Technology*. ٢٠٢٢;١١٩:١-١٤. doi:١٠.١٠١٦/j.tifs.٢٠٢١.١١.٠٢٥.

٣٤. Mäkinen KK. Gastrointestinal disturbances associated with polyols. *Advances in Nutrition*. ٢٠١٦; ٧(٥): ٨٣٩S-٨٤٦S. doi: ١٠.٣٩٤٥/an.١١٥.٠١١٦٦٨

٣٥. Mesquita KS, Borges SV, Carneiro JD, Menezes CC, Marques GR. Quality alterations during storage of sugar-free guava jam with added prebiotics. *Journal of Food Processing and Preservation*. ٢٠١٣; ٣٧(٥):٨٠٦-٨١٣. doi: ١٠.١١١١/j.١٧٤٥–٤٥٤٩.٢٠١٢.٠٠٧٠٣.x.

٣٦. Mitchell H. Sweeteners and sugar alternatives in food technology. Blackwell Publishing Ltd. ٢٠٠٦; ١٥٠-٣٢٠. doi: ١٠.١٠٠٢/٩٧٨٠٤٧٠٩٩٦٠٠٣.

٣٧. Nabarlatz D, Ebringerová A, Montané D. Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides.*Carbohydrate polymers*.٢٠٠٧;٦٩(١):٢٠-٢٨. doi: ١٠.١٠١٦/j.carbpol.٢٠٠٦.٠٨.٠٢٠

٣٨. Naknaen P, Itthisoponkul T. Characteristics of cantaloupe jams as affected by substitution of sucrose with xylitol. *International Journal of Fruit Science*. ٢٠١٥;١٥(٤):٤٤٢-٤٥٥. doi:١٠.١٠٨٠/١٥٥٣٨٣٦٢.٢٠١٥.١٠٣١٤٣٣

٣٩. Nazaruddin R, Zahid NI, Sarbon NM, Rukayadi Y. Effect of sugar substitution with xylitol and stevia on the physicochemical properties of pineapple jam**.** *Journal of Food Science and Technology*. ٢٠٢١; ٥٨(٤): ١٤٥٦-١٤٦٤. doi: ١٠.١٠٠٧/s١٣١٩٧-٠٢٠-٠٤٦٥٤-٥

٤٠. Pavlović SR, Tepić AN, Vujičić BL. Low-calorie marmalades. *Acta periodica technologica.* ٢٠٠٣; ٣٤: ٢٣-٣٠. doi:١٠.٢٢٩٨/APT٠٣٣٤٠٢٣P

٤١. Periche A, Castelló ML, Heredia A, Escriche I. Influence of different sweeteners on physicochemical and sensory properties of strawberry jams. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. ٢٠١٥; ٦٦(١): ٩٧-١٠٣. doi:١٠.٣١٠٩/٠٩٦٣٧٤٨٦.٢٠١٤.٩٥٩٨٩٩

٤٢. Renwick AG. The use of a sweetener substitution method to predict dietary exposures for the intense sweetener rebaudioside A. *Food and chemical toxicology*. ٢٠٠٨; ٤٦(٧):S٦١–٩. doi: ١٠.١٠١٦/j.fct.٢٠٠٨.٠٥.٠٠٩

٤٣. Samakradhamrongthai RS, Jannu T. Effect of stevia, xylitol, and corn syrup in the development of velvet tamarind (Dialium indum L.) chewy candy. *Food Chemistry*. ٢٠٢١; ٣٥٢: ١٢٩٣٥٣. doi:١٠.١٠١٦/j.foodchem.٢٠٢١.١٢٩٣٥٣.

٤٤. Saniah K, Samsiah MS. The application of Stevia as sugar substitute in carbonated drinks using Response Surface Methodology. Journal of Tropical. *Agriculture and Food Science*. ٢٠١٢; ٤٠(١): ٢٣–٣٤. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/١٠.٥٥٥٥/٢٠١٣٣٣٠٥٨٣٣

٤٥. Shankar P, Ahuja S, Sriram K. Non-nutritive sweeteners: review and update. *Nutrition*. ٢٠١٣; ٢٩(١١-١٢): ١٢٩٣-١٢٩٩. https://doi.org/١٠.١٠١٦/j.nut.٢٠١٣.٠٣.٠٢٤

٤٦. Souza PB, Santos MD, Carneiro JD, Pinto VR, Carvalho EE. The effect of different sugar substitute sweeteners on sensory aspects of sweet fruit preserves: A systematic review. *Journal of Food Processing and Preservation*. ٢٠٢٢; ٤٦(٣):e١٦٢٩١. doi: ١٠.١١١١/jfpp.١٦٢٩١

٤٧. Suntanu B, Shivhare US, Singh TV. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering*. ٢٠١١; ١٠٥: ٥٠٣–٥١٢.

٤٨. Sutwal R, Dhankhar J, Kindu P, Mehla R. Development of low calorie jam by replacement of sugar with natural sweetener stevia. *International Journal of Current Research and Review*. ٢٠١٩; ١١(٠٤):١٠. doi: ١٠. ٣١٧٨٢/IJCRR.٢٠١٩.١١٤٠٢

٤٩. Touati N. Tarazona-Díaz MP, Aguayo E. Louaileche H. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food chemistry*. ٢٠١٤; ١٤٥: ٢٣-٢٧. doi.org/١٠.١٠١٦/j.foodchem.٢٠١٣.٠٨.٠٣٧

٥٠. Vilela A, Matos S, Abraão AS, Lemos AM, Nunes FM. Sucrose replacement by sweeteners in strawberry, raspberry, and cherry Jams: Effect on the textural characteristics and sensorial

profile—A chemometric Approach. *Journal of Food Processing*. ۲۰۱۵; (۱):۷٤۹۷٤۰. doi: ۱۰.۱۱۵۵/۲۰۱۵/۷٤۹۷٤۰

۵۱. Yadav AK, Singh S, Dhyani D, Ahuja PS. A review on the improvement of stevia [Stevia rebaudiana (Bertoni)]. *Canadian journal of plant science*. ۲۰۱۱; ۹۱(۱):۱-۲۷. doi: ۱۰.۴۱۴۱/ cjps۱۰۰۸۶

۵۲. Yousefi M, Hossein Goli SA, Kadivar M. Physicochemical and nutritional stability of optimized low-calorie quince (cydonia oblonga) jam containing stevioside during storage. *Current Nutrition & Food Science*. ۲۰۱۸; ۱۴(۱):۷۹-۸۷. doi: ۱۰.۲۱۷۴/ ۱۵۷۳۴۰۱۳۱۳۶۶۶۱۷۰۹۱۲۱۶۴۹۴۱

Investigating the effect of replacing sugar with low-calorie sweeteners xylitol and stevia on the chemical and sensory characteristics of strawberry jam during the storage period

*Azin nasrollah zadeh

Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch,
Islamic Azad University, Lahijan, Iran
azinnasr@yahoo.com

abstract :

This study investigated the effects of sugar replacement with stevia and xylitol in the production of low-calorie strawberry jam over ۹۰ days of storage. The treatments included: ۱۰۰% sucrose (control), ٦۰% sucrose + ٤۰% stevia, ۵۰% sucrose + ۵۰% stevia, ٤۰% sucrose + ٦۰% stevia, ۵۰% sucrose + ۵۰% xylitol, ۷۵% sucrose + ۲۵% xylitol, and ۵۰% sucrose + ۲۵% xylitol + ۲۵% stevia. The treatments were evaluated for chemical, microbial, and sensory characteristics at production day and after ۳۰, ٦۰, and ۹۰ days of storage using a factorial experimental design. Results demonstrated that xylitol-containing treatments showed greater similarity to the control sample in all tests compared to stevia-containing formulations. Specifically, the sample with ۲۵% xylitol and ۷۵% sucrose maintained the highest Brix level (۸۳.۳%), exhibited the maximum consistency (۷.۷۸ cP), and achieved the highest overall acceptability score (٤.٦ out of ۱۰) throughout storage. In contrast, samples containing ٦۰% stevia showed the lowest Brix (۵۰.۳%), minimal consistency (۵.۰۲ cP), and poorest acceptability

(٢.٦). Additionally, the treatment with ٥٠% sugar + ٥٠% xylitol displayed the lowest water activity (٠.٧٢), while samples with ٦٠% stevia reached the highest water activity (٠.٩٢). Neither pH values nor mold/yeast growth were significantly affected by sweetener type, concentration, or storage duration. In conclusion, the formulation containing ٢٥% xylitol is recommended as the optimal choice for producing low-calorie jam while preserving quality attributes and consumer acceptability.

Keywords: Stevia, Xylitol, Low-calorie jam, Storage

*Corresponding Author: azinnasr@yahoo.com

Extended abstract :

Introduction: In this study, strawberries were introduced as a popular and nutrient-rich fruit that requires processing due to their high perishability. A common preservation method is jam production, which prevents spoilage through heating, pH reduction, and sugar addition. Given the need to reduce sugar intake, the use of alternative sweeteners such as stevia and xylitol in jam production was examined. Stevia is a natural plant-based sweetener with high sweetness, low calories, thermal stability, and antimicrobial properties. However, it can produce an undesirable aftertaste and poor texture, necessitating the use of texture-enhancing agents like pectin (٧). Xylitol is a sugar alcohol with a taste similar to sucrose, thermal stability, and the ability to reduce calories by up to ٤٠%, offering better texture and sensory acceptance compared to stevia (٣ , ٤) . Studies suggest that xylitol, alone or in combination with stevia, can be an effective sugar replacement in reduced-calorie strawberry jam (٤) . This research assessed the independent or combined use of these two sweeteners for sugar reduction.

Materials and Methods: Strawberries, sugar, stevia, xylitol, and pectin were used to produce reduced-calorie jam. Various formulations were prepared by replacing sugar with different ratios of stevia and xylitol.The treatments included ١٠٠% sucrose, ٦٠% sucrose + ٤٠% stevia; ٥٠% sucrose + ٥٠% stevia; ٤٠% sucrose + ٦٠% stevia; ٥٠% sucrose + ٥٠% xylitol; ٧٥% sucrose + ٢٥% xylitol and ٥٠% sucrose + ٢٥% xylitol + ٢٥% stevia. The jam was cooked in stainless steel containers under atmospheric pressure until reaching a Brix level of ٦٥–٧٠, then hot-filled at ٨٥ °C and pasteurized (٨) . A control sample with ١٠٠% sugar was also prepared. All samples were stored at room temperature for ٠, ٣٠, ٦٠, and ٩٠ days. Quality evaluation included measurements of pH, Brix (soluble solids) , water activity, consistency , microbial count (mold and yeast), and sensory evaluation (flavor, color, texture, aroma, and overall acceptance). Statistical analysis of data and significant differences ($\alpha \geq ٠.٠٥$) between means were carried out using a factorial design in a completely randomized layout with three replications, analyzed in SPSS using Duncan's test. Graphs were prepared using Excel.

Results and Discussion: Substituting sugar with stevia and xylitol had different effects on the physicochemical and sensory properties of the jams. . Results demonstrated that the pH was not significantly affected by sweetener type or storage time, likely due to the dominant role of natural fruit acids like citric acid (٦). Brix was significantly influenced by both sweetener type and storage duration. The highest Brix was observed in treatment F (٧٥% sugar + ٢٥% xylitol) on day ٩٠, and the lowest in treatment D (٤٠% sugar + ٦٠% stevia) on first day. This distinction could be related to the difference in the sweetening power of alternative sugars, which, given the sweetening power of stevia, requires a small amount of it to restore the sweetness equivalent to sucrose, and this leads to a decrease in the amount of solids in the sample containing high levels of stevia.Of course, in all treatments, the Brix value was higher than the minimum permitted standard value for jam (equivalent to ٦٥) throughout the storage period (٢) .Water activity also varied, with the lowest value in treatment E (٥٠% sugar + ٥٠% xylitol) and the highest in treatment D. Due to their strong hydrogen bonding, xylitol and sucrose retained more water and thus reduced water activity better than stevia (١). consistency was strongly affected by sweetener type. Treatment F had the highest consistency and treatment D the lowest. Xylitol's hydroxyl groups contributed to gel structure formation, while full replacement of sugar with xylitol significantly reduced consistency (١). Overall, xylitol performed better than stevia in maintaining structure, Brix, and consistency, but complete sugar elimination is not recommended. Also No mold or yeast growth was observed in any samples, indicating that reduced water activity and the moisture-absorbing properties of xylitol and sucrose prevented microbial development. Stevia's antimicrobial effects also contributed to shelf stability (٣). In the end Significant differences were noted between formulations. Treatment F received the highest score after the control in terms of taste, texture, color, and overall acceptance. Xylitol, with its sugar-like taste, good mouthfeel, and cooling effect, outperformed stevia. Higher stevia content (e.g. treatment D) resulted in lower scores due to reduced viscosity and flavor quality (٤,٥). While all treatments scored above ٣.٢ out of ٥ in taste, overall sensory performance declined with higher sugar replacement levels.

Conclusion: The combination of ٧٥% sugar and ٢٥% xylitol provided the best overall results reducing calories while maintaining physicochemical and sensory qualities close to traditional jam. This formulation is recommended for producing high-quality, reduced-calorie jam.in contrast, the samples replaced with stevia (especially ٦٠% stevia and ٤٠% sugar) did not have a desirable mouthfeel according to sensory evaluators. In addition, due to reduced Brix and consistency, high water activity, they also had lower sensory results and failed to achieve a desirable level of consumer acceptance.so if stevia is to be used, it should be combined with stabilizers like pectin and flavor correctors to improve sensory acceptance.

Keywords: Stevia, Xylitol, Low-calorie jam, Storage

Refrences:

١. Eshaghi M, Davoud B, Khorshidpour B. The effect of replacing xylitol and fructose syrup instead of sucrose on the physicochemical and sensory properties of apple jam. *Journal of Food Processing and Safety*. ٢٠٢٣;٣(١):٦٥-٩٠. Available from: https://sanad.iau.ir/Journal/jfps/Article/٩٣٣٩٤٤

٢. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Characteristics and test methods for jam, marmalade, jelly, and preserves. *National Standard of Iran*, No. ٢١٤. ٢٠١٩. Available from: https://lidoma.co/jam-marmalade-jelly-standard-٢١٤

٣. Khademipour N, Sharaei S, Tadayoni M. Optimization and modeling of Iranian diet yellow carrot jam formulation using steviol glycoside and inulin based on response surface methodology. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. ٢٠٢١;١٨(١١٥):٣١١–٣٢٥. doi: ١٠.٥٢٥٤٧/fsct.١٨.١١٥.٢٥

٤. Lemus-Mondaca R, Vega-Gálvez A, Zura-Bravo L, Ah-Hen K. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food chemistry*. ٢٠١٢; ١٣٢(٣):١١٢١-١١٣٢. doi: ١٠.١٠١٦/j. foodchem. ٢٠١١.١١.١٤٠

٥. Naknaen P, Itthisoponkul T. Characteristics of cantaloupe jams as affected by substitution of sucrose with xylitol. *International Journal of Fruit Science*. ٢٠١٥;١٥(٤):٤٤٢-٤٥٥. doi:١٠.١٠٨٠/١٥٥٣٨٣٦٢.٢٠١٥.١٠٣١٤٣٣

٦. Nazaruddin R, Zahid NI, Sarbon NM, Rukayadi Y. Effect of sugar substitution with xylitol and stevia on the physicochemical properties of pineapple jam. *Journal of Food Science and Technology*. ٢٠٢١; ٥٨(٤): ١٤٥٦-١٤٦٤. doi: ١٠.١٠٠٧/s١٣١٩٧-٠٢٠-٠٤٦٥٤-٥

٧. Noormohammadi E, Peyghambardoost SH, Oladghafari A, Azadmard S, Hesari J. The effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the properties of sponge cake. *Food Industry Research (Danesh-e-Keshavarzi)*. ٢٠١١;٢١(٢):١٥٥–١٦٥. Available from: http://dx.doi.org/١٠.٥٢٥٤٧/fsct.١٨.١١٨.٣٦٣

٨. Souza PB, Santos MD, Carneiro JD, Pinto VR, Carvalho EE. The effect of different sugar substitute sweeteners on sensory aspects of sweet fruit preserves: A systematic review. *Journal of Food Processing and Preservation*. ٢٠٢٢; ٤٦(٣):e١٦٢٩١. doi: ١٠.١١١١/jfpp.١٦٢٩١