

تأثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپارتام بر خواص کیک اسفنجی

الهام نورمحمدی^۱، سیده‌ادی پیغمبردوست^{۲*}، عارف اولادغفاری^۲، صدیف آزادمراد میرچی^۲ و جواد حصاری^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲-دانشیار، استادیار و دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- کارشناس ارشد اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان آذربایجان شرقی، تبریز

* مسئول مکاتبه: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه تأثیر جایگزین کردن ساکارز با سوربیتول، مالتیتول، اریتریتول، زایلیتول و آسپارتام بر کیفیت کیک اسفنجی بر صفات فیزیکی خمیر کیک مانند وزن مخصوص و قوام خمیر و صفات کیک مانند حجم، دانسیته ظاهری و جسمی، تخلخل، تقارن و یکنواختی، رطوبت و فعالیت آبی، رنگ پوسته و مغز و سفتی بافت کیک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سوربیتول، اریتریتول و آسپارتام باعث افزایش و مالتیتول و زایلیتول باعث کاهش وزن مخصوص خمیر کیک شدند ($P < 0.05$). در حالی که تنها خمیر کیک تهیه شده با سوربیتول قوام کمتر از تیمار کنترل نشان داد. جایگزین کردن ساکارز با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین کاهش معنی‌داری در حجم، دانسیته جسمی و تخلخل و افزایش معنی‌داری در دانسیته ظاهری کیک نشان داد ($P < 0.05$). تنها کیک‌های تهیه شده با اریتریتول دارای یکنواختی کمتر از تیمار شاهد بودند و سایر تیمارها افزایش معنی‌داری در یکنواختی کیک نشان دادند ($P < 0.05$). در روز اول ارزیابی سفتی بافت نمونه‌های تهیه شده با سوربیتول، مالتیتول، زایلیتول و آسپارتام سفتی مشابه با تیمار شاهد داشتند. سفت‌ترین بافت در نمونه تهیه شده با اریتریتول مشاهده شد. در روز هفتم و چهاردهم نیز تیمارهای تهیه شده با سوربیتول و زایلیتول سفتی مشابه با نمونه کنترل ارائه کردند، در حالی که نمونه حاوی اریتریتول سفت‌ترین بافت را ارائه کرد. نمونه‌های تهیه شده با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین رنگ مغز تیره‌تر از نمونه شاهد داشتند. رنگ پوسته کیک‌های تهیه شده با اریتریتول و سوربیتول روشن تر از نمونه شاهد بود.

واژه‌های کلیدی: مالتیتول، زایلیتول، سوربیتول، اریتریتول، کیک اسفنجی

Effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the characteristics of sponge cake

E Nourmohammadi¹, S H Peighambardoust², A Olad Ghaffari³, S Azadmard-Damirchi² and J Hesari²

Received: December 28, 2010 Accepted: May 22, 2011

¹MSc Graduated Student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Associate Prof, Assistant Prof and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³Senior Researcher, Iran Standard and Industrial Research Institute (ISIRI), Eastern Azerbaidjan main office, Tabriz, Iran

*Corresponding author: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

In this research, effect of sucrose replacements with sorbitol, maltitol, erythritol, xylitol and aspartame was studied. Physical properties of cake batter such as consistency and specific gravity and cake characteristics such as volume, apparent density, solid density, porosity, symmetry and uniformity, moisture and water activity, crust and crumb color and textural firmness were evaluated. Results showed that sorbitol, erythritol and aspartame caused an increase in specific gravity of batter, while xylitol and maltitol showed a significant decrease in batter specific gravity ($P < 0.05$). Only sorbitol replaced sample showed lower batter viscosity than that of control. Sucrose replacement with studied polyols and aspartame gave less volume, porosity and solid density and more apparent density ($P < 0.05$) compared to those of control sample. Samples prepared with erythritol were less uniform than control and other samples showed significant increase in cake uniformity ($P < 0.05$). At the first day of texture evaluation, cakes containing sorbitol, xylitol and maltitol were as firm as control sample. The hardest texture was observed in the cakes containing erythritol. In the 7th and 14th day of evaluation, samples with sorbitol and xylitol had similar firmness to that of control cakes. However, samples produced with erythritol showed the hardest texture. Cakes containing polyols and aspartame had darker crumb than that of control, while cakes prepared with sorbitol and erythritol were paler than control cakes.

Keywords: Maltitol, Xylitol, Sorbitol, Erythritol, Sponge cake

۱- مقدمه

و در نتیجه کالری بالا، مصرف مداوم و طولانی مدت این ماده غذایی چاقی و به دنبال آن مشکلات سلامتی ایجاد می‌کند (لین و همکاران ۲۰۰۳). به علاوه به دلیل عدم متابولیسم شدن گلوکز حاصل از هیدرولیز ساکارز در بدن بدون وجود انسولین، و افزایش سطح قند خون در افراد دیابتی به دلیل تولید مقادیر پایین انسولین در پانکراس (دیابت نوع ۱) و کاهش گیرنده های انسولین در سطح سلولها (دیابت نوع ۲) تقاضای روز افزونی برای مواد غذایی ویژه افراد دیابتی وجود دارد (روندا و همکاران ۲۰۰۵).

امروزه به واسطه توجه و علاقه مصرف کنندگان به ویژگی‌های تغذیه‌ای مواد غذایی درخواست برای تولید مواد غذایی کم کالری افزایش یافته و صنعت غذا برای بهینه کردن ارزش تغذیه‌ای در کنار حفظ یا بهبود طعم محصول، بر طراحی مجدد مواد غذایی سنتی متمرکز شده است (فرای و ستسر ۱۹۹۲). کیک یک محصول غذایی مورد علاقه مصرف‌کنندگان محسوب می‌شود. هر ۱۰۰ گرم کیک اسفنجی تقریباً معادل ۱۹۲۰ کیلوژول یا ۴۶۰ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند (راستمنش ۱۳۸۱). به دلیل مقادیر چربی و شکر بالا در فرمول آن

ترکیبات منجر به کاهش در کالری کیک شده و با افزایش درصد جایگزینی ساکارز با این قندها از میزان کالری محصول کاسته می‌شود.

بررسی‌ها نشان داد که در میان قندهای مالتیتول، مانیتول، زایلیتول، سوربیتول، ایزومالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی‌دکستروز بهترین نتایج در نتیجه جایگزینی ساکارز با زایلیتول و مالتیتول بدست آمد، که مشابه با نمونه‌های کنترل تهیه شده با ساکارز بوده و بیشترین مقبولیت در ویژگی‌های حسی را به همراه داشت (روندا و همکاران ۲۰۰۵ و لی و همکاران ۲۰۰۸). تاکنون در ایران تحقیق جامعی در کاربرد انواع قندهای الکلی در فرمول کیک اسفنجی صورت نگرفته است. لذا هدف از این پژوهش، بررسی امکان جایگزین کردن قند ساکارز با استفاده از قندهای سوربیتول، مالتیتول، اریتریتول، زایلیتول و شیرین‌کننده سنتزی آسپاراتام و تأثیر این جایگزینی بر خواص خمیر کیک و کیک می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

آرد نول، شکر آسیاب شده، روغن هیدروژنه نیمه جامد، وانیل، بیکنگ‌پودر، شیرخشک، آب پنیر و تخم-مرغ از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد. قندهای مالتیتول، سوربیتول، اریتریتول، مالتودکسترین، زایلیتول و اولیگوفروکتوز از شرکت روپت فرانسه و قند آسپاراتام از کارخانه زمزم خریداری گردید. ویژگی‌های آرد مصرفی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات آرد.

ویژگی*	درصد
رطوبت	۱۲/۸۶ ± ۰/۰۱
خاکستر	۰/۴۹ ± ۰/۰۲
گلوتن مرطوب	۲۶/۱۷ ± ۰/۷۶
پروتئین	۹/۶۸ ± ۰/۱۵
عدد زلنی	۲۱/۸۶ ± ۰/۱۳

*نتایج حاصل سه تکرار هستند.

قند و چربی از جمله ترکیبات سرشار از کالری و از طرفی فاکتورهای مؤثری در مقبولیت کیک به شمار می‌روند. به عنوان مثال، زمانی که شکر از فرمولاسیون کیک حذف شود باید از ترکیبات جایگزین برای جبران کمبود آن استفاده کرد (روندا و همکاران ۲۰۰۵). از آنجائی‌که شیرین‌کننده‌های سنتزی قادر به تأمین تمامی ویژگی‌های ساکارز نمی‌باشند، می‌توان از ترکیباتی مانند قندهای الکلی به عنوان ترکیبات پرکننده جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی استفاده کرد (زولیا و همکاران ۲۰۰۰). جذب قندهای الکلی مانند سوربیتول و مانیتول در بدن ناقص است و به واسطه این متابولیسم ناقص و تجزیه تخمیری، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و گاز در بدن تولید می‌شوند و بنابراین انرژی کمتری تولید می‌کنند (بوت و همکاران ۲۰۰۲). این قندها به‌علاوه به علت جذب بسیار آرام باعث افزایش سریع در سطح گلوکز خون نشده و به این دلیل می‌توان از قندهای الکلی در فرمولاسیون کیک‌ها و کوکی‌های رژیمی و دیابتی استفاده کرد (بوت و همکاران ۲۰۰۲ و پاشا و همکاران ۲۰۰۲). موساتو و ماسیله (۲۰۰۷) نشان دادند که ارزش کالری‌زایی اولیگوساکاریدهای غیر قابل هضم در حد ۲-۱/۵ کیلوکالری برگرم بوده که این میزان ۴۰-۵۰٪ ارزش کالری‌زایی ساکارز می‌باشد. جایگزین کردن ساکارز با آسپاراتام و سوربیتول در تحقیق انجام شده توسط باوا و همکاران (۲۰۰۰) نیز کاهش ۲۴٪ در کالری کیک نشان داد. نتایج تحقیقات پاشا و همکاران (۲۰۰۲) حاکی از کاهش کالری کوکی در نتیجه جایگزین کردن ساکارز با سوربیتول، فروکتوز و مانیتول بود. کمترین انرژی در کوکی‌های تهیه شده با ۷۵٪ فروکتوز و ۲۵٪ ساکارز و بیشترین انرژی در نمونه کنترل مشاهده شد. بررسی تأثیر قند الکلی اریتریتول بر کالری کیک در تحقیق انجام شده توسط لین و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد با افزایش غلظت اریتریتول در کیک و افزایش درجه جایگزینی ساکارز با این قند از میزان کالری کیک کاسته شد. بوت و همکاران (۲۰۰۲) با جایگزین کردن ساکارز با مانیتول، سوربیتول و فروکتوز و بررسی تأثیر این جایگزینی بر خواص کیک اعلام کردند که استفاده از این

۲-۲- روش تولید کیک

خمیر کیک با استفاده از روش شکر- خمیر و بر اساس جدول ۲ تهیه شد (پیغمبردوست ۱۳۸۸). مقدار ۴۰ گرم از خمیر آماده شده با روش ذکر شده بلافاصله پس از مخلوط کردن در قالب‌هایی به ابعاد $۸ \times ۵ \times ۴$ سانتیمتر ریخته شد و به مدت ۲۰ دقیقه در فر با دمای $۱۸۰-۲۰۰$ درجه سانتیگراد پخت گردید. نمونه‌ها پس از پخت به مدت ۴۰ دقیقه در دمای محیط خنک شدند. برای تهیه کیک‌های کم‌کالری، ۱۰۰ درصد ساکارز با قندهای سوربیتول، مالتیتول، زایلیتول، اریتریتول و آسپارتام- مالتودکسترین به صورت کامل جایگزین شد. سپس کیک‌ها در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی با درز بندی حرارتی بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آنالیزهای بعدی نگهداری شدند. برای انجام آزمون رطوبت، کیک‌ها در فریزر -۲۰ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. پخت نمونه‌ها در دو تکرار انجام گرفت.

جدول ۲- مراحل تهیه خمیر کیک با روش شکر- خمیر.

مواد اولیه	درصد	روش
روغن	۵۷	کرم کردن تا تولید رنگ روشن انجام شد (در حدود ۱۰ دقیقه).
شکر	۷۲	
تخم‌مرغ	۷۲	در ۴-۵ قسمت اضافه گردید.
آرد	۱۰۰	با هم الک شده و افزوده شد تا خمیر بصورت نیمه صاف
بیکنگ پودر	۱/۳۴	درآمد.
شیر خشک	۲	
وانیل	۰/۵	
پودر آب	آ	
پنیر	۴	
آب	۲۵	بعد از افزودن خمیر بصورت صاف درآمد

۳-۲- آزمون‌های خمیر

وزن مخصوص خمیر با اندازه‌گیری نسبت وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر به وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر آب محاسبه شد (لی و همکاران ۲۰۰۳). برای اندازه‌گیری قوام خمیر

کیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتیمتر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶ سانتیمتر ریخته شد. قیف بطور کامل با خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد (پیرس و همکاران ۱۹۸۷). اعداد بزرگتر ثبت شده نشان‌دهنده قوام کمتر خمیر است.

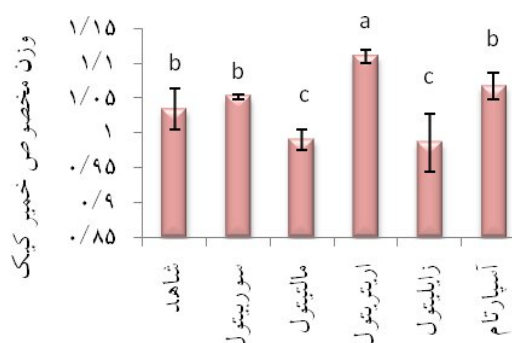
۴-۲- آزمون‌های کیک

رطوبت کیک با استفاده از روش AACC 44-11 (۱۹۹۹)، حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا^۱ (لین و همکاران ۲۰۰۳)، دانسیته ظاهری کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (کوسر و همکاران ۲۰۰۶). فعالیت آبی کیک نیز در روز اول تولید اندازه‌گیری شد (آکسوان ۲۰۰۹). تقارن و یکنواختی^۲ کیک با استفاده از روش AACC 10-91 (۱۹۹۹)، دانسیته جسمی با استفاده از روش پیکنومتری (کوسر و همکاران ۲۰۰۶) و تخلخل با رابطه زیر محاسبه شد.

دانسیته جسمی / دانسیته ظاهری) - ۱ = تخلخل
به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف پخت بر سفتی، بافت کیک در روزهای اول، هفتم و چهاردهم پس از پخت اندازه‌گیری شد. برای این منظور از دستگاه ماشین آزمون عمومی (اینستران) و از متد AACC74-09 (۱۹۹۹) استفاده و سفتی به عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییر شکل به میزان ۴۰٪ فشردگی در بافت در نظر گرفته شد. برای این کار قطعه مکعبی به ابعاد $۲/۵۴$ سانتیمتر از بافت مغز کیک جدا شده و پروب دستگاه به اندازه ۱ سانتیمتر (۴۰٪) از بافت را فشرده کرد. نیروی وارد شده توسط دستگاه^۲ ۵ الی ۵۰ نیوتن، سرعت پروب دستگاه ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت چارت ۲۵۰ میلی‌متر بر دقیقه (نسبت چارت به پروب ۵ به ۱) در نظر گرفته شد. میزان نیروی فشاری وارد شده به نمونه بر حسب نیوتن گزارش شد (هس و همکاران ۱۹۸۳). رنگ کیک با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری

1. Seed displacement
2. Symmetry and uniformity
3. Load cell

مخصوص بیشتر و قابلیت کمتر در حفظ هوا در طول مخلوط شدن خمیر هستند. نگهداری هوا در خمیر ارتباط نزدیکی با قوام خمیر دارد بطوری که با افزایش قوام خمیر مقادیر هوای وارد شده کمتر و وزن مخصوص خمیر افزایش می یابد. احتمالاً قندهای الکلی بخاطر ماهیت هیدروفیلیک خود (داشتن گروههای هیدروکسیل متعدد) با افزایش ویسکوزیته این ویژگی را باعث می شوند.



شکل ۳-۱- نقش قندهای الکلی و آسپاراتام-

مالتودکسترین بر وزن مخصوص خمیر. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

۳-۲- قوام خمیر کیک

بررسی قوام خمیر کیکهای تهیه شده با قندهای الکلی و آسپاراتام- مالتودکسترین نشان داد که به استثناء قند سوربیتول که منجر به کاهش در قوام خمیر کیک گردید، سایر تیمارها افزایش معنی داری در این صفت نشان دادند ($P < 0.05$). نتایج بررسی اثر قند بر قوام خمیر کیک در شکل ۳-۲ آمده است.

قوام خمیر کیک در ارتباط مستقیم با وزن ملکولی قند مورد استفاده در فرمولاسیون کیک می باشد اگرچه موارد دیگری نظر نوع آرایش مولکولی که بر میزان اتصال به آب موثر است، می تواند بر قوام خمیر نیز موثر باشد. افزایش در ویسکوزیته خمیر کیکهای تهیه شده با پنتااریتریتول و آسپاراتام- مالتودکسترین می تواند به علت وزن ملکولی بالاتر این قندها باشد. بر

مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتیب که ۱ گرم از مغز، ۱ گرم از پوسته و ۱ گرم از کل کیک (پوسته و مغز) به مدت ۲۴ ساعت در ۵ میلی لیتر استون ۸۰٪ قرار داده شد و پس از صاف کردن محلول هضم شده، میزان جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه گیری شد (آتیا و همکاران ۱۹۹۳). کلیه آزمونهای فیزیکی و شیمیایی در ۳ تکرار انجام گرفت.

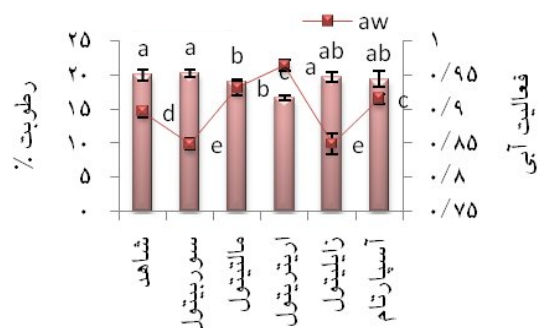
داده های حاصل با استفاده از روش آنالیز واریانس توسط نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. در صورت معنی دار بودن اثرات مورد بررسی در جدول آنالیز واریانس، مقایسه میانگین تیمارها با آزمون توکی با سطح احتمال خطا ۵٪ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- وزن مخصوص خمیر کیک

نتایج حاصل از بررسی تأثیر قندهای الکلی و آسپاراتام- مالتودکسترین بر وزن مخصوص خمیر کیک در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل نشان داده شده است، خمیر تهیه شده با اریتریتول دارای وزن مخصوص بیشتر از ساکارز و تیمار تهیه شده با مالتیتول و زایلیتول دارای وزن مخصوص کمتر از تیمار کنترل بود. کیکهای تهیه شده با سوربیتول و آسپاراتام- مالتودکسترین از این نظر تفاوت معنی داری با نمونه کنترل نشان ندادند ($P > 0.05$).

وزن مخصوص خمیر کیک به عنوان فاکتوری برای ارزیابی قابلیت کلی خمیر برای حفظ هوا اطلاعات محدودی در مورد اندازه و میزان پخش سلولهای گازی می دهد (باوا و همکاران ۲۰۰۰). وزن مخصوص کمتر در خمیر کیک نشان دهنده حجم بالاتر در کیک است (دسراجرز و همکاران ۲۰۰۴). کیکهای تهیه شده مالتیتول و زایلیتول دارای وزن مخصوص کمتر از کیک شاهد بوده و بنابراین انتظار می رود خمیر کیک تهیه شده با این دو قند قابلیت بیشتری در نگهداری هوا در طی مخلوط کردن خمیر کیک داشته باشند. در حالی که خمیر کیکهای تهیه شده با اریتریتول، دارای وزن



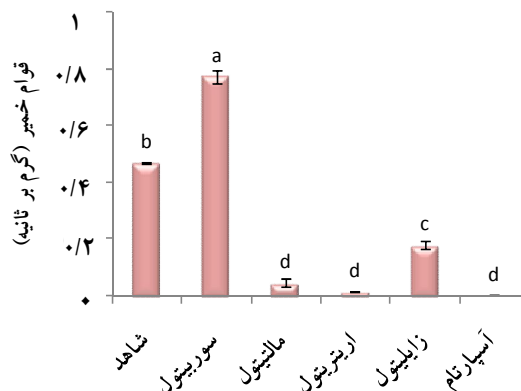
شکل ۳-۳- نقش قندهای الکلی و اسپارتام- مالتودکسترین بر رطوبت و فعالیت آبی (aw) کیک. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

در تحقیق انجام گرفته توسط چانگ و همکاران (۲۰۰۹) با جایگزینی ساکارز توسط اریتریتول از محتوای رطوبتی کیک کاسته شد. نتایج مشابه در نتیجه جایگزینی ساکارز توسط اسپارتام توسط آتیا و همکاران (۱۹۹۳) گزارش شد که با نتایج بدست آمده در این پژوهش مطابقت داشت. نتایج تحقیقات زولیا و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که استفاده از سوربیتول و زایلیتول به عنوان جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیک کاهش معنی‌داری در فعالیت آبی کیک ایجاد کرد. کاهش در فعالیت آبی کیک حاوی قندهای الکلی احتمالاً به دلیل وجود گروه‌های متعدد هیدروکسیل در ساختار شیمیایی پلی اول‌ها است که باعث پیوند آب و درگیر شدن آن می‌شوند.

۴-۳- دانسیته ظاهری و حجم کیک

نتایج بررسی حجم و دانسیته ظاهری کیک به ترتیب در شکل ۴-۳ و ۵-۳ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده با ساکارز دارای حجم بالاتری بودند و جایگزین کردن ساکارز با الکی و اسپارتام- مالتودکسترین منجر به کاهش معنی‌دار در حجم کیک گردید ($P < 0.05$). در حالی‌که از نظر دانسیته ظاهری نیز نمونه‌های تهیه شده با ساکارز دارای کمترین دانسیته ظاهری بودند و سایر تیمارها دانسیته ظاهری بیشتر از تیمار کنترل داشتند. کمترین حجم و بیشترین

طبق نتایج زولیا و همکاران (۲۰۰۰) جایگزین کردن ساکارز توسط زایلیتول و سوربیتول ویسکوزیته خمیر کیک را کاهش داد، در حالی‌که مالتیتول منجر به افزایش در ویسکوزیته خمیر کیک گردید.



شکل ۳-۲- تأثیر قندهای الکلی و اسپارتام- مالتودکسترین بر قوام خمیر کیک. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

۳-۳- رطوبت و فعالیت آبی کیک

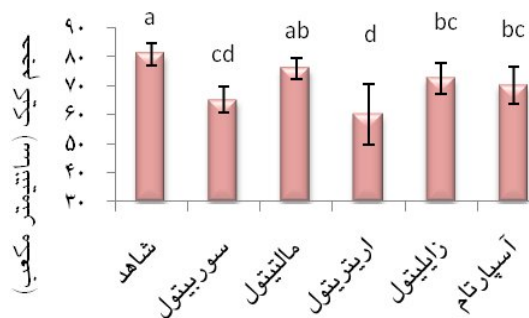
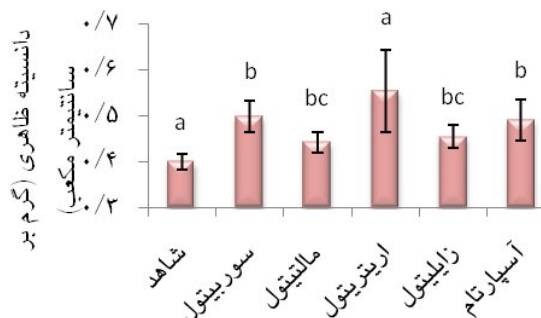
نتایج حاصل از اندازه‌گیری رطوبت و فعالیت آبی کیک‌های کم‌کالری و نمونه شاهد در شکل ۳-۳ آمده است.

بیشترین محتوای رطوبتی در نمونه‌های تهیه شده با ساکارز و کیک تهیه شده با سوربیتول مشاهده شد. سایر تیمارها محتوای رطوبتی کمتر از نمونه کنترل داشتند.

تیمارهای تهیه شده با اریتریتول بیشترین فعالیت آبی را ارائه کردند، در حالی‌که کیک‌های تهیه شده با مالتیتول و اسپارتام- مالتودکسترین نیز دارای فعالیت آبی بالاتر از نمونه کنترل بودند. کیک‌های حاوی سوربیتول و زایلیتول فعالیت آبی کمتر از نمونه شاهد نشان دادند.

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود نمونه‌های تهیه شده با اریتریتول دارای کمترین محتوای رطوبتی هستند، در حالی‌که از نظر فعالیت آبی در درجه اول قرار می‌گیرند. بنابراین رابطه مستقیم میان فعالیت آبی و محتوای رطوبتی کیک مشاهده نگردید.

دانسیتته ظاهری در نمونه‌های حاوی اریتریتول مشاهده شد.



شکل ۳-۵- نقش قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین بر دانسیته ظاهری کیک. بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

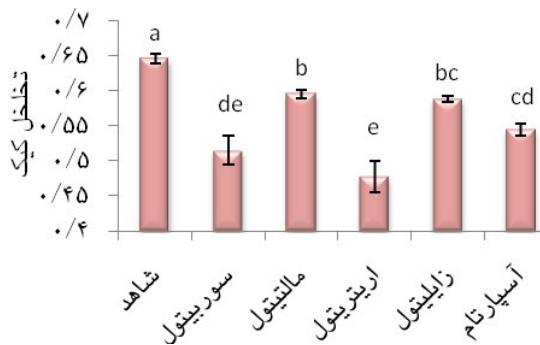
شکل ۳-۴- نقش قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین بر حجم کیک. بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، جایگزین کردن ساکارز منجر به کاهش معنی‌دار در دانسیته جسمی تخلخل کیک گردید ($P < 0.05$). میان دانسیته جسمی، حجم و تخلخل کیک رابطه مستقیم وجود دارد. هر قدر کیک دارای حجم و در نتیجه تخلخل بیشتری باشد دانسیته جسمی بالاتری نیز خواهد داشت. با توجه به نتایج بدست آمده در مورد حجم کیک‌های کم‌کالری، کاهش در تخلخل و دانسیته جسمی نیز در این کیک‌ها منطقی به نظر می‌رسد. کاهش در تخلخل و دانسیته جسمی کیک‌های تهیه شده با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین می‌تواند به علت خروج سریع‌تر حباب‌های هوا در حضور این قندها باشد.

حجم کیک نشان‌دهنده میزان هوا، بخار آب تولید شده و دی‌اکسید کربن و میزان تغییرات آن در طول پخت در خمیر کیک می‌باشد. عوامل نگهدارنده آب و افزودنی‌های شرکت کننده در فرایند پخت تعیین کننده این صفت هستند. یکی از راه‌های افزایش حجم کیک‌های تهیه شده با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین ورود میزان بیشتری حباب هوا از طریق افزودن سفیده تخم- مرغ و آب و نیز استفاده از عوامل حجم‌دهنده مناسب می‌باشد. آب باعث کاهش سفتی فیلم‌های پروتئینی ورود بهتر هوا به بافت خمیر کیک می‌گردد (باوا و همکاران ۲۰۰۰).

۳-۵- دانسیته جسمی و تخلخل کیک

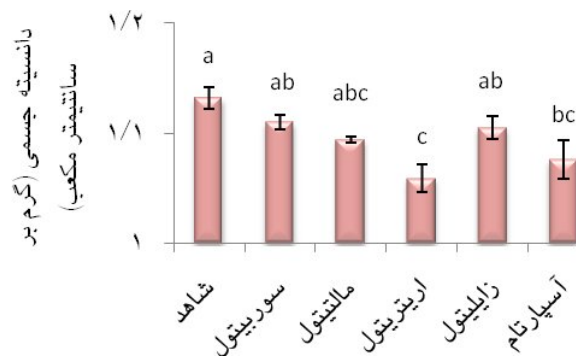
نتایج بدست آمده از جایگزینی ساکارز با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین بر دانسیته جسمی و تخلخل کیک به ترتیب در شکل ۳-۶ و ۳-۷ آمده است.



شکل ۳-۷- نقش قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین بر تخلخل کیک. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

۳-۷- سفتی بافت کیک

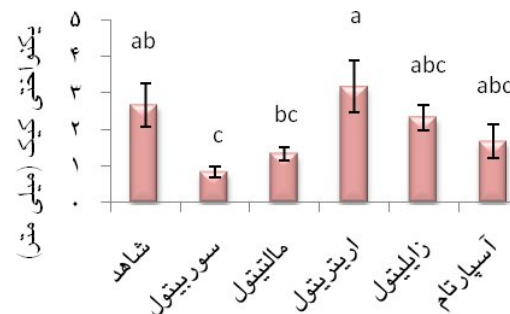
نتایج بررسی اثر همزمان روز نگهداری و نوع قند مورد استفاده در فرمولاسیون کیک در شکل ۳-۹ آمده است در روز اول اندازه‌گیری سفتی بافت تیمارهای تهیه شده با سوربیتول، زایلیتول، مالتیتول و آسپارتام- مالتودکسترین سفتی مشابه با نمونه کنترل ارائه کردند و سایر تیمارها بافت سفت‌تر از کیک شاهد داشتند. سفت‌ترین بافت در تیمار تهیه شده با اریتریتول مشاهده شد. در روز هفتم و چهاردهم نمونه‌های تهیه شده با سوربیتول و زایلیتول تفاوت معنی‌داری در سفتی بافت با تیمار شاهد نشان ندادند ($p > 0.05$)، در حالی‌که سایر تیمارها بافت سفت‌تر از تیمار شاهد داشتند و کیک‌های حاوی اریتریتول در این دوره نیز دارای سفت‌ترین بافت بودند.



شکل ۳-۶- نقش قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین بر دانسیته جسیم کیک. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

۳-۶- تقارن و یکنواختی کیک

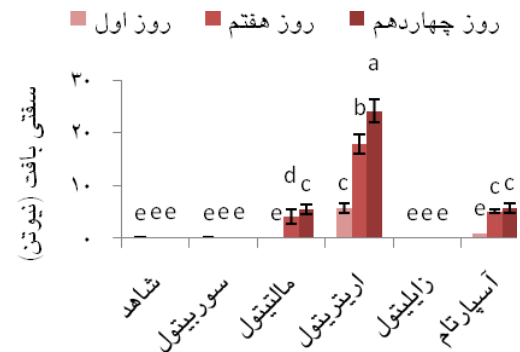
نتایج جایگزینی ساکارز با قندهای الکلی و آسپارتام- مالتودکسترین در شکل ۳-۸ آمده است. به استثناء نمونه تهیه شده با اریتریتول، سایر تیمارها افزایش معنی‌داری در یکنواختی کیک نشان دادند ($P < 0.05$). نوع قند الکلی مورد استفاده تأثیری بر تقارن کیک نداشت ($p > 0.05$).



شکل ۳-۸- تغییرات در یکنواختی کیک با جایگزین کردن ساکارز. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

رنگ مغز کیک گردیدند ($P < 0.05$). کاهش در رنگ کیک‌های تهیه شده با قندهای سوربیتول و اریتریتول را می‌توان به فقدان گروه عاملی در این قندها و عدم توانایی آنها برای شرکت در واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد نسبت داد (زولیا و همکاران ۲۰۰۰ و روندا و همکاران ۲۰۰۵). با وجود نبودن گروه عاملی شرکت کننده در واکنش‌های قهوه‌ای شدن در قندهای زایلیتول و مالتیتول، به دلیل حرارت دیدن این قندها تا نزدیکی نقطه جوش احتمالاً ترکیبات رنگی در اثر تجزیه حرارتی در کیک ایجاد گردیده است.

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



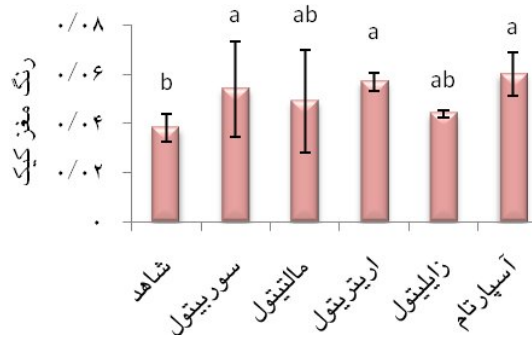
شکل ۳-۹- تغییرات در سفتی بافت کیک با جایگزین کردن ساکارز. بازه های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

سفتی بافت کیک 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 (روندا و همکاران ۲۰۰۵). در مجموع سه روز ارزیابی بافت کیک روند کلی سفت شدن بافت در کیک‌های تهیه شده با سوربیتول و زایلیتول مشابه با نمونه‌های کنترل بود و این نتایج در توافق با نتایج بدست آمده توسط روندا و همکاران (۲۰۰۵) بود و کیک‌های تهیه شده با اریتریتول دارای سفت‌ترین بافت در میان سایر تیمارها بودند.

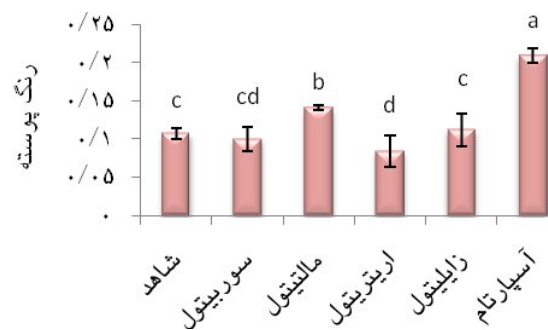
۳-۸- رنگ کیک

نقش قندهای الکلی بر رنگ پوسته و مغز کیک به ترتیب در شکل‌های ۳-۱۰ و ۳-۱۱ آمده است. جایگزین کردن ساکارز توسط سوربیتول و اریتریتول کاهش معنی‌داری در رنگ پوسته کیک ایجاد کرد. تیمار تهیه شده با زایلیتول رنگی مشابه با نمونه کنترل ایجاد کرد، در حالی‌که استفاده از مالتیتول و آسپاراتام- مالتودکسترین افزایش معنی‌داری در رنگ پوسته نشان داد ($P < 0.05$).

تمامی تیمارهای تهیه شده با قندهای الکلی و آسپاراتام- مالتودکسترین منجر به افزایش معنی‌دار در



شکل ۳-۱۱- تغییرات در رنگ مغز کیک با تغییر در نوع قند مورد استفاده. بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.



شکل ۴-۱۰- تغییرات در رنگ پوسته کیک با تغییر در نوع قند مورد استفاده. بازه‌های خطا معرف انحراف استاندارد و حروف لاتین متفاوت نشان دهنده معنی دار بودن میانگین تیمارها در سطح ۵٪ است.

افزایش عمر نگهداری کیک‌های اسفنجی کم‌کالری مؤثر خواهد بود. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان از قندهای سوربیتول و زایلیتول به شکل موفقیت آمیزی برای حذف ساکارز و تولید کیک‌های اسفنجی کم‌کالری استفاده کرد.

۵- قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب قدردانی خود را از دانشگاه تبریز به جهت حمایت مالی در انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد جایگزین کردن ساکارز توسط قندهای الکلی منجر به کاهش در حجم، تخلخل و دانسیته جسمی کیک می‌گردد. در میان قندهای الکلی مورد استفاده در این تحقیق سوربیتول و زایلیتول نتایج نزدیک‌تری به نمونه شاهد ایجاد کردند و منجر به ایجاد بافتی مشابه با کیک تهیه شده با ساکارز شدند. کاهش در فعالیت آبی کیک با استفاده از این دو قند منجر به افزایش عمر ماندگاری کیک و بهبود کیفیت محصول می‌گردد. از طرفی محتوای رطوبتی بالا در شرایط وجود سوربیتول و زایلیتول در حفظ تازگی محصول و

۶- منابع مورد استفاده

پیغمبردوست س، ه، ۱۳۸۸. تکنولوژی فرآورده‌های غلات جلد دوم. انتشارات دانشگاه علوم پزشکی تبریز. راستمنش ر، ۱۳۸۱. فن آوری کیک و کلوچه (ترجمه). نشر علوم کشاورزی.

- AACC, 1999. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Ins.
- 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.
- Attia ESA, Shehata HA and Askar A, 1993. An alternative formula for the sweetening of reduced-calorie cakes, *Food Chemistry* 48(2): 169-172.
- Baeva MR, Panchev IN and Terzieva VV, 2000. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes, *Die Nahrung* 44(4): 242-246.
- Butt MS, Pasha I, Tufail F and Anjum FM, 2002. Use of low absorptive sweeteners in cakes, *International Journal of Agriculture and Biology* 4(2): 249-251.

- Chung YS, Kwak YH, Lee MN and Kim DJ, 2009. Quality characteristics of sponge cake with Erythritol, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition* 38(11): 1606-1611.
- DesRochers JL, Seitz KD, Walker CE, Wrigley C and Colin W, 2004. *Encyclopedia of Grain Science*, Elsevier. London.
- Frye AM and Setser CS, 1992. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes, *Cereal Chemistry* 69: 338-343.
- Hess A and Setser CS, 1983. Alternative systems for sweetening layer cake using aspartame with and without fructose, *Cereal Chemistry* 60: 337-341.
- Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A and Katnas SA, 2006. 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.
- Lee CC, Wang HF and Lin SD, 2008. Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake, *Cereal Chemistry* 85(4): 515-521.
- Lin SD, Hwang CF and Yeh CH, 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose, *Journal of Food Science* 68(6): 2107-2110.
- Mussatto SI and Mancilha IM, 2007. Non-digestible oligosaccharides: A review, *Carbohydrate Polymers* 68(3): 587-597.
- Pasha I, Butt MS, Anjum FM and Shahzadi N, 2002. Effect of dietetic sweeteners on the quality of cookies, *International Journal of Agriculture and Biology* 4: 245-248.
- Pierce MM and Walker CE, 1987. Addition of Sucrose Fatty Acid Ester Emulsifiers to Sponge cakes, *Cereal Chemistry* 64(4): 222-225.
- Ronda F, Gamez M, Blanco CA and Caballero PA, 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes, *Food Chemistry* 90(4): 549-555.
- Zoulias EI, 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(14): 2049-2056.