

تأثیر جایگزینی شکر با اریتریتول بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، بافتی و حسی بیسکویت

سمیرا خبیر^۱، حجت کاراژیان^{۲*} و معصومه مهربان سنگ آتش^۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲۷

^۱دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران

^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران

^۳استادیار گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد،

ایران

*مسئول مکاتبه: Email: Hojjat_karazhiyan@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: جایگزین کردن ساکارز با شیرین کننده‌های مختلف می‌تواند منجر به کاهش کالری و در نتیجه کاهش انرژی دریافتی، کنترل وزن بدن و پیشگیری از بروز بیماری‌هایی چون چاقی، دیابت و فشار خون بالا شود. هدف: هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید بیسکویت رژیمی با قندالکی اریتریتول می‌باشد. روش کار: نمونه شاهد بدون افزودن جایگزین شکر و نمونه‌های دیگر با جایگزینی میزان ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ اریتریتول جایگزین شکر در فرمولاسیون بیسکویت شدند و سپس خصوصیات فیزیکی، خصوصیات شیمیایی و خصوصیات حسی آنها بررسی و به منظور آنالیز نمونه‌ها از طرح آماری پایه کاملاً تصادفی یک فاکتوری (CRD)، استفاده گردید. همچنین مقایسات میانگین از آزمون دانکن (Duncan) در سطوح آماری ۵٪ بهره برده شد. نتایج: نتایج نشان داد جایگزینی با قندالکی اریتریتول افزایش رطوبت را به همراه داشته است. میزان aw نمونه‌ها با جایگزینی اریتریتول در سطح ۲۵٪ افزایش یافت اما در سطوح ۵۰ و ۷۵٪ کاهش یافت هرچند این روند کاهشی از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد. دانسیته بیسکویت‌ها نیز با افزایش درصد اریتریتول کاهش یافت. همچنین جایگزینی ساکارز با ترکیب مذکور اثر معنی‌داری بر درصد خاکستر بیسکویت‌ها نشان نداد ($P > 0/05$)، اما درصد قند کل نمونه‌ها کاهش چشمگیری نسبت به تیمار شاهد پیدا کرد. نتایج پردازش تصویر، بیانگر کاهش پارامتر L^* طی جایگزینی با اریتریتول و افزایش پارامتر a^* و b^* بود. آزمون بافت-سنجی، کاهش سفتی بافت محصول را به دنبال داشت. نتیجه‌گیری نهایی: با توجه به کاهش میزان قندکل و بهبود برخی خصوصیات بافتی و پذیرش حسی، جایگزینی شکر با قندالکی اریتریتول در فرمولاسیون بیسکویت مناسب می‌باشد.

واژگان کلیدی: اریتریتول، بافت، بیسکویت، جایگزین شکر، رنگ‌سنجی

مقدمه

تنوع، ماندگاری طولانی و قیمت مناسب به میزان گسترده‌ای توسط اقشار مختلف جامعه مصرف می‌شود (سودها ۲۰۰۷). مواد اصلی تشکیل دهنده بیسکویت

بیسکویت یکی از انواع فراورده‌های نانویی می‌باشد که به دلیل ارزش تغذیه‌ای، قابلیت مصرف سریع و آسان،

تولید نمایند که این رژیم‌های غذایی می‌تواند از بروز برخی از بیماری‌ها جلوگیری کند (لوئیس و همکاران ۲۰۰۷).

یکی از این رژیم‌های خاص، تولید غذاهای کم کالری با میزان کمتر شکر است که در این رابطه ترکیبات شیرین‌کننده متنوعی به عنوان جایگزین شکر مطرح شده‌اند، تا محصولات غذایی و نوشیدنی‌های متنوعی تولید گردد که در آنها میزان شکر دریافتی و کالری تولید شده در بدن انسان کاهش یابد و این محصولات برای افراد چاق و دیابتی مناسب باشد (نوبوروس ۲۰۰۲).

از ترکیباتی که می‌توانند جایگزین ساکارز شوند می‌توان به قندهای الکلی اشاره کرد. مواد غذایی حاوی قندهای الکلی به علت جایگزین شدن ساکارز توسط قندهای الکلی می‌توانند به عنوان مواد غذایی کم هضم و کم کالری معرفی شوند. بعلاوه این ترکیبات انرژی کمتری از شکر داشته و دارای مزایای دیگری (کاهش پاسخ گلیسمی، کاهش اثر خوردگی بر دندان و افزایش اثرات پروبیوتیکی) هستند (فیچ و کیم ۲۰۰۴). قندهای الکلی به عنوان ترکیبات ایمن در مواد غذایی شناخته شده‌اند. این ترکیبات به شکل ناقص و آرام توسط انتشار در روده جذب می‌شوند. اگر قندهای الکلی به شکل کامل جذب شوند، متابولیسم آنها در حدود ۴ Kcal/gr انرژی تولید می‌کنند. هرچند جذب ناقص قندهای الکلی باعث متابولیسم ناقص این ترکیبات و تخمیر توسط میکروفلور روده می‌شود (قوامی نژاد و یگانه زاد ۱۳۹۳).

سازمان غذا و دارو قندهای الکلی را به عنوان ترکیبات کم‌انرژی‌تر نسبت به سایر شیرین‌کننده‌های مغذی مجاز دانسته است (لین و همکاران ۲۰۰۳). علاوه بر این قندهای الکلی سرعت متابولیسم شدن کمی نیز دارند و باعث پایین نگه داشتن گلوکز خون در افراد مبتلا به دیابت نوع ۱ و ۲ می‌شوند (پاشا و همکاران ۲۰۰۲).

آرد، شکر و روغن می‌باشند. به طور میانگین ۱۰۰ گرم بیسکویت شامل ۷۷ گرم کربوهیدرات، ۸ گرم پروتئین و ۱۳/۵ گرم چربی است و میزان انرژی معادل ۴۶۵ کیلوکالری را فراهم می‌آورد (پایان ۱۳۷۷ و حدائق و همکاران ۱۳۸۹). این فراورده‌ها معمولاً کمتر از ۴٪ رطوبت داشته و در صورت بسته‌بندی در ظروف بسته‌بندی غیر قابل نفوذ به رطوبت، قابلیت ماندگاری آنها ۶ ماه یا بیشتر خواهد بود (پیغمبردوست ۱۳۸۸).

قسمت عمده بیسکویت‌ها از نظر روغن و قند غنی هستند و کالری بالایی دارند. اما در عین حال متخصصان تغذیه با دیدگاه منفی به بیسکویت نگاه می‌کنند، چون چربی به کار رفته در فرمول بیسکویت در اکثر موارد از نوع اشباع شده می‌باشد و در ایجاد بیماری‌های قلبی مؤثر است. از طرفی وجود مقادیر بالای ساکارز و سایر قندها در آن در پیدایش فساد دندان‌ها نقش دارد (پیغمبردوست ۱۳۸۸).

همچنین برآورد شده است که حدود ۲۸۵ میلیون نفر در سراسر جهان به دیابت مبتلا هستند. سازمان جهانی بهداشت نیز پیش‌بینی کرده که تا سال ۲۰۲۵ ایران حدود ۶/۴ میلیون نفر بیمار دیابتی خواهد داشت. دیابت پیامدهای خطرناکی چون بیماری‌های قلبی عروقی، نارسایی کلیوی، عوارض چشمی، مشکلات سیستم عصبی و اختلالات چربی خون دارد که تمام این موارد هزینه‌های سنگینی را بر دولت‌ها، چه از لحاظ خدمات درمانی و چه از لحاظ کاهش نیروی کار جامعه تحمیل می‌کنند، بنابراین ضروری است که از پیشرفت دیابت پیشگیری نمود و بیماری مبتلایان را تحت کنترل درآورد تا از بروز عوارض جدی جلوگیری به عمل آید. همچنین باید با تدابیر لازم، مانع از ایجاد بیماری در افراد سالم گردید (همایونی راد و همکاران ۱۳۹۲).

از اینرو با توجه به این عوارض و آگاهی مردم از اینکه تغذیه مناسب می‌تواند در سلامتی افراد مؤثر باشد، موجب شده تا امروزه تولیدکنندگان مواد غذایی، محصولاتی با چربی، شکر و نمک کم و فیبر بیشتر

¹Food & Drug Administration

به بررسی ویژگی‌های حسی و فیزیکی شیمیایی کیک های حاوی ربادیوزید و اریتریتول به عنوان جایگزین ساکارز پرداخت. جایگزینی ساکارز با ترکیبات مذکور هیچ گونه تأثیری در مقدار نگهداری هوای خمیر، حجم کیک و رطوبت نهایی محصول نسبت به شاهد نداشت اما میزان فعالیت آبی کیک تغییر کرد و محصول تولید شده حاوی قند و کالری کمتری بود. همچنین لین و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود روی کوکی دانمارکی^۱ به این نتیجه رسیدند که در اثر جایگزینی شکر با اریتریتول، رطوبت محصول افزایش و کالری و درصد کربوهیدرات کاهش می‌یابد درحالی‌که تغییر معنی‌داری در درصد پروتئین، چربی و خاکستر ایجاد نمی‌شود. همچنین با افزایش درصد جایگزینی شکر با اریتریتول پارامتر L^* افزایش و سفتی بافت کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند و در نهایت نتیجه گیری شد که کوکی تهیه شده با ۵۰٪ اریتریتول خصوصیات کمی و کیفی مشابه‌تری با نمونه حاوی ۱۰۰٪ شکر دارد. در مطالعه‌ای که توسط اکسون (۲۰۰۹) بر جایگزینی شکر با سوکرالوز و اریتریتول در کیک انجام شده بود، مشاهده شد که با کاهش درصد شکر در فرمولاسیون، فعالیت آبی محصول کاهش می‌یابد. لین و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر اریتریتول بر ویژگی‌های حسی و فیزیکی کیک نشان دادند که با افزایش میزان اریتریتول ویژگی‌های حسی کیک کاهش می‌یابد.

با توجه به مصرف بیسکویت به عنوان میان وعده غذایی به جهت دارا بودن ارزش تغذیه‌ای بالا و اهمیت وجود بیسکویت‌های رژیمی متنوع و متناسب با انواع ذائقه‌ها در سبد فروش این کالا و نیز مزایای کاهش مصرف شکر در وعده‌های غذایی، تولید بیسکویت رژیمی کم کالری با استفاده از قند الکلی اریتریتول و بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی بیسکویت هدف کلی این پژوهش می‌باشد.

همچنین قندهای الکلی باعث کاهش اندیس گلیسمی سایر کربوهیدرات‌ها نیز می‌شوند. این اثر نشان دهنده این واقعیت است که ویژگی کاهش پاسخ گلیسمی برای این ترکیبات زمانی که از این ترکیبات به همراه قندهای دیگر استفاده شود، از بین نخواهد رفت (فیچ و کیم ۲۰۰۴).

اریتریتول، الکل قندی چهار کربنه است که توسط فرایندی تولید می‌شود که با تخمیر گلوکز آغاز می‌گردد. اما تنها اندکی بیشتر از نصف ساکارز (۷۰ درصد) شیرین است، اگرچه از نظر وزنی کالری بسیار کمتری دارد (۰/۲ کالری در هر گرم). این قند پایین‌ترین وزن مولکولی را در بین قندهای الکلی دارد (فرشی و همکاران ۱۳۹۳). اریتریتول در ژاپن از سال ۱۹۹۰ به عنوان جزئی از آبنبات، نوشیدنی‌های بدون الکل، آدامس، مربا و ماست مورد استفاده بوده است (ماکینن و همکاران ۲۰۰۵). سازمان غذا و دارو در سال ۱۹۹۷ آن را به عنوان ماده غذایی کاملاً ایمن به رسمیت شناخت. اریتریتول از نظر حرارتی پایدار بوده و می‌تواند در پخت و پز و به عنوان شیرین کننده در رژیم های با کربوهیدرات یا کالری پایین به کار رود. تقریباً به طور کامل توسط روده کوچک جذب شده (و بدون تغییر طی ۲۴ ساعت در اوره دفع می‌شود)، هیچ اثر سمی یا سرطان زایی نشان نداده و برای مصرف افراد دیابتی ایمن در نظر گرفته می‌شود (ماکینن و همکاران ۲۰۰۵).

ناصری منفرد و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به منظور بهبود ویژگی‌های کیفی کیک‌های اسفنجی از شیرین‌کننده‌های سوکرالوز و اریتریتول به عنوان جایگزین بخشی از ساکارز استفاده کردند. پیغمبردوست و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تولید کیک کم‌کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز پرداختند. استفاده از مخلوط ساکارز، الیگوفروکتوز و اریتریتول نزدیک ترین نتایج را با نمونه کیک شاهد نشان داد. در پژوهشی دیگر لاترپ (۲۰۱۲)

¹ Danish Cookies

مواد و روش‌ها

مواد اولیه تهیه بیسکویت

آرد گندم کامل (۶/۵ - ۵/۶ pH، حداکثر خاکستر محلول در اسید ماده خشک: ۰/۰۵ درصد وزنی، حداکثر خاکستر ماده خشک: ۱/۶ درصد وزنی، حداکثر اسیدیته: ۴/۱، حداکثر رطوبت: ۱۲/۵ درصد وزنی، حداقل پروتئین: ۱۱ درصد وزنی، حداکثر میکروارگانیزم‌ها در هر گرم: ۵۰۰۰۰۰، حداقل گلوتن مرطوب: ۲۳ درصد وزنی) از کارخانه آرد بهنام تربت‌حیدریه خریداری شد. روغن قنادی لادن، جوش شیرین خوراکی (شرکت گل‌شهر مشهد)، تخم‌مرغ و شکر از فروشگاه خریداری شد. اریتریتول از شرکت ایران استویا تهران و با مشخصات رطوبت ۰/۲ درصد، خاکستر ۰/۱ درصد و با pH معادل ۶ خریداری شد. اریتریتول به صورت پودری سفید رنگ، محلول در آب بود و از نظر خصوصیات میکروبی سالمونلا و کلی فرم منفی بود. بی‌کربنات آمونیوم و لستین از شرکت اکسین شیمی توس خریداری شد.

تهیه خمیر و پخت بیسکویت

تمامی خمیرهای بیسکویت به نحوی تهیه شدند که نسبت‌ها عبارت بود از: آرد ۳۰۰ گرم، شکر ۷۵ گرم، روغن قنادی ۶۴/۸ گرم، آب ۳۴/۸ گرم، شربت‌اینورت ۲۴/۹ گرم، جوش شیرین ۳ گرم، بی‌کربنات آمونیوم ۳ گرم، لستین ۳ گرم، تخم‌مرغ ۲۴/۹ گرم و سطوح مختلف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد اریتریتول که به ترتیب معادل ۶/۲۵، ۱۲/۵ و ۱۸/۷۵ گرم اریتریتول که جایگزین شکر در فرمولاسیون ذکر شده گردید (جدول ۱).

در عمل به منظور تولید خمیر بیسکویت، ابتدا روغن قنادی با دستگاه میکسر (سانی مدل SM-92 ساخت چین) کمی هم زده شد تا نرم شود. سپس شکر به آن افزوده شد و عمل هم‌زدن ادامه یافت تا کاملاً پوک و سفید شود. تخم‌مرغ به خمیر فوق اضافه گردید و مجدداً هم زده شد، سپس شربت‌اینورت اضافه شد. در ادامه جوش شیرین، بی‌کربنات آمونیوم و لستین اضافه و

مخلوط گردید. در مرحله آخر آب و سپس آرد اضافه شد. خمیر به دست آمده به قطر ۵ میلی متر پهن و قالب زده شد و در سینی فر چیده شد و در فر (گاز فردار آردل مدل Mandana 2000 ساخت ایران) در دمای ۱۸۰°C به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت. بیسکویت‌های پخته شده‌ای که از فر در آورده شد به مدت ۵ دقیقه خنک و در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی شد و تا زمان انجام آزمون در دمای محیط و در غیاب نور نگهداری گردید (وطن خواه و همکاران ۱۳۹۳).

جدول ۱- فرمولاسیون بیسکویت تولید شده

Table 1- Formulation of biscuit produced

Flour	100 gr
Sugar	25 gr
Confectionary oil	21.6 gr
Water	11/6 gr
Invert syrup	8/3 gr
Ammonium bicarbonate	1 gr
Lecithin	1 gr
Soda	1 gr
Egg	8/3 gr

تیمارهای پژوهش و سطوح مورد استفاده

نمونه‌های بیسکویت در ۴ سطح تولید شدند. نمونه شاهد بدون افزودن جایگزین شکر و نمونه‌های دیگر با جایگزینی میزان ۲۵، ۵۰ و ۷۵٪ اریتریتول جایگزین شکر در فرمولاسیون بیسکویت شدند و سپس خصوصیات فیزیکی (aw، وزن، حجم و دانسیته)، خصوصیات شیمیایی (قند کل، بافت، رنگ، رطوبت و خاکستر) و خصوصیات حسی آنها بررسی و به منظور آنالیز نمونه‌ها از طرح آماری پایه کاملاً تصادفی یک فاکتوری (CRD)، استفاده گردید. همچنین جهت مقایسات میانگین از آزمون دانکن (Duncan) در سطوح آماری ۵٪ بهره برده شد.

آزمون‌ها

اندازه‌گیری فعالیت آبی

میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (مدل Lab Master - aw، شماره سریال ۸۰۴۰۱۸،

آزمون رنگ‌سنجی

آزمون رنگ‌سنجی با استفاده از اندازه‌گیری مولفه‌های L^* ، a^* ، b^* انجام گرفت. در عمل جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها پس از پخت نمونه‌ها و متعادل شدن دمای آنها از هر یک از فرمولاسیون‌ها ۳ عدد بیسکویت به طور تصادفی انتخاب شد و درون سل دستگاه رنگ‌سنج (HUNTER LAB با شماره سریال CX 2547 ساخت آمریکا مدل ۴۵/۰) قرار داده شد و به اندازه ۱۵ دقیقه، سل دستگاه مورد چرخش قرار گرفت، سپس پارامترهای ذکر شده از روی دستگاه خوانده شد (فرانسیس ۱۹۹۸). درصد قند کل با استفاده از روش لین-آیون و مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران شماره ۲۵۵۳).

آزمون حسی

برای ارزیابی حسی از سیستم امتیازدهی استفاده شد. بدین منظور از ۱۵ نفر از دانشجویان صنایع غذایی استفاده و فرم‌های مربوطه که صفات مد نظر و امتیازات در آن شرح داده شده بود در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیاب‌ها در شرایط مناسب و به صورت تصادفی نمونه‌ها را ارزیابی کردند نمونه‌ها از نظر قابلیت جویدن، بافت، عطر، رنگ، طعم و مزه، پذیرش کلی مورد مقایسه قرار گرفت. در این پژوهش از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای برای ارزیابی حسی نمونه‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر جایگزینی شکر بر فعالیت آبی نمونه‌ها

نتایج آنالیز آماری جدول ۲ نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمار حاوی ۲۵٪ اریتریتول با تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود دارد ($p < 0.05$)، درحالی‌که بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵٪ اریتریتول اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد ($p > 0.05$).

ساخت سوئیس) در دمای 25°C تعیین شد (زولیاس و همکاران ۲۰۰۰).

اندازه‌گیری وزن و حجم و دانسیته

به منظور اندازه‌گیری وزن به طور تصادفی از هر فرمولاسیون ۳ بیسکویت پس از پخت انتخاب گردید و با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی (METTLER TOLEDO مدل New Classic MF ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۰۱) وزن بیسکویت‌ها اندازه‌گیری شد (لین و همکاران ۲۰۰۳). حجم بیسکویت‌ها با استفاده از یک استوانه مدرج از طریق روش جابه‌جایی دانه ارزن محاسبه شد (لین و همکاران ۲۰۰۳) و دانسیته ظاهری با محاسبه نسبت وزن به حجم محاسبه شد.

اندازه‌گیری رطوبت

برای تعیین رطوبت نمونه‌ها از روش آون (پارس آزما ساخت ایران) (روش حرارتی) طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۵۴ استفاده شد (پروانه ۱۳۷۱ و حسینی ۱۳۶۹).

اندازه‌گیری خاکستر

میزان خاکستر نمونه‌ها طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۰۳ اندازه‌گیری شد (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۳).

آزمون بافت‌سنجی

آزمون بافت‌سنجی بیسکویت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA Plus ساخت آمریکا) انجام گردید. آزمون پروفیل بافت (TPA) انجام شد. از پروب (میله) استوانه‌ای فلزی با قطر ۲ میلی‌متر و با سرعت نفوذ ۱ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ به داخل بافت ۱۲ میلی‌متر استفاده شد. میزان بارگذاری (Load cell) دستگاه ۱۰۰ نیوتن بود (سودها و همکاران ۲۰۰۶). سختی (سفتی بافت) و نیروی مورد نیاز برای شکستن بیسکویت‌ها (بر حسب نیوتن) توسط دستگاه گزارش شد (ساویتها و ایندرانی ۲۰۰۸).

جدول ۲- اثر درصدهای مختلف جایگزینی شکر با

اریتریتول بر میزان aw نمونه‌های بیسکویت

Table 2- Aw of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	aw
Control	0/373±0/03 ^B
25% Erythritol	0/435±0/01 ^A
50% Erythritol	0/363±0/00 ^B
75% Erythritol	0/366±0/01 ^B

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

طبق نتایج این پژوهش با افزایش جایگزینی (تا سطح ۲۵٪) میزان aw افزایش پیدا کرد بطوریکه بیشترین میزان aw از نظر کمی مربوط به تیمار حاوی ۲۵٪ اریتریتول بود. علت کمتر بودن فعالیت آبی تیمار شاهد به دلیل خاصیت جاذب الرطوبه بودن ساکارز است (ویتزل و همکاران ۱۹۹۷)، و از آنجاییکه در سطح ۲۵٪ جایگزینی، میزان ساکارز بیشتر از سطوح ۵۰ و ۷۵٪ است میزان aw در این تیمار افزایش پیدا کرده است. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات انجام گرفته توسط نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۱) که استفاده از اریتریتول باعث افزایش فعالیت آبی کیک نسبت به نمونه شاهد شد، همخوانی دارد.

همچنین با افزایش سطح جایگزینی (تا ۷۵٪) میزان aw کاهش غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد که احتمالاً به دلیل وجود گروه‌های متعدد هیدروکسیل در ساختار شیمیایی پلی‌اول‌ها است که باعث پیوند آب و درگیر شدن آن می‌شوند (نورمحمدی و همکاران ۱۳۹۰). کاهش در فعالیت آبی تیمارهای جایگزین شده با اریتریتول منجر به افزایش عمر ماندگاری بیسکویت و بهبود کیفیت محصول می‌گردد. زولیا و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که استفاده از سوربیتول و زایلیتول به عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیک کاهش در فعالیت آبی کیک ایجاد کرده است.

تأثیر جایگزینی شکر بر وزن، حجم و دانسیته

نمونه‌ها

نتایج حاصل از آنالیز آماری اندازه‌گیری وزن بیسکویت‌های حاوی اریتریتول بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار تمامی تیمارها با تیمار شاهد بود ($p < 0/05$) (جدول ۳). نتایج حاصل از ارزیابی وزن بیسکویت‌ها نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون، وزن بیسکویت‌ها کاهش پیدا می‌کند. کاهش وزن تیمارهای حاوی اریتریتول نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به کم بودن وزن مولکولی اریتریتول (۱۲۲) نسبت به دیگر قندهای الکلی و ساکارز (۳۴۲) نسبت داد (قوامی نژاد و یگانه زاد ۱۳۹۳).

نتایج حاصل از آنالیز آماری اندازه‌گیری حجم بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار تیمار حاوی ۲۵٪ اریتریتول با تیمار شاهد بود ($p < 0/05$)، درحالی‌که این تیمار با سایر تیمارهای جایگزین شده با اریتریتول اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد ($p > 0/05$) (جدول ۳). نتایج نشان داد طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون، حجم بیسکویت‌ها افزایش پیدا می‌کند. بیشترین میزان حجم از نظر کمی مربوط به تیمار ۲۵٪ اریتریتول و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود. افزایش حجم تیمارهای حاوی اریتریتول نسبت به تیمار شاهد را می‌توان به ویژگی حجم‌دهندگی و بافت‌دهندگی پلی‌اول‌ها نسبت داد (مرتضوی و همکاران ۱۳۹۴).

نتایج حاصل از آنالیز آماری دانسیته نیز بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار تمامی تیمارها با تیمار شاهد بود ($p < 0/05$)، همچنین بین تیمارهای ۵۰ و ۷۵٪ اریتریتول اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$)، درحالی‌که این تیمارها با تیمار حاوی ۲۵٪ اریتریتول اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند ($p > 0/05$) (جدول ۳). نتایج حاصل از محاسبه دانسیته بیسکویت‌ها نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی اریتریتول به جای شکر

طبق نتایج این پژوهش با جایگزینی اریتریتول در سطوح ۲۵ و ۷۵٪ میزان رطوبت افزایش یافت. میزان رطوبت محصول بستگی مستقیمی به وزن مولکولی، نوع عوامل هیدروفوبیک و هیدروفیلیک و تعداد پیوندهای مذکور دارد (فاطمی ۱۳۸۰). روسل و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که وجود تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ترکیب غذایی به علت ایجاد پیوندهای هیدروژنی می‌تواند در افزایش میزان جذب آب محصول و درصد رطوبت آن مؤثر باشد. احتمال می‌رود افزایش رطوبت در تیمارهای حاوی ۲۵ و ۷۵٪ اریتریتول به این دلیل باشد که آب با قند مذکور بهتر باند شده لذا رطوبت بیسکویت افزایش یافته است. همچنین شکر دمای ژلاتیناسیون نشاسته و دناتوراسیون پروتئین را افزایش می‌دهد و این دمای بالای ژلاتیناسیون به خروج رطوبت از محصول کمک می‌کند در نتیجه با کاهش مقدار شکر در فرمولاسیون محصول، رطوبت آن افزایش پیدا می‌کند (کوسر و همکاران ۲۰۰۷).

همچنین نتایج نشان داد با جایگزینی اریتریتول در سطح ۵۰٪ میزان رطوبت در این تیمار نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت که دلیل آن کاهش اتصالات هیدروفیلیک بوده است (اکسوان ۲۰۰۹). در پژوهش حاضر در نمونه های حاوی ۵۰٪ اریتریتول رطوبت بیسکویت کاهش یافت که احتمالاً به این دلیل بود که آب با قند مذکور نمی‌توانست باند شود. نتایج این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش انجام شده توسط ناصری منفرد و همکاران (۱۳۹۴) که به بررسی جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های اریتریتول و سوکرالوز در کیک‌های اسفنجی رژیمی پرداختند، و مشاهده کردند که در کیک‌های حاوی اریتریتول_ سوکرالوز رطوبت کیک‌ها کاهش یافت، همخوانی داشت. نورمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که کیک‌های تهیه‌شده حاوی (اریتریتول - ساکارز - الیگوفروکتوز) رطوبتی مشابه با تیمار شاهد داشتند اما نمونه تهیه شده با ۱۰۰٪

در فرمولاسیون، دانسیته بیسکویت‌ها کاهش پیدا می‌کند. بیشترین میزان دانسیته از نظر کمی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار ۷۵٪ اریتریتول بود. با توجه به رابطه معکوس میان حجم و دانسیته ظاهری، ایجاد دانسیته ظاهری کمتر در تیمارهای با حجم بالاتر و ایجاد دانسیته ظاهری بیشتر در بیسکویت‌های با حجم کمتر طبیعی به نظر می‌رسد (نورمحمدی و همکاران ۱۳۹۰).

جدول ۳- اثر درصد‌های مختلف جایگزینی شکر با اریتریتول بر میزان وزن، حجم و دانسیته نمونه‌های بیسکویت

Table 3- Density, volume and weight of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Weight (gr)	Volume (cm ³)	Density (gr/cm ³)
Control	8/110±0/41 ^A	10/500±0/50 ^B	0/733±0/08 ^A
25% Erythritol	6/913±0/04 ^B	14/000±1/00 ^A	0/490±0/03 ^{BC}
50% Erythritol	6/820±0/05 ^B	12/000±1/00 ^{AB}	0/567±0/05 ^B
75% Erythritol	4/933±0/04 ^C	12/500±1/50 ^{AB}	0/393±0/05 ^C

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

تأثیر جایگزینی شکر بر رطوبت نمونه‌ها

نتایج آنالیز آماری جدول ۴ نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای ۲۵٪ و ۵۰٪ اریتریتول وجود دارد ($P < 0/05$)، همچنین بین این تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار شاهد وجود دارد ($P < 0/05$).

جدول ۴- اثر درصد‌های مختلف جایگزینی شکر با اریتریتول بر میزان رطوبت نمونه‌های بیسکویت

Table 4- Moisture content of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Moisture
Control	5/563±0/04 ^B
25% Erythritol	6/690±0/01 ^A
50% Erythritol	4/743±0/030 ^C
75% Erythritol	6/090±0/77 ^{AB}

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

طور چشمگیری کاهش یافت به طوری که بیشترین درصد قند از نظر کمی مربوط به تیمار شاهد و کمترین میزان مربوط به تیمار حاوی ۷۵٪ اریتریتول بود. از آنجایی که مقدار اریتریتول جایگزین شده در فرمولاسیون بیسکویت، شیرینی معادل ۷۰٪ ساکارز را در محصول ایجاد می‌کند (ماکینن و همکاران ۲۰۰۵)، بنابراین کاهش درصد قند کل منطقی و توجیه پذیر است.

جدول ۶- اثر درصدهای مختلف جایگزینی شکر با

اریتریتول بر میزان قند کل نمونه‌های بیسکویت

Table 6- Total sugar content of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Total sugar (%)
Control	23/190±2/22 ^A
25% Erythritol	16/579±3/61 ^B
50% Erythritol	15/128±0/03 ^B
75% Erythritol	11/027±0/28 ^C

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

نتایج این پژوهش با نتایج تحقیقات لین و همکاران (۲۰۱۰) که تاثیر جایگزینی اریتریتول را بر خصوصیات کوکی دانمارکی بررسی کردند، همخوانی داشت. نتایج پژوهش لین و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد اریتریتول با ساکارز در فرمولاسیون نمونه‌ها، میزان قند نمونه‌ها کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد.

تأثیر جایگزینی شکر بر رنگ نمونه‌ها

میزان پارامترهای رنگ بیسکویت طی جایگزینی شکر با درصدهای مختلف اریتریتول به وسیله اندازه‌گیری پارامترهای اولیه رنگ سنجی (L^* ، a^* ، b^*) در جدول ۷ نشان داده شده است.

پارامتر L^* بیانگر روشنایی است و ارزش آن در محدوده صفر تا ۱۰۰ قرار دارد. در این پژوهش با افزایش درصد جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت، به طور کلی مقدار L^* کاهش یافت اما این روند کاهشی اختلاف آماری معنی‌داری با

اریتریتول نسبت به تیمار شاهد کاهش رطوبت را نشان داد، که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت.

تأثیر جایگزینی شکر بر خاکستر نمونه‌ها

نتایج آنالیز آماری خاکستر نمونه‌ها در جدول ۵ نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارها با تیمار شاهد وجود ندارد ($P > 0.05$). به طور کلی با افزایش درصد جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت، میزان خاکستر بیسکویت تغییری نیافت و میزان خاکستر اکثر تیمارها مشابه هم بود. عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار در این پارامتر را می‌توان به یکسان بودن نوع و مقدار آرد و چربی مورد استفاده در فرمولاسیون تمامی تیمارها نسبت داد (پاشا و همکاران ۲۰۰۲ و مانیشا و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۵- اثر درصدهای مختلف جایگزینی شکر با

اریتریتول بر میزان خاکستر نمونه‌های بیسکویت

Table 5- Ash content of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Ash
Control	0/012±0/00 ^A
25% Erythritol	0/011±0/00 ^A
50% Erythritol	0/012±0/00 ^A
75% Erythritol	0/012±0/00 ^A

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

نتایج این پژوهش با تحقیقات لین و همکاران (۲۰۰۸) که اثر اریتریتول را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های دانمارکی کم‌کالری مورد ارزیابی قرار دادند و تفاوتی در میزان خاکستر تیمارها مشاهده نکردند، همخوانی داشت.

تأثیر جایگزینی شکر بر قند کل نمونه‌ها

نتایج آنالیز آماری در جدول ۶ نشان می‌دهد که اختلاف آماری معنی‌داری بین تمامی تیمارها با تیمار شاهد وجود دارد ($p < 0.05$). همانطور که انتظار می‌رفت با افزایش درصد جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت میزان قند کل بیسکویت‌ها به

جدول ۷- اثر درصدهای مختلف جایگزینی شکر با

اریتریتول بر پارامترهای رنگ نمونه‌های بیسکویت

Table 7- Colour indices of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	L*	a*	b*
Control	61/693±2/03 ^A	5/620±0/63 ^A	28/943±0/16 ^B
Erythritol 25%	62/753±1/42 ^A	6/060±0/79 ^A	30/283±0/13 ^A
Erythritol 50%	60/610±1/30 ^A	6/830±0/08 ^A	31/343±0/69 ^A
Erythritol 75%	61/123±1/14 ^A	6/423±1/23 ^A	30/833±0/87 ^A

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

تأثیر جایگزینی شکر بر پارامترهای بافت نمونه‌ها

میزان پارامترهای بافت بیسکویت طی جایگزینی شکر با درصد های مختلف اریتریتول به وسیله اندازه‌گیری پارامترهای سختی (سفتی بافت) و نیروی مورد نیاز برای شکستن بیسکویت‌ها (بر حسب نیوتن) بررسی شد.

سفتی بافت حداکثر نیروی مورد نیاز برای رسیدن به تغییر شکل مورد نظر است که به عنوان میزان سفتی بیان می‌شود. نتایج آنالیز آماری پارامتر سختی، اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مختلف اریتریتول و تیمار شاهد نشان داد ($p < 0.05$)، همچنین بین تیمارهای مختلف اریتریتول نیز اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر مشاهده نشد ($p > 0.05$). نتایج آنالیز آماری پارامتر نیروی مورد نیاز برای شکستن بیسکویت‌ها بیانگر اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای مختلف اریتریتول و تیمار شاهد بود ($p < 0.05$)، درحالی‌که بین تیمارهای مختلف اریتریتول اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر مشاهده نشد ($p > 0.05$) (جدول ۸). یافته حاصل از آنالیز آماری، بیانگر کاهش پارامترهای ذکر شده طی جایگزینی اریتریتول در فرمولاسیون بیسکویت بود که منجر به بهبود بافت بیسکویت‌ها گردید.

تیمار شاهد نداشت. بیشترین مقدار L^* از نظر کمی مربوط به تیمار ۲۵٪ اریتریتول و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ اریتریتول بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت رنگ بیسکویت به میزان خیلی کم تیره‌تر شده است.

پارامتر a^* بیانگر سبزی تا قرمزی است و از لحاظ عددی در بازه ۱۲۰- (سبز مطلق) الی ۱۲۰ (قرمز مطلق) است. مقدار این پارامتر طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت افزایش یافته است. بیشترین مقدار a^* از نظر کمی مربوط به تیمار ۵۰٪ اریتریتول و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود. بنابراین با افزایش درصد اریتریتول در فرمولاسیون بیسکویت رنگ بیسکویت‌ها قرمزتر شده است و رنگ تیره تشدید یافته است.

پارامتر b^* نشان دهنده رنگ آبی تا زرد می‌باشد و از لحاظ عددی در محدوده ۱۲۰- (آبی مطلق) تا ۱۲۰ (زرد مطلق) است. مقدار این پارامتر طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت افزایش یافته است. بیشترین مقدار b^* از نظر کمی مربوط به تیمار ۵۰٪ اریتریتول و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود.

کاهش رنگ تیمارهای تهیه شده با اریتریتول در اثر کاهش پارامتر L^* به دلیل عدم شرکت قندهای الکلی در واکنش‌های قهوه‌ای شدن مایلارد یا کاراملیزاسیون به علت فقدان گروه عامل (گروه‌های کربونیل) می‌باشد (روندا و همکاران ۲۰۰۵). به علاوه قند اریتریتول مقاومت حرارتی بالایی نسبت به ساکارز و سایر قندهای الکلی دارد و احتمال تجزیه شدن حرارتی و ایجاد رنگ در پوسته بیسکویت تهیه شده با این قند نیز به این دلیل کم می‌باشد (لین و همکاران ۲۰۰۳).

لین و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که جایگزین کردن ساکارز با اریتریتول در غلظت‌های ۷۵ و ۱۰۰٪ کاهش در رنگ پوسته کیک را نشان داد که در توافق با نتایج به دست آمده در این تحقیق بود.

شده با اریتریتول، با افزایش درصد جایگزینی میزان این پارامتر کاهش یافت.

نتایج حاصل از آنالیز حسی بافت نمونه‌ها نیز بیانگر بهبود بافت بیسکویت‌ها طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت بود که با نتایج آنالیز دستگاهی که توسط دستگاه بافت‌سنج اندازه‌گیری شد همخوانی دارد.

نتایج حاصل از آنالیز حسی رنگ نمونه‌ها بیانگر کاهش رنگ بیسکویت‌ها با افزایش درصد جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت بود به طوری که بیشترین امتیاز مربوط به تیمار حاوی ۲۵٪ اریتریتول و کمترین امتیاز مربوط به تیمار ۷۵٪ اریتریتول بود. نتایج به دست آمده از آنالیز دستگاهی که توسط دستگاه رنگ‌سنج به دست آمد نیز بیانگر تیره‌تر شدن رنگ بیسکویت‌ها در اثر کاهش پارامتر L^* بود.

نتایج حاصل از آنالیز حسی طعم و مزه بیانگر کاهش طعم و مزه بیسکویت‌ها طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت بود که می‌تواند به دلیل تأثیر مهم شکر به عنوان یکی از اجزای اصلی تشکیل دهنده، بر خصوصیات ارگانولپتیک نمونه‌های بیسکویت در نظر گرفته شود (احمدی و همکاران ۱۳۹۵).

نتایج حاصل از آنالیز حسی عطر، کاهش عطر بیسکویت‌ها با افزایش درصد جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت را نشان داد به طوری که بیشترین امتیاز مربوط به تیمار شاهد (حاوی ۱۰۰٪ شکر) بود که دلیل آن می‌تواند مربوط به تولید ترکیبات مولد عطر و آروما مانند ملانوییدین طی واکنش مایلارد باشد (وطن خواه و همکاران ۱۳۹۳). کمترین امتیاز نیز مربوط به تیمار ۷۵٪ اریتریتول بود.

نتایج حاصل از آنالیز حسی پذیرش کلی بیانگر افزایش پذیرش کلی بیسکویت‌ها طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت بود.

سفتی بافت تا حدود زیادی تحت تأثیر قابلیت باند کردن آب در قندهای الکلی و از دست دادن آن در طول نگهداری و همین‌طور به بر هم کنش این قندها با نشاسته که می‌تواند بر رتروگراداسیون نشاسته مؤثر باشد قرار می‌گیرد (رונدا و همکاران ۲۰۰۵). همچنین حضور آلدیتول‌ها به جای ساکارز، بافت‌های نرم‌تری ایجاد می‌کند که دلیل ایجاد چنین بافتی افزایش ظرفیت اتصال با آب در اثر افزودن ترکیبات با گروه‌های عاملی زیاد یعنی آلدیتول‌ها می‌باشد (رונدا و همکاران ۲۰۰۵).

جدول ۸- اثر درصد‌های مختلف جایگزینی شکر با

اریتریتول بر پارامترهای بافت نمونه‌های بیسکویت

Table 8- Textural attributes of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Hardness (N/m)	Force required for fracture (N)
Control	52260/622±17478/62 ^A	19/905±0/64 ^A
Erythritol 25%	30709/266±4076/66 ^B	13/405±1/11 ^B
Erythritol 50%	31723/408±308/55 ^B	12/161±0/86 ^B
Erythritol 75%	36159/455±13523/92 ^B	14/882±2/48 ^B

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

نتایج این پژوهش با تحقیق روندا و همکاران (۲۰۰۵) که سفتی کیک‌های محتوی آلدیتول‌ها را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که با حضور آلدیتول‌ها به جای ساکارز، بافت‌های نرم‌تری از کیک به دلیل افزایش ظرفیت اتصال با آب در اثر افزودن آلدیتول‌ها با گروه‌های عاملی زیاد ایجاد می‌شود، همخوانی داشت.

نتایج آنالیز حسی نمونه‌ها

نتایج حاصل از ارزیابی حسی بیسکویت‌های تهیه شده با اریتریتول در جدول ۹ آمده است.

نتایج حاصل از آنالیز حسی قابلیت جویدن نمونه‌ها بیانگر بهبود قابلیت جویدن بیسکویت‌ها طی جایگزینی اریتریتول به جای شکر در فرمولاسیون بیسکویت نسبت به تیمار شاهد بود اما میان تیمارهای جایگزین

جدول ۹- اثر درصدهای مختلف جایگزینی شکر با اریتریتول بر خواص حسی نمونه‌های بیسکویت

Table 9- Sensorial properties of biscuit samples with different substitution levels of Erythritol

treatment	Chewing	Texture	Colour	Taste & Flavor	Aroma	Total acceptance
Control	3/600±0/60 ^A	3/733±0/90 ^B	4/067±0/50 ^{AB}	4/000±0/68 ^A	3/900±0/47 ^A	3/767±0/46 ^B
25% Erythritol	4/267±0/65 ^A	4/167±0/72 ^{AB}	4/267±0/65 ^A	4/100±0/57 ^A	3/833±0/62 ^A	4/133±0/48 ^A
50% Erythritol	4/133±0/58 ^{AB}	4/300±0/41 ^A	3/967±0/44 ^{AB}	3/700±0/80 ^A	3/667±0/52 ^A	3/833±0/45 ^{AB}
75% Erythritol	3/700±0/88 ^{BC}	3/667±0/62 ^B	3/833±0/31 ^B	3/800±0/75 ^A	3/500±0/63 ^A	3/700±0/46 ^B

Numbers in table are the average of 3 replications ± standard deviation. Different alphabets in every column is indicative of existence of a significant difference at probability level of 5%.

نتیجه‌گیری

رطوبت و تازگی بیسکویت‌ها نسبت به نمونه شاهد شده است که ناشی از خاصیت جاذب‌الرطوبه بودن این قند در مقایسه با ساکارز می‌باشد. به علاوه جایگزینی ساکارز با ترکیب مذکور کاهش چشمگیری در درصد قند کل بیسکویت‌ها ایجاد کرده است. همچنین این قند الکلی باعث بهبود صفات حسی و بافتی بیسکویت نسبت به نمونه شاهد شده و می‌تواند به عنوان شیرین‌کننده و طعم‌دهنده مناسب، جایگزین ساکارز در فرمولاسیون بیسکویت پیشنهاد شود.

با بررسی نتایج به دست آمده از آزمایشات انجام شده روی بیسکویت‌های جایگزین شده با قند الکلی اریتریتول به جای ساکارز و با توجه به تحقیقاتی که محققین در داخل و خارج از کشور انجام داده اند، می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده از اریتریتول به عنوان جایگزین شکر کم‌کالری، طبیعی و بدون ضرر در بیسکویت باعث بهبود خواص فیزیکی شیمیایی و بافتی می‌شود. به طوریکه به کارگیری اریتریتول باعث افزایش محتوای

منابع مورد استفاده

- احمدی ع، مقصدلو ی، عزیزی م ح، اعلمی م و قربانی م، ۱۳۹۵. بررسی تأثیر جایگزینی شکر با شیرین‌کننده استویوزید و عصاره خرما بر ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک‌های اسفنجی، فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران، ۶۰، ۷۹-۶۱.
- استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۱. آرد گندم- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۱-۱۰۳، چاپ ششم.
- استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۲. مایونز و سس‌های سالاد (استات سدیم و پتاسیم)- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۴۵۴.
- استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۸. کلوچه- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره ۲۵۵۳، چاپ سوم.
- اسلامی ن، شفافی زونزیان م، فلاح حسینی ح و مهرآفرین ع، ۱۳۹۴. ارزیابی اثر جایگزینی ساکارز با عصاره برگ استویا به عنوان یک شیرین‌کننده طبیعی گیاهی و قند سوربیتول در تولید مارمالاد رژیمی. بیست و سومین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، قوچان.
- پایان ر، ۱۳۷۷. تکنولوژی فرآورده‌های غلاتی. نشر نورپردازان، تهران.
- پروانه و، ۱۳۷۱. کنترل کیفی و آزمایش‌های شیمیایی مواد غذایی. دانشگاه تهران، تهران.
- پیغمبر دوست ه، نورمحمدی الف و اولادغفاری ع، ۱۳۹۱. تولید کیک کم‌کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و لیگوفروکتوز، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱، ۹۲-۸۵.
- پیغمبر دوست ه، ۱۳۸۸. تکنولوژی فرآورده‌های غلات. جلد ۲. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز، تبریز، صفحات: ۵۷-۲۳.
- حداث ه، غیاثی طرزی ب، بصیری ع و خداخانی س، ۱۳۸۹. بررسی امکان تولید بیسکویت رژیمی کم چرب با استفاده از امولسیفایر DATEM، نشریه علوم غذایی و تغذیه، ۳، ۶۳-۵۹.
- حسینی ز، ۱۳۶۹. روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. دانشگاه شیراز، شیراز.

فاطمی ح، ۱۳۸۰. شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار، صفحات: ۹۳-۹۱ و ۳۵۳-۳۵۵ و ۴۸۰.

فرشی پ، دهقان پ، هاشم پور ف و فرحناک ل، ۱۳۹۳. مروری بر برخی از شیرین کننده های جایگزین قند مناسب برای تولید شکلات رژیمی. همایش ملی علوم و فناوریهای نوین در صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه، تربت حیدریه.

قوامی نژاد م و یگانه زاد س، ۱۳۹۳. اثرات جایگزینی قندهای الکلی بر ویژگی های شکلات کم کالری. اولین کنگره سراسری فناوریهای نوین ایران. موسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران.

مرتضوی ر، محمدی ثانی ع و یگانه زاد س، ۱۳۹۴. استفاده از استویا به عنوان جایگزین شکر در فراورده های قنادی. بیست و سومین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، قوچان.

ناصری منفرد ا، موحد س و احمدی چناربن ح، ۱۳۹۴. بررسی جایگزینی ساکارز با شیرین کننده های اریتریتول و سوکرالوز در کیک های اسفنجی رژیمی از لحاظ خصوصیات شیمیایی. دومین کنفرانس ملی کشاورزی و توسعه. موسسه اطلاع رسانی نارکیش، تهران.

نورمحمدی ا، پیغمبردوست س ه و اولاد غفاری ع، ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری بوسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و اولیگوفروکتوز، مجله علوم و تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱، ۹۲-۸۵.

نورمحمدی ا، پیغمبردوست س ه، حصاری ج، آزادمرد دمیرچی ص و رأفت س ع، ۱۳۹۰. تأثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپاراتام بر خواص کیک اسفنجی، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۲، ۱۶۵-۱۵۶.

نورمحمدی ا، پیغمبردوست س ه، حصاری ج، آزادمرد دمیرچی ص و رأفت س ع، ۱۳۹۰. تأثیر غلظت های مختلف سوربیتول و الیگوفروکتوز به عنوان جایگزین ساکارز بر خواص فیزیکی-شیمیایی کیک اسفنجی کم کالری، نشریه پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۳، ۲۴۹-۲۴۳.

وطن خواه م، الهامی راد ا ح، یقبانی م، نادیان ن و اکبریان میمند م ج، ۱۳۹۳. بررسی امکان تولید بیسکویت رژیمی با استفاده از شیرین کننده استویوزید، نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی، ۲، ۱۷۰-۱۵۷.

همایونی راد ع، واقف مهربانی ل و جوادی م، ۱۳۹۲. ارزیابی شاخص گلاسیمیک مربای رژیمی آلبالو تهیه شده با شیر خرم در افراد سالم، مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان، ۲، ۲۰۲-۱۹۳.

- Akesowan A, 2009. Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(9): 1383-1386.
- Fitch C and Keim KS, 2004. Position of the American dietetic association: Use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association* 104(2): 255-275.
- Francis FJ, 1998. Color analysis. *Food Analysis*, 3.
- Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A and Katnas S, 2007. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar and fat-replacer. *Journal of Food Engineering* 78: 953-964.
- Lin SD, Hwang CF and Yeh CH, 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *Journal Food Science* 68: 2107-2110.
- Lin SD, Lee CC, Mau JL, Lin LY and Chiou SY, 2010. Effect of erythritol on quality characteristics of reduced-calorie Danish cookies. *Journal of Food Quality* 33: 14-26.
- Lothrop R, 2012. Physicochemical and sensory quality of chiffon cake prepared with rebaudioside-A and erythritol as replacement for sucrose. For the Degree of Doctor of Philosophy, PhD thesis, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Louis JL, Balestrieri ML and Napoli C, 2007. Nutrition, physical activity and cardiovascular disease. *Cardiovascular Research* 73:326-340.
- Makinen KK, Saag M, Isotupa KP, 2005. Similarity of the effects of erythritol and xylitol on some risk factors of dental caries. *Caries Research* 39 (3): 207-215.
- Manisha G, Soumya C and Indrani D, 2012. Studies on interaction between Stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloid and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocolloids* 29: 363-373.
- Nobors L, 2002. Sweet choice: sugar replacements for foods and beverages. *Food Technology* 56: 28-35.
- Pasha IF, Butt MS, Anjum FM and Shehzadi N, 2002. Effect of dietetic sweeteners on the quality of cookies. *International Journal of Agriculture Biology* 4: 245-248.

- Ronda F, Gomez M, Blanco C and Caballero P, 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cake. *Food Chemistry* 90: 549-555.
- Rosell C, Rojas J and Benedito C, 2001. Influence of hydrocolloid on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids* 15: 75-81.
- Savitha YS and Indrani M, 2008. Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough and quality of soft dough biscuits. *Journal of Texture Studies* 39: 605- 616.
- Sudha ML, Srivastava AK, Vetrimani R and Leelavathi K, 2006. Fat replacement in soft dough biscuits: It's implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of food engineering* 80:922 -930.
- Sudha ML, Vetrimani R and Leelavathi k, 2007. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry* 100:1365-1370.
- Wetzel CR, Weese JO and Bell LN, 1997. Sensory evaluation of no-sugar-added cakes containing encapsulated aspartame. *Food Research International* 30: 395-99.
- Zoulias EL, Piknis S and Oreopoulou V, 2000. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 2049-2056.

Effect of sucrose substitution with erythritol on physicochemical, textural and sensorial properties of biscuit

S Khabir¹, H Karazhiyan^{2*} and M Mehraban Sangatash³

Received: March 15, 2018 Accepted: September 18, 2018

¹Msc Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh Branch, Torbat-e Heydarieh, Iran

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh Branch, Torbat-e Heydarieh, Iran

³Assistant Professor, Department of Food Quality and Safety, Food Science and Technology Research Institute, ACECR, Mashhad Branch, Mashhad, Iran

*Corresponding author: E mail:Hojjat_karazhiyan@yahoo.com

Introduction: Food science has meet new challenges in food production that could respond consumer's tastes and at the same time improve. Lifestyle modifications related to change in the eating quality and quantity along with mental stress led to the prevalence of non-communicable diseases. Based on the consumer's demand, food scientists are now focusing on developing low-calorie/high-fiber functional foods. Biscuit is one of the bakery products that is used widely through stratum. Approximately 100-gram biscuit contains 77-gram carbohydrate, 8-gram protein and 13.5-gram fat and produce 465 Kcal energy. Sugar is one the most important ingredients in biscuit formulation and possess the highest amount in formulation after flour and has a major role in creation of a desirable sweet flavor, obtaining moisture, creation of texture, reduction in retrogradation and increase in shelf life of the product. However, sugar has a lot of harmful effects such as diabetes, tooth decay, obesity and cardio vascular diseases. So decreasing sugar content in food formulation is very vital. Considering key role of sugar, a proper substitute should be selected so that quality characteristics of the product maintained. Stevia has sweetening amount about 300 times than sucrose because of its diterpenoid glycosides. Sugar alcohols or alditols such as sorbitol and erythritol are poly-ols that can be used in food formulations as low-calorie low- digestion sweeteners. Regarding use of biscuits a serving in food regime due to high nutritional value and importance of presence of different dietary biscuits relative to different tastes in food basket and the advantages of reducing sugar in food habits, so production of low calorie biscuit using sugar alditols is the main aim of current research.

Material and methods: In current research wheat flour was purchased from Behnam factory from Torbat- e Heydarieh. Erythritol were used as sugar replacer and was obtained from Iran Stevia Company, Tehran, Iran. All biscuit dough's were produced in a way that ratios were as: four 300 gr, sugar 75 gr, confectionary oil 64.8 gr, water 34.8 gr, invert sugar 24.9 gr, baking soda 3 gr, ammonium bicarbonate 3 gr, lecithin 3 gr, egg 24.9 gr and different substitution levels 25, 50 and 75 (%) of erythritol that was substituted with sugar in the mentioned formulation. Biscuits were produced according to Vatankhah et al. (2014). Biscuits were analyzed for color indices (Francis, 1998), moisture, ash, sugar, weight and volume (Lin, Hwang and Yeh, 2003) and aw content (Zoulias, Piknis and Oreopoulou, 2000). Textural attributes (Savitha and Indrani, 2008), sensory properties (using hedonic scale) and density of product were also evaluated.

Results and discussion: According to the results obtained with increasing substitution level up to 25% aw content increased that the highest amount of aw between samples related to the one containing 25% erythritol. The preseason of lower aw content for control sample was due to the high hygroscopicity of sucrose (Wetzel, Weese and Bell, 1997). Increasing substitution level led to decrease in weight of samples. Decrease in weight of erythritol samples compare to control one is due to lower molecular weight of erythritol in compare to sucrose and other sugar alcohols. Results of volume analysis revealed that increasing in erythritol caused an increase in volume of biscuits.

The highest amount was for 25% substitution and the lowest one related to control biscuit. This increase is related to texturizing and bulking agent of poly ols. Regarding the reverse relation between density and volume, lower apparent densities in higher volume samples seems to be ideal. According to the results moisture content increased with increasing the substitution level. Moisture content of a product is directly related to molecular weight, hydrophobic interactions, hydrophilic associations and the number of bonds (Rosell, Rojas and Benedito, 2001). Totally increasing in erythritol content in formulation did not affect ash content among biscuits and ash content didn't significantly changed, which is due to similarity in oil and flour type and content (Pasha, Butt, Anjum and Shehzadi, 2002). As was expected sugar content of biscuits decreased with increase in substitution level, that the highest sugar content accounted for control sample and the lowest amount was for the sample containing 75% erythritol. Decrease in colour attributes of biscuits produced with erythritol in decrease in L* indices was related to not incorporation of poly ols in Maillard browning reaction and or caramelization reactions as well due to lack of carbonyl groups (Ronda, Gomez, Blanco and Caballero, 2005). Findings of statistical analysis related to textural attributes was demonstrating the decrease in the textural parameters by increasing substitution level in biscuit formulation that led to improve in texture of biscuit samples. Texture hardness is highly related to bonding ability of water in sugar alditols and it's retaining during storage and also the interactions of these sugars with starch that may affect to starch retrogradation (Ronda, Gomez, Blanco and Caballero, 2005). Also, presence of alditols created a smoother texture that is highly related to more bonding with water (Ronda, Gomez, Blanco and Caballero, 2005). Results of overall acceptability revealed that biscuits substituted with erythritol obtained higher scores through sensorial properties.

Conclusion: Therefore, it can be claimed that erythritol can be used in biscuit formulation as a suitable sugar substitutes. Furthermore, sucrose substitution with this alditols will lead to a conspicuous decrease in total sugar content of samples, and lead to improvement in sensorial properties and textural attributes of biscuits compare to the control ones. So this alditols can be suggested to be used as a sweetener and profit flavoring agent in biscuit formulations.

Keywords: Biscuit, Colorimetric, Erythritol, Sugar substitutes, Texture