مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۱، صفحات ۹۲-۸۵

تولید کیک کم کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز

الهام نورمحمدی[۱]، سیدهادی پیغمبردوست[۲]، عارف اولاد غفاری[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز پست الکترونیکی: peighambardoust@tabrizu.ac.ir
۳- کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مشکلات شایع در جوامع امروزی، میزان کالری دریافتی و افزایش وزن به علت مصرف طولانی محصولات پرکالری است. در این تحقیق، امکان تولید کیک اسفنجی به وسیله جایگزینی کامل یا مقداری از ساکارز توسط اریتریتول و الیگوفروکتوز بررسی شد.

مواد و روش‌ها: ویژگی‌های خمیر کیک مانند وزن مخصوص، ویسکوزیته و ویژگی‌های کیک شامل حجم، دانسیته ظاهری، دانسیته جسمی، تخلخل، رطوبت و فعالیت آبی، رنگ پوسته، رنگ مغز، سفتی بافت کیک و ویژگی حسی طعم کیک مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: وزن مخصوص و ویسکوزیته خمیر کیک تهیه شده با اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز مشابه کیک کنترل بود. جایگزین کردن ساکارز با مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز تفاوت معنی‌داری در حجم، دانسیته ظاهری، دانسیته جسمی، تخلخل، رطوبت و رنگ مغز کیک با نمونه کنترل ایجاد نکرد ($p>0/05$). سفتی کیک‌های حاوی مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز طی نگهداری، کمتر از سایر نمونه‌ها بود. نمونه‌های آماده شده با مخلوط اریتریتول- اولیگوفروکتوز از نظر رنگ پوسته تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند ($p>0/05$)، رنگ مغز سایر نمونه‌ها کمتر از نمونه کنترل بود. نمونه‌های تهیه شده با جایگزینی کامل یا مقداری از ساکارز با اریتریتول به شکل معنی‌داری فعالیت آبی بالاتری از نمونه شاهد داشتند ($P<0/05$). نمونه‌های حاوی مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز دارای نزدیک‌ترین امتیاز طعم به کیک کنترل بودند.

نتیجه‌گیری: استفاده از مخلوط ساکارز- اولیگوفروکتوز- اریتریتول، نزدیک‌ترین نتایج را به کیک شاهد نشان داد و جایگزینی مقداری از ساکارز با این ترکیب توانست به تولید کیک کم کالری با کیفیت مطلوب کمک کند.

واژگان کلیدی: اریتریتول، اولیگوفروکتوز، ساکارز، کیک اسفنجی، کیفیت

• مقدمه

کیک حاوی میزان زیادی شکر است و به علت قابلیت خوردن توسط افراد و گروه‌های مختلف جامعه و عمر ماندگاری بالا به شکل گسترده‌ای در صنعت تولید می‌شود و مورد مصرف قرار می‌گیرد. به دلیل حجم بالای شکری که در فرمولاسیون انواع کیک به کار می‌رود، می‌توان به دنبال ترکیب مناسبی برای جایگزین کردن با شکر بود (۱). درصد بالایی از مصرف‌کنندگان از مشکل افزایش وزن رنج می‌برند که می‌تواند به ایجاد بیماری و به خطر افتادن سلامتی منجر شود. جذب قندهای الکلی مانند سوربیتول و مانیتول در بدن بسیار آرام و ناقص است و انرژی جذب شده در اثر مصرف آن‌ها کمتر از زمانی‌است که متابولیسم کامل قند صورت بگیرد (۲). از طرفی، قند فروکتوز و قندهای الکلی مانند سوربیتول، زایلیتول، مالتیتول و لاکتیتول، برای استفاده در رژیم غذایی افراد مبتلا به دیابت مناسب هستند؛ زیرا متابولیسم این قندها بدون نیاز به انسولین انجام می‌پذیرد (۳). شیرین‌کننده‌های غیرمغذی که متابولیزه نمی‌شوند (مانند ساخارین و آسسولفام k) یا تاحدود کمی انرژی تولید می‌کنند (مانند آسپارتام و توماتین) نیز می‌توانند در چنین رژیم‌های غذایی گنجانده شوند (۳). یکی از راه‌های تولید محصولات غذایی سالم‌تر برای افراد مبتلا به دیابت یا افرادی که از مشکلات افزایش وزن رنج می‌برند، حذف ترکیبات سرشار از انرژی مانند ساکارز و جایگزین کردن این ترکیب است (۴). *Lin* و همکاران (۵) با بررسی اثر اریتریتول بر ویژگی‌های حسی و فیزیکی کیک اعلام کردند که با افزایش

Archive of SID
www.SID.ir

غلظت اریتریتول از نمره ارزیابی حسی کیک کاسته شد. *Hess* و *Setser* (۶) کیک‌های اسفنجی شیرین شده توسط آسپارتام را بررسی و گزارش کردند که مخلوط کردن این قند با میزان کم فروکتوز باعث تولید کیک‌هایی تردتر با بافت یکنواخت‌تر و قابلیت خورده شدن بهتر شده است. *Frye* و *Setser* (۷) توانستند کیک اسفنجی با بافت مناسبی را از طریق جایگزین کردن ساکارز با ترکیبات بافت‌دهنده تولید کنند. اما این محققان اعلام کردند که پلی‌دکستروز ممکن است تا حدودی به ایجاد طعم تلخ و گس و خشک شدن دهان منجر شود. در مجموع، باید به این موضوع اشاره کرد که ساکارز یک ترکیب اساسی در فرمولاسیون کیک است و علاوه بر تأمین انرژی و شیرین‌کنندگی نقش تردکنندگی و افزایش حجم نیز دارد و کاهش سطح ساکارز بر ویژگی‌های حسی و ساختاری کیک تأثیر خواهد گذاشت (۷).

هدف از این تحقیق، بررسی امکان جایگزین کردن کامل یا مقداری از ساکارز با قند الکلی اریتریتول و اثر این جایگزینی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی کیک و ویژگی‌های خمیر کیک بود.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه: مواد اولیه این تحقیق شامل روغن، شکر، تخم مرغ، آرد نول، بیکینگ پودر، شیر خشک، وانیل و پودر آب پنیر از فروشگاه‌های مواد غذایی و قندهای اریتریتول و اولیگوفروکتوز از شرکت *سیرال* (Syral) فرانسه تهیه شد. برای حفظ تازگی و کیفیت کیک، تخم‌مرغ‌ها به شکل روزانه خریداری شدند. از پودر آب پنیر به منظور انجام بهتر واکنش قهوه‌ای شدن میلارد و ایجاد رنگ مطلوب در پوسته کیک استفاد شد. ویژگی‌های آرد مصرفی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های 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 (میلی‌لیتر)	۲۱/۸۶ ±۰/۱۳

*نتایج حاصل سه تکرار هستند

روش تولید کیک: خمیر کیک با استفاده از روش شکر- خمیر و بر اساس جدول ۲ تهیه شد (۹، ۸). مقدار ۴۰ گرم از خمیر آماده شده با روش ذکر شده، بلافاصله پس از مخلوط کردن در قالب‌هایی به ابعاد ۸× ۵× ۴ سانتی‌متر ریخته شد. کیک‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در فر ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد پخته شدند. نمونه‌ها پس از پخت به مدت ۴۰ تا ۴۵دقیقه در دمای محیط خنک شدند. سپس کیک‌ها در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی با درزبندی حرارتی بسته‌بندی و تا انجام آزمایش‌های بعدی در دمای اتاق نگهداری شدند. برای انجام آزمون رطوبت، کیک‌ها در فریزر ۲۰°C- نگهداری شدند. پخت نمونه‌ها در دو تکرار و آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در تهیه کیک‌های کم‌کالری در جدول ۳ ذکر شده است.

آزمون‌های آرد کیک: رطوبت آرد با استفاده از روش AACC 44-15 (۱۱)، خاکستر بر اساس روش AACC 08-01، گلوتن مرطوب با روش AACC 38-10 ، پروتئین با روش AACC 46-12 و عدد زلنی بر اساس روش AACC 56-60 اندازه‌گیری شدند.

آزمون‌های خمیر کیک: وزن مخصوص خمیر کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر کیک به وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر آب محاسبه شد (۵). برای اندازه‌گیری قوام خمیر کیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰cm و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶cm ریخته شد. قیف به طور کامل با خمیر پر شد. سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری شد. قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد (۱۰). اعداد بزرگ‌تر نشان دهنده قوام کمتر خمیر است.

جدول۲ . مراحل تهیه خمیر با روش شکر- خمیر

مواد اولیه	درصد براساس وزن آرد	روش
روغن	۵۷	گرم کردن تا تولید رنگ روشن انجام شد
شکر	۷۲	(در حدود ۱۰ دقیقه)
تخم‌مرغ	۷۲	در ۴ تا ۵ قسمت اضافه شد
آرد	۱۰۰	کلیه مواد پودری الک و سپس افزوده شد
بیکینگ پودر	۱/۳۴	تا خمیر به صورت نیمه صاف درآمد.
شیر خشک	۲	-
وانیل	۰/۵	-
پودر آب پنیر	۴	
آب	۲۵	افزوده و مخلوط شد تا خمیر تشکیل شود

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در تهیه کیک کم‌کالری

تیمار	ساکارز	اریتریتول	اولیگوفروکتوز
شاهد	٪۱۰	-	-
E_1	-	٪۱۰۰	-
E_2	-	٪۷۷	٪۲۳
E_3	٪۲۳	٪۵۷	٪۲۰

آزمون‌های کیک: رطوبت کیک با استفاده از روش AACC 44-11 (۱۱) و دانسیته ظاهری کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم کیک اندازه‌گیری شد (۱۲). فعالیت آبی کیک نیز در روز اول تولید اندازه‌گیری شد (۱۳). حجم کیک با استفاده از روش جا به جایی دانه کلزا (seed displacement) (۵)، دانسیته جسمی با استفاده از روش پیکنومتری و تخلخل کیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۱۲).

$$\text{تخلخل} = \frac{\text{دانسیته ظاهری}}{\text{دانسیته جسمی}}$$

به منظور بررسی تأثیر غلظت قند اریتریتول بر سفتی، بافت کیک در روزهای اول، هفتم و چهاردهم پس از پخت مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور از ماشین آزمون عمومی (اینسترون) و از روش AACC 74-09 (۱۱) استفاده شد. سفتی به عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییر شکل به میزان ٪۴۰ فشردگی در بافت کیک در نظر گرفته شد. برای این کار، قطعه مکعبی به ابعاد ۲/۵۴ سانتی‌متر از بافت مغز کیک جدا شد و پروب دستگاه به اندازه ۱ سانتی‌متر (٪۴۰) از بافت کیک را فشرده کرد. نیروی وارد شده توسط دستگاه ۵ الی ۵۰ نیوتن، سرعت پروب دستگاه ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت چارت دستگاه ۲۵۰ میلی‌متر بر دقیقه (نسبت چارت به پروب ۵ به ۱) در نظر گرفته شد و میزان نیروی فشاری وارد شده به نمونه بر حسب نیوتن گزارش شد.

رنگ پوسته و مغز کیک با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتیب که ۱ گرم از مغز و ۱ گرم از پوسته کیک به مدت ۲۴ ساعت در ۵ میلی‌لیتر استون ٪۸۰ قرار داده شد و پس از صاف کردن محلول هضم شده، میزان جذب در طول موج ۴۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۳). از حلال استون به عنوان نمونه شاهد استفاده شد.

ویژگی‌های حسی کیک توسط ۱۴ نفر ارزیاب آموزش دیده با روش AACC 10-90 اصلاح شده و بر اساس روش *Ronda* و همکاران (۱۹) مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور از فرم ارزیابی هدونیک ۵ نقطه‌ای برای بررسی این ویژگی‌ها استفاده شد: خلل و فرج، نرمی و سفتی بافت، خشک یا خمیری بودن بافت در حین جویدن، رنگ پوسته، رنگ مغز و عطر و طعم کیک.

ویژگی‌های خمیر کیک و کیک با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با رویه مدل‌های خطی تعمیم یافته GLM (General Linear Model) در نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال معنی‌داری ٪۵ انجام گرفت. در اندازه‌گیری سفتی بافت کیک، اثرات روز نگهداری، نوع قند مورد استفاده و اثر متقابل زمان و نوع قند مورد استفاده و در مورد سایر ویژگی‌ها اثر نوع قند مورد استفاده بررسی شد.

• یافته‌ها

ویسکوزیته خمیر کیک: تأثیر غلظت‌های مختلف اریتریتول بر ویسکوزیته خمیر کیک در شکل ۱ نشان داده شده است. جایگزینی ساکارز با درصدهای مختلف اریتریتول به افزایش در ویسکوزیته خمیر کیک منجر شد و با کاهش غلظت اریتریتول ویسکوزیته خمیر نیز کاهش معنی‌داری نشان داد ($P < ۰/۰۵$).

وزن مخصوص خمیر کیک: وزن مخصوص تیمارهای تهیه شده با ترکیب اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) مشابه نمونه کنترل بود، در حالی‌که سایر تیمارها وزن مخصوص بیشتری از تیمار کنترل داشتند. این نتایج در شکل۲ آورده شده است.

رطوبت و فعالیت آبی کیک: تغییرات در رطوبت و فعالیت آبی کیک‌های تهیه شده با درصدهای متفاوت اریتریتول در شکل ۳ نشان داده شده است. کیک‌های تهیه شده با ترکیب اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) و نمونه‌های حاوی مخلوط اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) رطوبتی مشابه تیمار کنترل داشتند. نمونه تهیه شده با ٪۱۰۰ اریتریتول (E_1) نسبت به تیمار شاهد کاهش رطوبت نشان داد. استفاده از اریتریتول باعث افزایش فعالیت آبی کیک نسبت به نمونه شاهد شد.

حجم کیک: غلظت مورد استفاده اریتریتول بر حجم کیک تأثیر معنی‌داری داشت ($P < ۰/۰۵$) که در شکل ۴ آمده

Archive of SID

www.SID.ir

است. حجم کیک‌های کم‌کالری تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) و کیک‌های حاوی ترکیب اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) کمتر از نمونه تهیه شده با ساکارز بود. تنها جایگزین کردن ساکارز با مخلوط قندهای اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) توانست نتایجی مشابه با نتایج ارائه شده توسط نمونه شاهد ایجاد کند.

دانسیته ظاهری کیک: نمونه‌های تهیه شده با مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) دارای دانسیته ظاهری مشابهی با تیمار کنترل بودند و سایر نمونه‌ها افزایش معنی‌داری در دانسیته ظاهری کیک نسبت به نمونه شاهد نشان دادند ($P <۰/۰۵$). این نتایج در شکل ۵ آورده شده است.

دانسیته جسمی کیک: دانسیته جسمی کیک اسفنجی در غلظت‌های متفاوت اریتریتول در شکل ۶ نشان داده شده است. از نظر دانسیته جسمی تفاوت معنی‌داری میان نمونه‌های آماده شده با مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) و نمونه کنترل مشاهده نشد ($P >۰/۰۵$)، در حالی‌که سایر نمونه‌ها دارای دانسیته جسمی کمتر از کیک تهیه شده با ساکارز بودند.

تخلخل کیک: همان گونه که در شکل ۷ نشان داده شده است، استفاده از ترکیب ساکارز- اولیگوفروکتوز- اریتریتول (E_3) به ایجاد تخلخل مشابه با کیک کنترل منجر شد. در حالی که تیمار حاوی ۱۰۰٪ قند اریتریتول (E_1) و نمونه‌های تهیه شده با اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) کاهش معنی‌داری در تخلخل با تیمار شاهد نشان دادند ($P <۰/۰۵$).

رنگ پوسته کیک: تغییر در غلظت اریتریتول تأثیر معنی‌داری بر رنگ پوسته کیک داشت که در شکل ۸ نشان داده شده است. جایگزین کردن ساکارز با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) و ترکیب اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) کاهش معنی‌داری در رنگ پوسته کیک ایجاد کرد ($P<۰/۰۵$). تنها کیک‌های تهیه شده با مخلوط اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) رنگ پوسته مشابهی با نمونه کنترل داشتند.

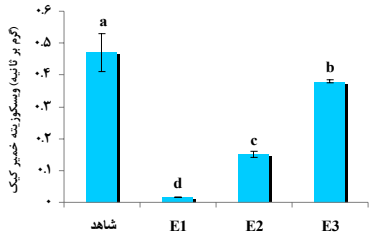
رنگ مغز کیک: اثر قند اریتریتول بر رنگ مغز کیک در شکل ۹ آورده شده است. استفاده از اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) باعث رنگ مغز مشابه با کیک شاهد شد. سایر نمونه‌ها افزایش معنی‌داری در رنگ مغز کیک نشان دادند ($P <۰/۰۵$).

سفتی بافت کیک: نقش متقابل روز نگهداری کیک و قند الکل بر سفتی بافت کیک در روزهای مختلف اندازه‌گیری بافت در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در روز اول، تیمار شاهد و کیک تهیه شده با اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) نرمی مشابهی داشتند و بافت سایر نمونه‌ها سفت‌تر از نمونه کنترل بود. در روز هفتم و چهاردهمِ ارزیابی، بافت، تمامی نمونه‌های تهیه شده با غلظت‌های مختلف اریتریتول سفت‌تر از نمونه کنترل بود. در مجموع، کیک‌های حاوی اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) نزدیک‌ترین نتایج را به کیک کنترل نشان دادند.

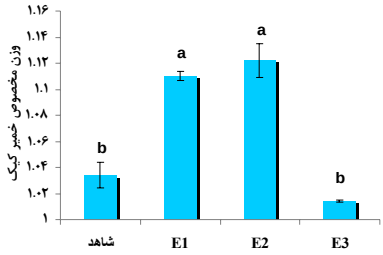
ارزیابی حسی طعم کیک: اثر نوع قند مورد استفاده بر طعم کیک در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نوع تیمار، تأثیر معنی‌داری بر ویژگی حسی طعم کیک داشت ($P <۰/۰۵$). کیک کنترل دارای بیشترین امتیاز حسی طعم بود، در حالی که نمونه‌های تهیه شده با مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) نزدیک‌ترین امتیاز ارزیابی حسی را به نمونه شاهد کسب کردند. امتیاز سایر تیمارها (E_1 و E_2) کمتر از تیمار شاهد و نمونه E_3 بود. کمترین امتیاز ارزیابی حسی طعم کیک به نمونه‌های حاوی ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) تعلق گرفت.

Archive of SID

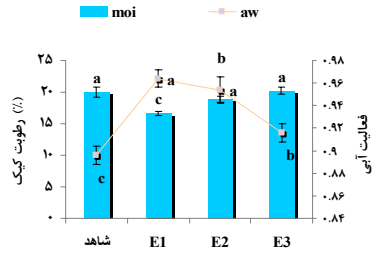
www.SID.ir



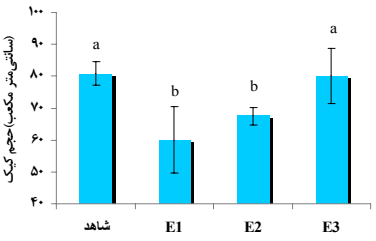
شکل ۱. ویسکوزیته خمیر کیک



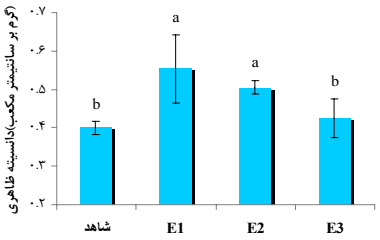
شکل ۲. وزن مخصوص خمیر کیک



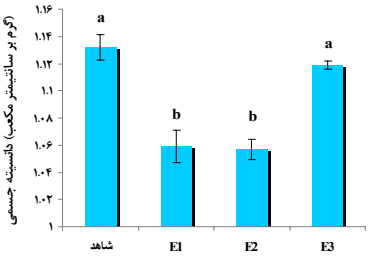
شکل ۳. تأثیر اریتریتول بر رطوبت و فعالیت آبی کیک



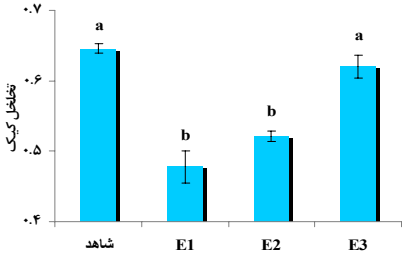
شکل ۴. نقش غلظت‌های مختلف اریتریتول بر حجم کیک



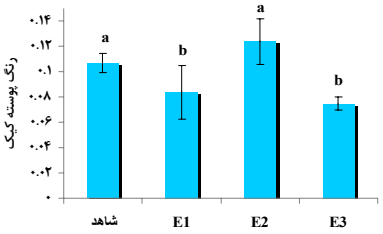
شکل ۵. تأثیر اریتریتول بر دانسیته ظاهری کیک



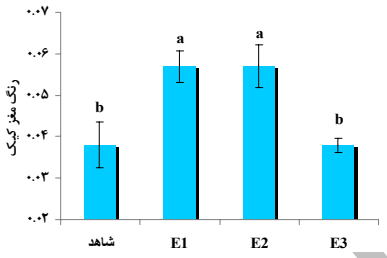
شکل ۶. تأثیر اریتریتول بر دانسیته جسمی کیک



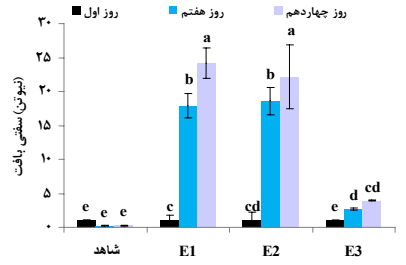
شکل ۷. نقش اریتریتول بر تخلخل کیک



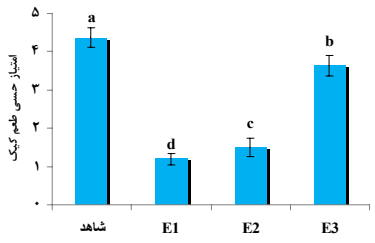
شکل ۸. نقش اریتریتول رنگ پوسته کیک



شکل ۹. نقش اریتریتول بر رنگ مغز کیک



شکل ۱۰. سفتی بافت کیک



شکل ۱۱. تأثیر نوع قند بر ویژگی حسی طعم کیک

توضیحات شکل‌ها:

شاهد: ساکارز

E_1: ۱۰۰٪ قند اریتریتول

E_2: اریتریتول- اولیگوفروکتوز

E_3: اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p< ۰/۰۵$) بین تیمارها است.

www.SID.ir

• بحث

ویسکوزیته خمیر تحت تأثیر وزن ملکولی قند قرار می‌گیرد. هر قدر، وزن ملکولی قند مورد استفاده بیشتر باشد، ویسکوزیته خمیر کیک نیز بیشتر خواهد بود (۱۴). از طرفی ویسکوزیته خمیر کیک در ارتباط با حلالیت قند مورد استفاده در فرمولاسیون خمیر کیک است. با توجه به حلالیت کم قند اریتریتول، ایجاد بالاترین ویسکوزیته در خمیر تهیه شده با این قند منطقی به نظر می‌رسد (۱۵). *Lee* و همکاران (۱۶) نشان دادند که قندها می‌توانند به عنوان یک عامل مؤثر ایجاد کننده کف با تخم‌مرغ عمل کنند. در این مطالعه، تفاوت اصلی خمیر کیک در نوع قند مورد استفاده بود. علت کمتر بودن وزن مخصوص خمیر کنترل نسبت به نمونه تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) و نمونه حاوی ترکیب اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) می‌تواند به این دلیل باشد که در حضور ساکارز، حباب‌های هوا با سهولت بیشتری نسبت به اریتریتول وارد خمیر کیک می‌شوند. وزن مخصوص مشابه در نمونه کنترل و تیمار تهیه شده با مخلوط اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) را می‌توان به توانایی یکسان خمیر تهیه شده با این دو قند در نگهداری حباب‌های هوا در طول مخلوط کردن خمیر مربوط دانست (۱۶).

نتایج آزمایشات نشان داد که یکی از راه‌های مؤثر افزایش رطوبت و به دنبال آن، افزایش تازگی و عمر ماندگاری کیک-های تهیه شده با اریتریتول استفاده از فرمولاسیون‌های ترکیبی این قند با اولیگوفروکتوز یا مخلوط اولیگوفروکتوز-ساکارز است. به عبارت دیگر، قندهای اولیگوفروکتوز و ساکارز دارای قابلیت بیشتری برای نگهداری آب دارند و بنابراین، رطوبت کیکِ حاوی این دو قند نسبت به کیک‌هایی که تنها با اریتریتول تهیه شده است، بالاتر خواهد بود. با توجه به مشاهده بیشترین فعالیت آبی در کیک‌های تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) کمترین عمر ماندگاری نیز در این نمونه‌ها انتظار می‌رود. افزودن ترکیب قندهای ساکارز-اولیگوفروکتوز به این نمونه نیز می‌تواند به کاهش فعالیت آبی و افزایش عمر ماندگاری محصول کمک کند. علت کمتر بودن فعالیت آبی نمونه کنترل به دلیل خاصیت جاذب‌الرطوبه بودن ساکارز است. در حالی‌که این ویژگی توسط سایر عوامل حجم‌دهنده قابل تأمین نیست (۱۷).

کاهش حجم کیک‌های تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) و ترکیب اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) را می‌توان در دو علت جستجو کرد. اول، کاهش پایداری خمیر کیک در طول حرارت دادن که در ارتباط مستقیم با کاهش ویسکوزیته خمیر و افزایش اندازه حباب‌های هوا است. دوم، کاهش سرعت انتقال حرارت به دلیل کاهش در دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دمای دناتوره شدن پروتئین‌ها که به انبساط ناکافی حباب‌های هوا در طول پخت و کاهش حجم کیک منجر خواهد شد (۱۸). با توجه به رابطه مستقیم بین تخلخل و حجم کیک (۴) انتظار می‌رود، نمونه‌هایی که حجم کمتری دارند، تخلخل و دانسیته جسمی کمتری نیز داشته باشند که با نتایج به دست آمده سازگار بود. بین دانسیته ظاهری و حجم کیک رابطه معکوسی برقرار است. هر قدر، حجم کیک بیشتر باشد، دانسیته ظاهری کیک کمتر خواهد بود. بنابراین، منطقی است که نمونه‌های تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول و مخلوط اریتریتول- اولیگوفروکتوز که حجم کمتری نسبت به کیک شاهد داشتند، در مقایسه با کیک شاهد دانسیته ظاهری بیشتری داشته باشند. کاهش رنگ نمونه‌های تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) به دلیل عدم شرکت قند الکل‌ها در واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد یا کاراملیزاسیون به علت فقدان گروه عامل (گروه‌های کربونیل) می‌باشد (۱۹). به علاوه قند اریتریتول مقاومت حرارتی بالایی نسبت به ساکارز و سایر قند الکل‌ها دارد و احتمال تجزیه شدن حرارتی و ایجاد رنگ در پوسته کیک تهیه شده با این قند نیز به این دلیل کم می‌باشد (۵). در مجموع سه روز اندازه‌گیری سفتی بافت کیک نمونه‌های تهیه شده با ۱۰۰٪ اریتریتول (E_1) و اریتریتول- اولیگوفروکتوز (E_2) افزایش معنی‌داری در سفتی بافت کیک نشان دادند ($P<0/05$) که می‌تواند در ارتباط با دانسیته بالاتر کیک‌های تهیه شده با این دو فرمولاسیون باشد. به علاوه، بر هم کنش میان قند الکل‌ها و نشاسته نیز بر رتروگراداسیون نشاسته و سفت شدن بافت کیک اثر خواهد داشت (۱۹). امتیاز حسی بالاتر نمونه-های تهیه شده با اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز توسط داوران نشان دهنده این مطلب است که به کار بردن فرمولاسیون‌های ترکیبی (حذف بخشی از ساکارز) نتایج قابل قبول‌تری نسبت به حذف کامل ساکارز (استفاده از ۱۰۰٪ اریتریتول) در بر دارد.

نتایج نشان داد که جایگزین کردن کامل ساکارز با اریتریتول باعث به افت ویژگی‌های فیزیکی کیک مانند حجم، تخلخل، دانسیته جسمی، رنگ پوسته و نرمی بافت

Archive of SID

www.SID.ir

کیک شد. به علاوه، تیره شدن رنگ مغز کیک، افزایش فعالیت آبی کیک و کاهش عمر ماندگاری و افزایش وزن مخصوص خمیر کیک به دنبال جایگزینی کامل ساکارز با اریتریتول مشاهده شد. در میان تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش کیک‌های تهیه شده با اریتریتول- ساکارز- اولیگوفروکتوز (E_3) نتایج مشابهی با نمونه کنترل از نظر وزن مخصوص خمیر کیک، رطوبت، حجم و دانسیته ظاهری، دانسیته جسمی، تخلخل و رنگ مغز کیک داشتند و نزدیک‌ترین نتایج را با نمونه کنترل در ویسکوزیته خمیر کیک، سفتی بافت کیک و ارزیابی حسی طعم کیک ارائه کردند. در کیک‌های تهیه شده با این فرمولاسیون به فعالیت آبی کیک نیز کاهش معنی‌داری یافت ($P < ۰/۰۵$) که می‌تواند در افزایش عمر ماندگاری کیک مؤثر باشد.

• References

1. Rosental AJ. Application of aged egg in enabling increased substitution of sucrose by Littese (polydextrose) on high ratio cakes. J Sci Food Agri 1995; 68: 127-31.
2. Pasha L, Buut MS, Anjum FM, Shahzadi N. Effect of dietetic sweeteners on the quality of cookies. Int J Agri Biol 2002; 4: 245-48.
3. Attia ESA, Shehata HA, Askar A. An alternative formula for the sweetening of reduced calorie cakes. Food Chem 1993; 48: 169-72.
4. Baeva MR, Panchev IN, Terzieva VV. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. Die Nahrung 2000; 44: 242-6.
5. Lin SD, Hwang CF, Yeh CH. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. J Food Sci 2003; 68: 2107-10.
6. Hess A, Setser CS. Alternative systems for sweetening layer cake using aspartame with and without fructose. Cereal Chem 1983; 60: 337-41.
7. Frye AM, Setser CS. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. Cereal Chem 1992; 69: 338-43.
8. Peighambardoust SH. Technology of cereal products. 1st ed. Tabriz: Tabriz University of Medical Sciences Publications 2009; Vol. 2. 217-219 [in Persian].
9. Nourmohammadi E, Peighambardoust SH, Hesari J, Azadmard Darmirchi S, Rafat SA. Effect of batter mixing methods on physico-chemical properties of batter and quality characteristics of sponge cake. Iranian Journal of Food Science and Technology [in Persian], [Article In Press].
10. Pierce MM, Walker CE. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. Cereal Chem 1987; 64: 222-5.
11. AACC. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Association of Cereal Chemists. Ins; 1999.
12. Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A, Katnas SA. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. J Food Eng 2006; 78: 953-64.
13. Akesowan A. Quality of reduced-fat chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement for sugar. Pakistan J Nutr 2009; 8: 1383-86.
14. Mitchell H. Sweeteners and sugar alternatives in food technology. 1st ed. Oxford: Blackwell Publishing 2006. p. 233-4.
15. Zoulias EI, Piknis S, Oreopoulou V. Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-k on properties of low-fat cookies. J Sci Food Agri 2000; 80: 2049-56.
16. Lee CC, Wang HF, Lin SD. Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. Cereal Chem 2008; 85: 515-21.
17. Wetzel CR, Weese JO, Bell LN. Sensory evaluation of no-sugar-added cakes containing encapsulated aspartame. Food Res Int 1997; 30: 395-99.
18. Chaumchaitrakun P, Chompreeda P, Haruthaithanasan V. Effects of polyol and intense sweeteners on quality of butter cake from Jasmine brown rice flour. Proceeding of the 9th Agro-Industrial Conference Food Innovation Asia. 2007 June 14-15, Bitec Bangkok, Thailand.
19. Ronda F, Gamez M, Blanco CA, Caballero PA. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chem 2005; 90: 549-55.

Archive of SID

www.SID.ir

Feasibility study of low-calorie cake preparation with erythritol and oligo-fructose

*Nourmohammadi E[1], Peighambardoust H[*2], Olad Ghaffari A[3]*

1- M.Sc. in Food Science and Technology, Faculty of of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2- [*]Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Science, Faculty of of Agriculture, University of Tabriz, Iran. E-mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

3- M.Sc. in Food Science and Technology, Iran Standard and Industrial Research Institute (ISIRI), Eastern Azerbaidjan main office, Tabriz, Iran.

Received 11 Jul, 2011 **Accepted 14 Oct, 2011**

Background and Objective: One of the most common problems in modern communities is long-term high energy intakes due to consumption of high-energy foods, resulting in overweight and obesity. The objective of this study was to investigate the possibility of producing a low-energy sponge cake by complete or partial substitution of sucrose with erythritol and oligo-fructose.

Materials and Methods: Cake batter properties, including specific gravity and viscosity, as well as cake characteristics, including volume, apparent density, solid density, porosity, moisture and water activity, crust and crumb color, textural firmness, and flavour were determined.

Results: Cake batter prepared using a mixture of erythritol-sucrose-oligofructose had a specific gravity and viscosity similar to the control batter. Furthermore, the volume, apparent density, solid density, porosity, moisture and crumb color of cakes prepared with such a mixture were not statistically different ($p>0.05$) from those of the control cake. The data also showed that, even while in storage, the cakes containing erythritol-sucrose-oligofructose were less firm than the control sample. The crust color of the experimental cakes was not singnificantly different from that of the control cakes ($p>0/05$), while their crumb color was less. Samples prepared with complete or partial replacement of sucrose with erythritol had a higher water activity as compared with the control value ($P<0.05$). Finally, cake samples prepared with a mixture of erythritol-sucrose-oligofructose had the closest taste score to that of the control cake.

Conclusion: It is possible to produce a low-energy and high-quality sponge cake with characterstics similar to those of the control cake by using an erythritol-sucrose-oligofructose mixture.

Keywords: Erythritol, Oligofructose, Sucrose, Sponge cake, Quality

Archive of SID

www.SID.ir