

اثر جایگزینی شکر با شیرین کننده های کم کالری زایلیتول و سوکرالوز بر ویژگی های فیزیکی شیمیایی و حسی مربای آلبالو

وحیده ترابی تبریزی^۱، لیلا روفه گری نژاد^{۲*}

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۰)

چکیده

در این پژوهش، اثر استفاده از زایلیتول و شیرین کننده سنتزی سوکرالوز در تولید مربای کم کالری آلبالو مورد مطالعه قرار گرفت. میزان جایگزینی شکر ۲۵ و ۵۰ درصد در نظر گرفته شد و در این محدوده جایگزینی، ۶ تیمار مختلف با استفاده از هر یک از شیرین کننده ها به صورت مستقل و ترکیبی تهیه شد. ارزیابی و مقایسه نمونه ها با نمونه کنترل، شامل بررسی ویژگی های فیزیکی شیمیایی و حسی بود که در اولین روز تولید و پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز نگهداری در قالب طرح آماری فاکتوریل انجام شد. نتایج به دست آمده نشان داد که به رغم مؤثر بودن استفاده از سوکرالوز در کاهش کالری، اما ویژگی های بافتی و حسی در مرباهای تهیه شده با این شیرین کننده افت کرد. استفاده از سوکرالوز به تنهایی منجر به کاهش قوام و افزایش معنی دار فعالیت آبی نسبت به نمونه کنترل شده و شدت بروز این تغییرات نامطلوب با افزایش مقدار جایگزینی (صفر تا ۵۰ درصد) بیشتر شد و استفاده ترکیبی از سوکرالوز و زایلیتول به طور محسوس اثرات نامناسب سوکرالوز را کاهش داد. در بین پارامترهای مورد بررسی pH تحت تأثیر نوع و مقدار شیرین کننده استفاده شده قرار نداشت. تأثیر مدت زمان نگهداری بر روی پارامترهای مورد بررسی در نمونه های تهیه شده با سوکرالوز در مقایسه با مرباهای حاوی زایلیتول بیشتر بوده به طوری که کاهش قوام در طول مدت نگهداری در این نمونه ها مشاهده شد. در مجموع نمونه های تولید شده با میزان جایگزینی ۲۵ درصد مطلوبیت بیشتری نسبت به جایگزینی ۵۰ درصد داشتند و نمونه های تهیه شده با ۷۵ درصد شکر، ۱۲/۵ درصد سوکرالوز و ۱۲/۵ درصد زایلیتول و نیز ۷۵ درصد شکر، ۲۵ درصد زایلیتول و بدون سوکرالوز مطلوب ترین نمونه ها از نظر مشابهت با نمونه کنترل انتخاب شدند.

کلید واژگان: زایلیتول، سوکرالوز، مربای کم کالری، ویژگی های فیزیکی شیمیایی

*مسئول مکاتبات: l.roufegari@iaut.ac.ir

۱- مقدمه

مصرف بیش از حد شکر در رژیم غذایی، منجر به افزایش خطرات سلامتی در بین گروه های مختلف مصرف کننده می شود. به طوری که ارتباط بین مصرف بالای شکر و بیماری های قلبی-عروقی، چاقی، دیابت و سایر اختلالات متابولیکی پذیرفته شده و کاهش مقدار مصرف شکر و یا جایگزینی آن با شیرین کننده های غیر مغذی به منظور دستیابی به رژیم غذایی سالم توسط متخصصان تغذیه توصیه گردیده است [۱].

تولید مربا یکی از روش های مهم در نگهداری انواع میوه ها و سبزی ها است؛ به طوری که عامل اصلی نگهداری در این روش غلظت بالای مواد قندی (شکر)، پایین بودن فعالیت آبی (a_w)، حرارت دادن ضمن فرآیند و پایین بودن pH می باشد [۲]. مربا به دلیل طعم و مزه مطلوب و ماندگاری طولانی مدت، مورد توجه مصرف کنندگان می باشد، با این حال، مقدار ساکارز بالای مربا منجر به ایجاد مشکلات سلامتی برای مصرف کنندگان مستمر آن شده و باعث محدودیت مصرف آنتوسط بیماران مبتلا به دیابت می شود [۳]. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی و طبق برآورد فدراسیون بین المللی دیابت، در سال ۲۰۰۳ تعداد افراد مبتلا به دیابت حدود ۲۰۰ میلیون نفر بوده و تخمین زده می شود این تعداد در سال ۲۰۲۵ به بیش از ۳۰۰ میلیون نفر برسد. میزان شیوع دیابت در حال حاضر در ایران یک و نیم میلیون نفر برآورد شده است که تخمین زده می شود در سال ۲۰۲۵ به پنج و یک دهم میلیون نفر برسد. لذا با توجه به شیوع بالا و در حال پیشرفت بیماری دیابت و عوارض ناتوان کننده و تأثیر آن در کیفیت زندگی افراد مبتلا به این بیماری، بررسی عوامل مرتبط با کنترل دیابت و بهبود کیفیت زندگی بیماران امری ضروری می باشد [۴].

امروزه افزایش آگاهی در مصرف کنندگان، منجر به کاهش میزان مصرف مواد غذایی حاوی مقادیر بالایی از شیرین کننده ها شده است. مواد غذایی کم کالری با کیفیت مطلوب، حاصل اختلاط شیرین کننده های کربوهیدراتی و یا غیر کربوهیدراتی بدون کالری می باشند؛ که از آن جمله می توان به زایلیتول و سوکرالوز اشاره نمود [۵].

سوکرالوز تنها شیرین کننده غیر مغذی است که از شکر طی یک فرآیند چند مرحله ای تولید می شود

این ترکیب پودری سفید رنگ، بدون بو و محلول در آب و دارای طعمی مشابه شکر بوده ولی همانند آن در بدن متابولیزه نشده و بدون تغییر از بدن دفع می شود و در محصولات خشک، محصولات آبی و اسیدی بسیار پایدار می باشد. میزان شیرینی آن ۸۰۰-۶۰۰ برابر ساکارز بوده و میزان کالری تولیدی به ازای هر گرم از آن صفر می باشد [۶]. زایلیتول پودر کریستالی سفید، بدون بو و محلول در آب می باشد که به طور طبیعی در بسیاری از میوه ها و سبزی ها یافت شده و حتی توسط بدن انسان طی متابولیسم معمولی تولید می شود. این ماده به طور تجاری از گیاهانی نظیر درخت فان و چوب درختان دیگر ساخته می شود. این ترکیب از نظر میزان شیرینی مشابه ساکارز بوده و کالری حاصل از هر گرم از آن برابر با ۱ کیلوکالری در هر گرم می باشد [۶]. به طور کلی این ترکیبات موجب تخریب دندان ها نمی شوند و باکتری های دهان، آن ها را به عنوان یک منبع غذایی نمی شناسند [۶ و ۷].

از شیرین کننده های سنتزی مختلفی در تولید مربا استفاده شده است که از آن جمله می توان به پژوهش انجام گرفته توسط Basu و همکاران (۲۰۱۳) اشاره نمود که اثر جایگزینی سوکرالوز و استویا بر ویژگی های رئولوژیکی، کیفی و میکروساختاری مربای انبه کم کالری مورد بررسی قرار گرفته و نتایج به دست آمده نشان داد که تولید مربای انبه با ویژگی های مطلوب فقط با جایگزینی ۲۵ درصد استویا یا سوکرالوز عملی است. همچنین در این نمونه ها میزان اندیس قوام و مقادیر تنش با افزایش مقادیر جایگزینی استویا یا سوکرالوز، به دلیل کاهش مقدار مواد جامد محلول کل، کاهش یافته و شاخص رفتار جریان نیز افزایش یافته بود [۸]. در پژوهشی دیگر Oliveira و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی مربای کم کالری Umbu-caja با استفاده از شیرین کننده زایلیتول به این نتیجه دست یافتند که ویژگی های مربای تهیه شده از زایلیتول مشابه نمونه حاوی شکر ولی با انرژی پایین تر بود [۹]. همچنین Broomes و

Badrie (۲۰۱۰) در بررسی اثر غلظت های مختلف پکتین کم استر و صمغ گزانتان بر ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و حسی مربای Sorrel/Roselle کم کالری تولید شده از سوکرالوز به این نتیجه دست یافتند که مربای کم کالری حاوی ۱/۵ درصد پکتین، ۸ درصد سوکرالوز، ۲ درصد صمغ گزانتان مطلوبیت بالایی داشت [۱۰]. در مطالعه ای دیگر Santanu و همکاران

pectin) تهیه شده و از اسید سیتریک و کلرید کلسیم با خلوص ۹۹ درصد (ایران) استفاده گردید.

۲-۲- روش تولید مربا

پخت مربا در ظروف استیل و تحت فشار اتمسفر انجام گرفت. پکتین مورد نیاز با ۱۰۰ گرم شکر مخلوط گردید و در مقداری آب جوشیده حل شد. سپس به منظور پخت مربا، میوه آلبالو انجماد زدایی شده همراه مقداری آب و شکر طبق طرح ارائه شده در جدول ۱ مخلوط شده و تا حل شدن کامل شکر با تنظیم اسیدیته با اسید سیتریک و اندازه گیری مداوم آن ادامه یافت. با تنظیم pH در حدود ۳/۲ تا ۳/۳ محلول پکتین، کلرید کلسیم و جایگزین های ساکارز تعیین شده طبق جدول ۱ برحسب میزان شیرینی حاصل از هریک (سوکرالوز ۶۰۰ برابر ساکارز و زایلیتول برابر با ساکارز) مورد محاسبه قرار گرفته و به مخلوط مربا اضافه گردیدند. فرآیند پخت مربا تا رسیدن به بریکس معین ادامه یافت. در این نقطه حرارت قطع شده و پختی مربا در ظروف شیشه ای در دمای ۸۵ درجه سلسیوس انجام گرفته و در ادامه پاستوریزه گردید. همچنین یک نمونه مربای کنترل بدون جایگزین ساکارز نیز به منظور مقایسه بین نمونه ها طبق روش مطرح شده تولید گردید. هفت تیمار در سه تکرار جمعاً ۲۱ تیمار تهیه و در دمای محیط مورد آزمون های فیزیکی- شیمیایی و حسی در بازه زمانی صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز قرار گرفتند.

(۲۰۱۱) در بررسی خصوصیات رئولوژیکی و بافتی مربای انبه جایگزین شده با سوربیتول به این نتیجه دست یافتند که جایگزینی کامل ساکارز با سوربیتول در مربای انبه امکان پذیر می باشد؛ با این تفاوت که قدرت ژل با افزایش غلظت سوربیتول کاهش یافته بود [۱۱]. لذا با توجه به مطالعات انجام گرفته در زمینه مشکلات حاصل از مصرف بالای ساکارز نظیر کالری بالا، آسیب به دندان ها و افزایش تعداد بیماران دیابتی و به دلیل اینکه در پژوهش های قبلی اثر استفاده از قندهای الکلی در کنار شیرین کننده های سنتزی به عنوان جایگزین قند در مربا و تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ماندگاری آن کمتر مورد بررسی قرار گرفته است؛ هدف از این پژوهش بررسی امکان جایگزین کردن شکر با استفاده از مخلوط سوکرالوز و زایلیتول جهت تولید مربای کم کالری آلبالو می باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد مورد استفاده در تهیه مربا

میوه آلبالو منجمد و هسته گیری شده از سردخانه شرکت آسیا شور (تبریز) تهیه شد. شکر با درجه خلوص ۹۹ درصد (شرکت کارون، خوزستان)، پودر سوکرالوز با خلوص ۹۹ درصد (شرکت Vistasweet)، زایلیتول با خلوص ۹۹ درصد (Cargill، هلند)، پکتین با درجه متوکسیل ۲۰ درصد (Silva

Table 1 Formulation of jams with replacing sweeteners

sample	Sucrose%	Replacement%	Replacement of Sucralose%	Replacement of xylitol %
T ₁	100	0	0	0
T ₂	75	25	25	0
T ₃	75	25	0	25
T ₄	75	25	12.5	12.5
T ₅	50	50	50	0
T ₆	50	50	0	50
T ₇	50	50	25	25

استفاده شد [۱۱]. همچنین برای اندازه گیری فعالیت آبی تا پر شدن محفظه دستگاه سنش فعالیت آبی (Lutron، تایوان) مربا ریخته و فعالیت آبی نمونه ها از روی دستگاه قرائت گردید [۱۲].

۲-۳- آزمون های فیزیکی

اندازه گیری قوام نمونه های مربا در دمای محیط انجام گرفت به طوری که مربا تا پر شدن بخش استوانه ای قوام سنج آدامز

۲-۳- روش آزمایش

۲-۳-۱- آزمون های شیمیایی

pH نمونه های مربا در ۲۰ درجه سلسیوس توسط دستگاه pH متر (Mettler-Toledo AG) با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد. در اندازه گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر (Atago، ژاپن) طبق روش مطرح شده در استاندارد AOAC

(ایران) ریخته شده و در ادامه، با بالا کشیدن بخش استوانه‌ای، میزان میانگین پخش شدن مربا، در طول محورهای دایره‌ای در ۸ نقطه و مدت زمان ۱ دقیقه اندازه‌گیری شد [۱۳]. مقدار کالری کاهش یافته از طریق اندازه‌گیری مقدار انرژی حاصل از هر ماده جایگزین، بر اساس میزان وزن به کار گرفته شده از آن ترکیب تعیین گردید [۱۴].

۲-۳-۳- ارزیابی حسی نمونه‌های مربا

به منظور ارزیابی حسی نمونه‌های مربای آلپالو کم کالری از ۴۰ نفر از کارمندان شرکت آسیا شور برای انجام ارزیابی حسی استفاده شد. در این پژوهش برای ارزیابی کیفیت نمونه‌های مربا و تعیین میزان پذیرش نمونه‌های تولید شده از آزمون هدنیک پنج نقطه‌ای استفاده شد [۵].

۲-۳-۴- روش تجزیه و تحلیل آماری

ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی و حسی نمونه‌های مختلف مربای کم کالری در بازه زمانی ۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس بر اساس مدل خطی تعمیم یافته (GLM) در قالب طرح کاملاً تصادفی با نرم‌افزار مینی تب (۱۶) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون واریانس یک طرفه (One Way ANOVA) بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت زمان

نگهداری بر بریکس

از بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر بریکس، اثر مربوط به میزان جایگزینی شکر با شیرین کننده‌های سنتزی در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. این درحالی‌است که اثر مدت زمان نگهداری بر روی بریکس نمونه‌های مربای آلپالو کم کالری معنی‌دار نبود. جدول ۲ نشانگر اثر میزان

جایگزینی شکر با شیرین کننده‌های سنتزی سوکرالوز و زایلیتول در سطوح مختلف و مدت زمان نگهداری بر مقادیر بریکس نمونه‌های مربای آلپالو کم کالری می‌باشد. مطابق نتایج به دست آمده، با افزایش جایگزینی شکر با سوکرالوز مقدار بریکس نمونه‌ها کاهش یافت که این عمل مبتنی بر قدرت شیرین کنندگی هر یک از شیرین کننده‌های سنتزی (سوکرالوز و زایلیتول) و جایگزینی مقادیر بالایی از ساکارز با مقادیر ناچیزی از سوکرالوز بوده که میزان کاهش در مواد جامد محلول وابسته به مقدار ساکارز کاهش یافته می‌باشد. سوکرالوز دارای میزان شیرینی ۶۰۰-۸۰۰ برابر ساکارز است بنابراین مقدار کمی از سوکرالوز به منظور احیای شیرینی معادل ساکارز مورد نیاز می‌باشد و این مسئله منجر به کاهش میزان مواد جامد و بریکس در نمونه‌های حاوی سوکرالوز بالا می‌شود [۱۶]. همچنین نتایج به دست آمده نشانگر آن بود که به علت شیرینی برابر زایلیتول با شکر، لذا زایلیتول با مقادیر برابر با میزان شکر در فرمولاسیون مربا جایگزین می‌گردد که باعث افزایش میزان مواد جامد محلول در نمونه‌های مربای آلپالو حاوی زایلیتول بالا و نمونه‌های حاوی ترکیب زایلیتول و سوکرالوز نسبت به نمونه‌های حاوی سوکرالوز تنها شده بود. نتایج به دست آمده با نتایج مطالعات سایر محققان نیز تطابق داشت به طوری که رگاب (۱۹۸۷) در بررسی جایگزینی شکر با زایلیتول و ساخارین در مربای زردآلو به این نتیجه دست یافت که با افزایش ساخارین به عنوان جایگزین شکر در مربای زردآلو مقادیر مواد جامد محلول نسبت به نمونه‌های حاوی ترکیب ساخارین و زایلیتول کمتر بوده و اثر مدت زمان نگهداری بر روی مواد جامد محلول معنی‌دار نبود [۵]. در پژوهش انجام گرفته توسط بروم و بدری (۲۰۱۰) و باسو و همکاران (۲۰۱۵) نیز میزان مواد جامد محلول در مرباهای حاوی سوکرالوز بسیار کمتر از نمونه‌های مربای کنترل بود [۸ و ۱۰].

Table 2 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on brix (mean±SD) of jams

Sample	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
T ₁	59.67±0.58 ^{Ac}	60.33±0.57 ^{Ac}	60.30±0.58 ^{Ac}	59.67±0.58 ^{Ac}
T ₂	44.67±0.58 ^{Ad}	45.33±0.58 ^{Ad}	45.00±0.57 ^{Ad}	44.67±0.57 ^{Ad}
T ₃	68.33±0.58 ^{Ab}	68.5±0.52 ^{Ab}	67.67±0.58 ^{Ab}	68.33±0.58 ^{Ab}
T ₄	60.003±0.50 ^{Ac}	60.33±0.58 ^{Ac}	59.33±1.16 ^{Ac}	60.00±0.56 ^{Ac}
T ₅	76.33±0.58 ^{Aa}	76.00±1.16 ^{Aa}	76.00±0.53 ^{Aa}	76.00±0.57 ^{Aa}
T ₆	77.67±0.58 ^{Aa}	77.33±0.58 ^{Aa}	77.00±0.55 ^{Aa}	77.00±0.57 ^{Aa}
T ₇	78.00±0.01 ^{Aa}	78.00±0.01 ^{Aa}	78.00±0.01 ^{Aa}	78.00±0.01 ^{Aa}
T ₈	78.00±0.55 ^{Aa}	78.33±0.58 ^{Aa}	78.67±0.58 ^{Aa}	78.00±0.57 ^{Aa}

Reported values correspond to mean ± standard deviation. Different letters in the same column and row indicate significant differences ($P < 0.05$). Capital letters indicate storage time effect and small letters indicate sugar replacement effect.

۳-۲- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت زمان

نگهداری بر pH

از بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر pH، هیچ کدام از پارامترهای میزان جایگزینی شکر با شیرین کننده های سنتزی و مدت زمان نگهداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار نبودند. جدول ۳ نشانگر اثر میزان جایگزینی شکر با شیرین کننده های سنتزی سوکرالوز و زایلیتول در سطوح مختلف و مدت زمان نگهداری بر مقادیر pH نمونه های مربای کم کالری آلبالو می باشد. مقادیر pH نمونه های مربای کم کالری آلبالو نزدیک به مقدار بهینه ۳/۲ در نظر گرفته شده است که این مقدار به منظور تشکیل ژل و ایجاد قوام توسط پکتین مطلوب می باشد. این در حالی است که مقادیر pH بالای ۳/۲ باعث ایجاد بافت نرم و مقادیر pH کمتر از ۳/۲ موجب ایجاد مربا با بافت سخت می گردد [۹ و ۱۷]. مطابق نتایج

به دست آمده تغییر معنی داری در میزان pH نمونه های حاوی شیرین کننده های سنتزی (سوکرالوز و زایلیتول) با نمونه کنترل وجود ندارد که نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از پژوهش های سایر محققان مطابقت دارد [۱۰، ۱۴ و ۱۶]. ال قدسی و ال دباس (۲۰۱۲) در ارتباط با جایگزینی ساکارز با سوکرالوز در نکتار پرتقال به این نتیجه دست یافتند که هیچ تغییری در pH و اسیدیته نمونه های مختلف با نمونه های کنترل مشاهده نشد [۱۶]. همچنین در پژوهش انجام گرفته توسط پاولوسی و همکاران (۲۰۰۳) در مارمالاد زردآلو، هلو، سیب و توت فرنگی حاوی شیرین کننده سنتزی آسپارتام و کاراوهو و همکاران (۲۰۱۳) بر روی کاربرد سوکرالوز در تولید مربای رژیمی نیواسیدیته نمونه ها مشابه نمونه کنترل بود که می تواند به علت افزودن اسید سیتریک تا رسیدن به pH تعیین شده ۳/۲ باشد [۱۸ و ۱۹].

Table 3 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on pH (mean±SD) of jams

Sample	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
T ₁	3.28±0.01 ^{Aa}	3.28±0.02 ^{Aa}	3.28±0.02 ^{Aa}	3.29±0.03 ^{Aa}
T ₂	3.28±0.01 ^{Aa}	3.28±0.01 ^{Aa}	3.29±0.01 ^{Aa}	3.29±0.01 ^{Aa}
T ₃	3.28±0.02 ^{Aa}	3.28±0.01 ^{Aa}	3.29±0.03 ^{Aa}	3.29±0.01 ^{Aa}
T ₄	3.28±0.03 ^{Aa}	3.28±0.01 ^{Aa}	3.28±0.02 ^{Aa}	3.28±0.05 ^{Aa}
T ₅	3.29±0.03 ^{Aa}	3.28±0.04 ^{Aa}	3.1±0.05 ^{Aa}	3.28±0.02 ^{Aa}
T ₆	3.28±0.01 ^{Aa}	3.29±0.07 ^{Aa}	3.29±0.05 ^{Aa}	3.29±0.01 ^{Aa}
T ₇	3.27±0.08 ^{Aa}	3.28±0.09 ^{Aa}	3.28±0.09 ^{Aa}	3.32±0.10 ^{Aa}
T ₈	3.29±0.01 ^{Aa}	3.29±0.02 ^{Aa}	3.29±0.05 ^{Aa}	3.29±0.03 ^{Aa}

Reported values correspond to mean ± standard deviation. Different letters in the same column and row indicate significant differences ($P < 0.05$). Capital letters indicate storage time effect and small letters indicate sugar replacement effect.

افزایش فشار اسمزی و در نتیجه ممانعت از رشد میکروارگانیسم ها می باشد [۱۰]. مطابق نتایج به دست آمده نمونه های جایگزین شده با زایلیتول بالا دارای میزان فعالیت آبی کمتری نسبت به نمونه های حاوی سوکرالوز بالا بودند که این امر می تواند به علت وابستگی فعالیت آبی به مقدار هر یک از ترکیبات محلول افزوده شده و وزن مولکولی آنها باشد؛ به طوری که ترکیبات با وزن مولکولی کم دارای اثر مطلوبی در کاهش فعالیت آبی می باشند که از میان این ترکیبات می توان به قندهای الکلی نظیر سوربیتول، زایلیتول و... اشاره نمود؛ لذا نمونه های حاوی زایلیتول بالا به علت اینکه زایلیتول یک قند الکلی بوده و دارای گروه های هیدروکسیل با قابلیت اتصال به مولکول های آب می باشند و چون در مقادیری برابر با مقدار شکر مورد استفاده قرار می گیرد منجر به کاهش فعالیت آبی در این نمونه ها نسبت به نمونه های حاوی سوکرالوز بالا می گردند

۳-۳- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت زمان

نگهداری بر فعالیت آبی

اثر مربوط به میزان جایگزینی شکر با شیرین کننده های سنتزی بر روی مقادیر فعالیت آبی در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) معنی دار بود؛ این در حالی است که اثر مدت زمان نگهداری بر روی مقادیر فعالیت آبی نمونه های مربای آلبالو کم کالری معنی دار نیست (جدول ۴). فعالیت آبی نشانگر حداقل میزان آب در دسترس به منظور رشد میکروارگانیسم ها و انجام واکنش های مخرب می باشد [۵]. مطابق نتایج به دست آمده با افزایش جایگزینی شکر با سوکرالوز میزان فعالیت آبی نمونه ها افزایش یافت که می تواند به علت کاربرد مقادیر کمتری از سوکرالوز در مقابل مقادیر بالایی از شکر و در نتیجه کاهش در ویژگی های عملکردی شکر در مربا باشد؛ به طوری که ساکارز دارای قابلیت اتصال به مولکول های آب و

[۲۰]: همچنین نتایج به دست آمده نشانگر این می باشد که نگرفته بود که با نتایج حاصل از پژوهش کوریه و همکاران مقادیر فعالیت آبی تحت تأثیر مدت زمان ماندگاری قرار (۲۰۰۵) نیز مطابقت داشت [۱۴].

Table 4 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on a_w (mean $\pm$ SD) of jams

Day 90	Day 60	Day 30	Day 1	Sample
0.90 $\pm$ 0.02 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.03 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.03 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.01 ^{Ab}	T ₁
0.96 $\pm$ 0.01 ^{Aa}	0.95 $\pm$ 0.02 ^{Aa}	0.95 $\pm$ 0.01 ^{Aa}	0.95 $\pm$ 0.02 ^{Aa}	T ₂
0.85 $\pm$ 0.05 ^{Ac}	0.85 $\pm$ 0.02 ^{Ac}	0.85 $\pm$ 0.03 ^{Ac}	0.85 $\pm$ 0.03 ^{Ac}	T ₃
0.90 $\pm$ 0.01 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.04 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.05 ^{Ab}	0.90 $\pm$ 0.07 ^{Ab}	T ₄
0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ad}	0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ad}	0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ad}	0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ad}	T ₅
0.80 $\pm$ 0.02 ^{Ade}	0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ade}	0.80 $\pm$ 0.03 ^{Ae}	0.79 $\pm$ 0.05 ^{Ae}	T ₆
0.80 $\pm$ 0.08 ^{Ae}	0.79 $\pm$ 0.05 ^{Ae}	0.79 $\pm$ 0.03 ^{Ae}	0.79 $\pm$ 0.03 ^{Ae}	T ₇
0.76 $\pm$ 0.03 ^{Af}	0.76 $\pm$ 0.01 ^{Af}	0.75 $\pm$ 0.05 ^{Af}	0.75 $\pm$ 0.05 ^{Af}	T ₈

Reported values correspond to mean $\pm$ standard deviation. Different letters in the same column and row indicate significant differences ($P < 0.05$). Capital letters indicate storage time effect and small letters indicate sugar replacement effect.

حاصل، مشابه با نتایج مطالعه باسو و همکاران (۲۰۱۳) در مورد جایگزینی استویا و سوکرالوز در مربای انبه بوده طوری که در این پژوهش این نتیجه حاصل شد که تنها تا جایگزینی ۲۵ درصد ساکارز با شیرین کننده های سنتزی نظیر سوکرالوز و استویا می توان به محصولی با قوام مطلوب دست یافت [۸ و ۱۶]. لذا با جایگزینی شکر با زایلیتول اگرچه مولکول شکر در مربا موجود نیست ولی مولکول های زایلیتول در تشکیل ژل دخالت می نمایند، به طوری که ۵ گروه هیدروکسیل آزاد موجود در ساختار آن می توانند با پیوند هیدروژنی به مولکول های پکتین متصل گردیده و موجب تسهیل تشکیل شبکه سه بعدی ژلی گردند [۹]. با این حال طبق نتایج به دست آمده مقادیر قوام نمونه های مربای کم کالری با گذشت زمان کاهش پیدا کرده بود که می تواند به علت ظرفیت اتصال با آب ناکافی پکتین کم استر در مرباهایی با میزان مواد جامد محلول کم نظیر مربای رژیمی یا کم کالری باشد [۱۰]؛ که نتایج به دست آمده با نتایج پژوهش رگاب (۱۹۸۷) که نشانگر افزایش میزان قوام نمونه های مربای کم کالری با گذشت زمان بود متناقض بود [۵].

۳-۴- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت زمان

نگهداری بر قوام

نتایج به دست آمده نشان داد که اثرات متقابل مقدار جایگزینی شکر با شیرین کننده های سنتزی و مدت زمان نگهداری با سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) بر قوام نمونه ها تأثیرگذار بودند (جدول ۵). به منظور بهبود قوام در مرباهای کم کالری معمولاً از پکتین کم استر استفاده می شود که مکانیسم تشکیل ژل در پکتین کم استر نسبت به پکتین با درجه متوکسیل بالا متفاوت است. در این نوع پکتین، شبکه ژلی در نتیجه اتصالات یونی کلسیم بین گروه های کربوکسیل زنجیره ها ایجاد می شود [۲۱]. مطابق نتایج به دست آمده، با افزایش جایگزینی شکر با سوکرالوز، قوام نمونه ها کاهش یافت که این امر می تواند به علت کم بودن بریکس نمونه های حاوی سوکرالوز بالا، نسبت به نمونه های حاوی زایلیتول بالا باشد. ال دیاس (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که با افزایش جایگزینی سوکرالوز با شکر در نمونه های نکتار پرتقال قوام نمونه ها کاهش و فعالیت آبی آن ها افزایش یافت. همچنین نتایج

Table 5 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on consistency (mean $\pm$ SD) of jams

Day 90	Day 60	Day 30	Day 1	Sample
6.07 $\pm$ 0.31 ^{Ab}	5.93 $\pm$ 0.32 ^{Ab}	5.67 $\pm$ 0.21 ^{Ab}	5.47 $\pm$ 0.21 ^{Aab}	T ₁
6.77 $\pm$ 0.40 ^{Aa}	6.40 $\pm$ 0.40 ^{Aa}	6.23 $\pm$ 0.23 ^{Aa}	6.13 $\pm$ 0.31 ^{Aa}	T ₂
5.67 $\pm$ 0.12 ^{Ab}	4.73 $\pm$ 0.35 ^{Bc}	4.33 $\pm$ 0.40 ^{Bc}	4.07 $\pm$ 0.29 ^{Bc}	T ₃
5.77 $\pm$ 0.32 ^{Ab}	5.37 $\pm$ 0.31 ^{ABbc}	5.33 $\pm$ 0.12 ^{ABb}	5.07 $\pm$ 0.25 ^{Bb}	T ₄
3.60 $\pm$ 0.17 ^{Acd}	3.50 $\pm$ 0.10 ^{Ad}	3.37 $\pm$ 0.06 ^{Ad}	3.27 $\pm$ 0.32 ^{Ad}	T ₅
3.10 $\pm$ 0.15 ^{Ad}	3.10 $\pm$ 0.10 ^{Ad}	3.07 $\pm$ 0.12 ^{Ad}	2.93 $\pm$ 0.23 ^{Ad}	T ₆
3.90 $\pm$ 0.20 ^{Ac}	3.67 $\pm$ 0.25 ^{Ad}	3.50 $\pm$ 0.17 ^{Ad}	3.57 $\pm$ 0.25 ^{Acd}	T ₇
3.58 $\pm$ 0.01 ^{Acd}	3.57 $\pm$ 0.01 ^{Ad}	3.53 $\pm$ 0.01 ^{Bd}	3.51 $\pm$ 0.02 ^{Bcd}	T ₈

Reported values correspond to mean $\pm$ standard deviation. Different letters in the same column and row indicate significant differences ($P < 0.05$). Capital letters indicate storage time effect and small letters indicate sugar replacement effect.

۳-۵- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت

نگهداری بر پذیرش کلی

در بررسی اثر میزان جایگزینی شکر و مدت زمان نگهداری بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های مربای آلبالو کم‌کالری می‌توان به این نتیجه دست‌یافت که از بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر مقادیر پذیرش کلی، اثرات مستقل و متقابل مربوط به میزان جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های سنتزی و زمان نگهداری بر پذیرش کلی نمونه‌های مربای کم‌کالری معنی‌دار بود (جدول ۶). مطابق نتایج به‌دست‌آمده با افزایش جایگزینی شکر با سوکرالوز پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش یافت که این امر می‌تواند به علت نقش شکر در تقویت شیرینی و طعم (بو و مزه) مربا باشد [۱۶]. در مقابل نمونه‌های حاوی زایلیتول بالا از نمرات حسی بهتری نسبت به نمونه‌های حاوی سوکرالوز بالا

برخوردار بودند که به دلیل تأثیرات ناچیز قندهای الکلی بر رنگ و مزه محصول کم‌کالری و تشابه محصول به نمونه کنترل بود [۳ و ۲۰]. الویرا و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود در رابطه با جایگزینی ۵۰ درصدی شکر با زایلیتول در مربای کم‌کالری به این نتیجه دست یافتند که نمونه‌های مربای تولیدشده با جایگزینی ۵۰ درصدی ساکارز با زایلیتول از نظر طعم و بافت مشابه نمونه‌های با ساکارز بالا بوده و از مقبولیت بالایی برخوردار بودند [۹]. در طی نگهداری نمونه‌های حاوی سوکرالوز بالا، رنگ و بافت نامطلوب‌تر و آب انداز بیشتری در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشته و از نظر ارزیابان حسی امتیاز پایین‌تری دریافت کردند. این مسئله می‌تواند به علت تغییرات بافتی در اثر استفاده از پکتین کم‌استر و ظرفیت ناکافی آن در اتصال با مولکول‌های آب در مرباجات با میزان مواد جامد محلول کم، نظیر مربای رژیمی یا کم‌کالری باشد [۱۰].

Table 6 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on total acceptability (Mean $\pm$ SD) of Jams

Day 90	Day 60	Day 30	Day 1	Sample
3.07 $\pm$ 0.64 ^{Be}	3.07 $\pm$ 0.69 ^{Bd}	3.07 $\pm$ 0.58 ^{Bd}	3.50 $\pm$ 0.63 ^{Ac}	T ₁
2.03 $\pm$ 0.81 ^{Bf}	3.33 $\pm$ 0.55 ^{Ad}	3.33 $\pm$ 0.66 ^{Ad}	3.33 $\pm$ 0.84 ^{Ac}	T ₂
4.70 $\pm$ 0.60 ^{Aab}	4.80 $\pm$ 0.48 ^{Aab}	4.97 $\pm$ 0.18 ^{Aa}	4.97 $\pm$ 0.18 ^{Aa}	T ₃
3.77 $\pm$ 0.77 ^{Ad}	3.80 $\pm$ 0.61 ^{Ac}	3.97 $\pm$ 0.72 ^{Ac}	4.10 $\pm$ 0.61 ^{Ab}	T ₄
4.20 $\pm$ 0.61 ^{Ac}	4.40 $\pm$ 0.49 ^{Ab}	4.37 $\pm$ 0.61 ^{Abc}	4.37 $\pm$ 0.56 ^{Ab}	T ₅
4.50 $\pm$ 0.51 ^{Abc}	4.50 $\pm$ 0.51 ^{Ab}	4.57 $\pm$ 0.57 ^{Aab}	4.50 $\pm$ 0.57 ^{Ab}	T ₆
5.00 $\pm$ 0.02 ^{Aa}	4.97 $\pm$ 0.18 ^{Aa}	4.97 $\pm$ 0.18 ^{Aa}	5.00 $\pm$ 0.57 ^{Aa}	T ₇
4.33 $\pm$ 0.48 ^{ABbc}	4.63 $\pm$ 0.49 ^{Aab}	4.23 $\pm$ 0.68 ^{Bbc}	4.47 $\pm$ 0.51 ^{ABb}	T ₈

Reported values correspond to mean $\pm$ standard deviation. Different letters in the same column and row indicate significant differences ($p < 0.05$). Capital letters indicate storage time effect and small letters indicate sugar replacement effect.

۳-۶- اثر مقدار جایگزینی شکر و مدت

نگهداری بر کالری کاهش‌یافته

در بررسی مقدار کالری کاهش‌یافته (جدول ۷) می‌توان به این نتیجه دست‌یافت که از بین متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر مقادیر کالری کاهش‌یافته، اثر مستقل مربوط به مقدار جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های سنتزی معنی‌دار می‌باشد ($P < 0.05$). مطابق نتایج به‌دست‌آمده با افزایش جایگزینی شکر با سوکرالوز مقدار کاهش کالری نمونه‌های مربای آلبالو کم‌کالری افزایش یافت که این عمل مبتنی بر میزان کالری حاصل از هرکدام از شیرین‌کننده‌های سنتزی (سوکرالوز و زایلیتول) بود

به طوری‌که به ازای هر گرم سوکرالوز صفر کیلوکالری و به ازای هر گرم زایلیتول یک کیلوکالری و به ازای هر گرم ساکارز در حدود چهار کیلوکالری انرژی آزاد می‌شود که مقدار کالری پایین حاصل از شیرین‌کننده‌های سنتزی نسبت به شکر و مقادیر کم شیرین‌کننده‌های سنتزی مورد استفاده منجر به کاهش کالری در مرباهای جایگزین شده با سوکرالوز و زایلیتول می‌گردد [۵، ۹ و ۲۲]. نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد ساکارز و ۵۰ درصد سوکرالوز و نمونه حاوی ۵۰ درصد ساکارز، ۲۵ درصد زایلیتول و ۲۵ درصد سوکرالوز دارای بیشترین مقدار کالری کاهش‌یافته به ترتیب ۴۹/۷۷ و ۴۵/۰۶ درصد نسبت به نمونه کنترل بودند.

۶- منابع

- [1] Butt, M. S., Pasha, I., Tufail, F., & Anjum, F.M. (2002). Use of low absorptive sweeteners in cakes. *International Journal Agriculture and Biology*. 4(2): 249-251.
- [2] Featherstone, S. A. (2015). *Complete Course in Canning and Related Processes*. Woodhead Publishing. Pp: 534.
- [3] Kerdsup, p., & Naknean, p. (2012). Effect of sorbitol substitution on physical, chemical and sensory properties of low-sugar mango jam. *Science and Engineering Symposium 4th International Science. Engineering and Energy Conference*. 12-18.
- [4] Nabarlantz, D., Ebringerova, D., & Montane, D. (2007). Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides. *Carbohydrate Polymer*. 69: 20-28.
- [5] Ragab, M. (1987). Characteristics of Apricot Jam Sweetened with Saccharin and Xylitol. *Food chemistry*. 6: 55-64.
- [6] Nabros, L.O. (2001). *Alternative sweeteners: An overview*. CRC Press. Pp: 578.
- [7] Nobors, L. (2002). Sweet choice: sugar replacements for foods and beverages. *Food Technology*. 56(7): 28-35.
- [8] Basu, S., Shivhare, U.S., & Singh, T.V. (2013). Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *Journal of Food Engineering*. 114: 465-476.
- [9] Oliveira, M.E., Carvalho, L. E., Souza, E. L., Oliveira, A., Santos, W., & Ritzinger, L. (2013). Production of Dietetic Jam of Umbu-Caja (*Spondias sp.*): Physical, Physicochemical and Sensorial Evaluations. *Food and Nutrition Sciences*. 4: 461-468.
- [10] Broomes, J., & Badrie, N. (2010). Effects of Low-Methoxyl Pectin on Physicochemical and Sensory properties of Reduced-Calorie Sorrel/ Roselle (*Hibiscus sabdariffa L.*) jams. *The Open Food Science Journal*. 4: 48-55.
- [11] Santanu, B., Shivhare, U. S., & Singh, T.V. (2011). Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *Journal of Food Engineering*. 105: 503-512.
- [12] Codex, A.C. (2009). *Codex Standard for jams, jellies and Marmalades*. 296.

Table 7 Effect of replacement of different sweeteners and storage time on calorie reduction (Mean±SD) of Jams

Calorie Reductin	Sample
45.06±2.28	T ₁
49.77±0.59	T ₂
21.84±0.09	T ₃
24.73±0.64	T ₄
37.60±0.27	T ₅
18.73±0.27	T ₆
-	T ₇
-	T ₈

۴- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده نشان داد که به رغم مؤثر بودن استفاده از سوکرالوز در کاهش کالری، ویژگی های بافتی و حسی در مرباهای تهیه شده با این شیرین کننده افت کرد. استفاده از سوکرالوز به تنهایی منجر به کاهش قوام و افزایش معنی دار فعالیت آبی نسبت به نمونه کنترل شد و شدت بروز این تغییرات نامطلوب با افزایش مقدار جایگزینی (صفر تا ۵۰ درصد) بیشتر شد و استفاده ترکیبی از سوکرالوز و زایلیتول به طور محسوس اثرات نامناسب سوکرالوز را کاهش داد. در بین پارامترهای مورد بررسی pH تحت تأثیر نوع و میزان شیرین کننده استفاده شده قرار نداشت. تأثیر مدت زمان نگهداری بر روی پارامترهای مورد بررسی در نمونه های تهیه شده با سوکرالوز در مقایسه با مرباهای حاوی زایلیتول بیشتر بود به طوری که کاهش قوام در طول مدت نگهداری در این نمونه ها مشاهده شد. در مجموع نمونه های تولید شده با میزان جایگزینی ۲۵ درصد مطلوبیت بیشتری نسبت به جایگزینی ۵۰ درصد داشتند و نمونه های تهیه شده با ۷۵ درصد شکر، ۱۲/۵ درصد سوکرالوز و ۱۲/۵ درصد زایلیتول و نیز ۷۵ درصد شکر، ۲۵ درصد زایلیتول و بدون سوکرالوز مطلوب ترین نمونه ها از نظر مشابهت با نمونه کنترل انتخاب شدند.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از زحمات تیم تحقیق و توسعه و کنترل کیفیت شرکت آسیا شور (طراوت) کمال تشکر و قدردانی را می نمایند.

- Marmalades. Food and Nutrition Sciences. 34: 23-30.
- [19] Carvalho, A. C.G., Oliveria, R. C. G., Navacchi, M. F. P., Costa, C. E. M., Mantovani, D. M., Dacome, A. S., & Seix, F. A. V. (2013). Evaluation of the potential use of rebaudioside-A sweetener for diet jam. Food science and technology. 33(3): 555-560.
- [20] Hyvonen, L., & Torma, R. (1983). Examination of sugars, sugar alcohols and artificial sweeteners as substitute for sucrose in strawberry jam. Journal of Food Science. 84(1): 186-192.
- [21] Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babiać, J., Aćkar, Đ., & Sajdl, M. (2009). Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. Czech Journal of Food Sciences. 27: 20-28.
- [22] Yuyama, L. K., Pantoja, O. L., Maeda, R. N. J., Aguiar, P. L., & Silva, S. B. (2008). Development and Acceptability of a Low Calorie Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) Jam. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 28(4): 929-934.
- [13] Hanna, A. K., Fadi, M. A., & Thomas, J. H. (2005). Physical, Chemical and sensory properties of sugar-free jelly. Journal of Food Quality. 28: 179-190.
- [14] Khouryeh, H.A., Aramouni, F. M., & Herald, T. J. (2005). Physical, Chemical and Sensory Properties of Sugar-Free Jelly. Journal of Food Quality. 28(2): 179-190.
- [15] Yam, K.L., & Papadakis, S.E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering. 61: 137-142.
- [16] Al-Dabbas, M., & Al-Qudsi, J. M. (2012). Effect of partial replacement of sucrose with the artificial sweetener sucralose on the physico-chemical, sensory, microbial characteristics, and final cost saving of orange nectar. International Food Research Journal. 19(2): 679-683.
- [17] Rafeek, M., Abolila, H. B., Hassan, A. E., & Hamd, A., (2015). Chemical, Nutritional and Organoleptical Characteristics of Orange-Based Formulated Low-Calorie Jams. Food and Nutrition Sciences. 6: 1229-1244.
- [18] Pavlović, S. R., Aleksandra, N., & Vujičić, L. (2003). Low Calorie

Investigating the Effect of Sugar Replacement with Xylitol and Sucralose as Low-caloric Sweeteners on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Sour Cherry Jam

Torabi Tabrizi, V.¹, Roufegarinejad, L.^{2*}

1. M.Sc Student, Department of Food Science and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz

2. Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

(Received: 2018/02/04 Accepted: 2018/04/09)

In the current research, the effect of sucralose and xylitol on the production of low calorie sour cherry jam was studied. Sugar replacement levels were 25% and 50%, and in this range, six different treatments were prepared using either sweetener independently or in combination. Evaluation and comparison of samples with control one including physicochemical and sensory properties that were produced on the first day and a factorial design were performed after 30, 60 and 90 of storage time. The results showed that in spite of the effective use of sucralose in reducing calories, the consistency and sensory properties dropped in the jam prepared with these sweeteners. Compared to the control sample, the use of sucralose lead to reduce consistency and a significant increase in water activity ($P < 0.05$) and the incidence of these undesirable changes increased with increasing replacement levels and the use of a combination of sucralose and xylitol reduced the effects of unsuccessful sucralose significantly. Among the parameters studied, pH was not affected by the type and amount of sweeteners. The effect of storage time on the parameters in samples prepared with sucralose was more than that of xylitol containing jams so that reduction of consistency changes were observed in these samples during storage time. Finally, samples produced with a replacement level of 25% were more favorable than the replacement of 50% and samples prepared with 75% sugar, 12.5% sucralose and 12.5% xylitol and 75% sugar, 25% xylitol and without sucralose were the most suitable samples in terms of similarity with the control sample.

Key words: Low calorie jam, Physicochemical properties, Sucralose, Xylitol

* Corresponding Author E-Mail Address: l.roufegari@iaut.ac.ir