

اثر ایزومالت و مالتیتول بر خصوصیات کیفی و حسی کیک اسفنجی

مسعود دهخدا^۱، فرامرز خدائیان^{۲*}، سارا موحد^۳

۱. کارشناس ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین-پیشوا

۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۲/۱۱)

چکیده

استفاده از ایزومالت و مالتیتول به جای ساکارز در غذاها نقش مهمی در سلامت انسان همچون کنترل سطح گلوکز خون و مدیریت وزن دارد. در این تحقیق از پلی‌ال‌هایی مانند ایزومالت و مالتیتول به جای ساکارز در سه سطح (۱۰۰، ۸۵، ۷۵ درصد) استفاده شد. اثر پلی‌ال‌ها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (اندازه حباب هوا در خمیر کیک، درصد رطوبت، فعالیت آبی، رنگ پوسته و مغز، سفتی بافت، حجم، و درصد تخلخل) و حسی کیک اسفنجی بررسی شد. نتایج نشان داد، جایگزینی کامل ساکارز با ایزومالت و مالتیتول موجب افزایش اندازه حباب‌های هوا در خمیر می‌شود ($P < 0.05$). بزرگترین حباب‌ها در خمیر حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت مشاهده شد. بیشترین میزان رطوبت و سفتی در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول به دست آمد ($P < 0.05$). با افزایش غلظت پلی‌ال‌ها، روشنایی (اندیس L) پوسته کیک افزایش ($P < 0.05$) و حجم و درصد تخلخل کیک کاهش یافت ($P < 0.05$). در ارزیابی حسی، بالاترین امتیاز پذیرش کلی به کیکهای حاوی ۷۵ درصد مالتیتول تعلق گرفت.

کلیدواژگان: ایزومالت، پلی‌ال، کیک اسفنجی، مالتیتول.

مقدمه

کیک از فرآورده‌های پرمصرف است که از ۴۰-۳۰ درصد ساکارز تشکیل شده است. با توجه به بالابودن میزان کالری آن، مصرف بیش از حد این فرآورده خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی، فشار خون بالا، دیابت، و چاقی را افزایش می‌دهد (Ronda et al., 2005). شکر از ترکیبات اصلی کیک است که علاوه بر شیرین کردن به الحاق حباب‌های هوا برای قابلیت گرم کردن و ایجاد ساختار و طعم و بافت مناسب کمک می‌کند. همچنین در حفظ رطوبت و تازه ماندن و بهبود رنگ پوسته کیک مؤثر است. از این رو کاهش یا جایگزینی شکر در کیک بر ویژگی‌های ساختاری و حسی اثر می‌گذارد (Baeva et al., 2003). قندهای الکلی از ترکیباتی هستند که از نظر خواص و ویژگی‌های عملکردی مشابه ساکارز هستند، بنابراین می‌توانند جایگزین ساکارز در فرمولاسیون کیک اسفنجی شوند و به میزان کمتر و به صورت آهسته در بدن جذب می‌شوند و انرژی کمتری تولید می‌کنند. به همین دلیل، در صورت مصرف این ترکیبات توسط افرادی که بیماری دیابت دارند سطح قند خون افزایش نمی‌یابد و در تولید محصولات کم‌کالری بسیار مناسب هستند (Psimouli et al., 2011). ایزومالت شیرین کننده و

حجم‌دهنده‌ای رژیمی است که از نظر خواص و ویژگی، عملکردی مشابه ساکارز دارد. شیرینی ایزومالت بین ۰/۴۵ و ۰/۶ در مقایسه با ساکارز است. از آنجا که ساختار شیمیایی آن در برابر درجه حرارت پخت تغییری نمی‌کند، برای فرآورده‌های پخت از قبیل کیک و کلوچه بسیار مناسب است. ایزومالت دارای حلالیت پایین، خاصیت جذب رطوبت کم است و به کمترین تغییر در فرمولاسیون و روش تولید برای پخت مناسب نیاز دارد. محصولاتی که با ایزومالت تهیه می‌شوند از نظر طعم مشابه ساکارزند و ماندگاری بیشتری دارند (Mitchell, 2006). مالتیتول، شیرین کننده‌ای طبیعی با خواص ارگانولپتیک است که عملکردی منحصر به فرد دارد. از نظر طعم مشابه ساکارز است و حلالیت خوبی دارد، همچنین خاصیت جذب رطوبت پایین آن، موجب شده است که جایگزین مناسبی برای شکر در شیرینی‌ها و کیک‌های رژیمی باشد، بنابراین مزیت‌های آن بیش از شیرین کننده‌های مصنوعی است. مالتیتول بر طعم غذا اثر ناخوشایندی ایجاد نمی‌کند و موجب پوسیدگی دندان، بالارفتن سطح قند خون نمی‌شود، با توجه به این ویژگی‌ها استفاده از آن در غذاهای کم‌کالری بسیار سودمند است (Dobrev et al., 2013).

تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. Baeva et

al. (2000) اثر سوربیتول را به عنوان جایگزین ساکارز در کیک

تهیه خمیر و تولید کیک

به منظور تهیه خمیر کیک ابتدا شکر و روغن همراه با مواد پودری (شیرخشک، وانیل، و نمک) با همزن برقی مخلوط شد تا کرم روشنی به دست آید. سپس تخم مرغ به مخلوط اضافه شد. در ادامه آب به مخلوط افزوده شد و عمل هم زدن به مدت ۴ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعدی بکینگ پودر به آرد اضافه و مخلوط حاصل به کرم افزوده شد. در پایان با قیف مخصوص، خمیر در قالب های ۴۰ گرمی درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. عمل پخت در فر با دمای ۱۸۰-۲۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۳ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، نمونه ها بسته بندی و در دمای اتاق برای انجام آزمایشات نگهداری شدند.

ارزیابی حباب های هوا

برای ارزیابی حباب های هوا در خمیر از میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۱۰۰۰ استفاده شد. مقداری از نمونه روی لام شیشه ای میکروسکوپ ریخته شد و حباب ها از نظر اندازه مقایسه شدند. عکس های گرفته شده با میکروسکوپ در فرمت ۱۰۲۴×۱۲۸۰ پیکسل با نرم افزار میکروسکوپ ذخیره شد. حباب های هوا در هر یک از نمونه ها به وسیله عکس های گرفته شده و با نرم افزار ImageJ ارزیابی شد (Rodriguez et al., 2012).

اندازه گیری رطوبت و فعالیت آبی

رطوبت نمونه ها با استاندارد AACC 44-14A اندازه گیری شد. برای اندازه گیری فعالیت آبی از دستگاه اندازه گیری فعالیت آبی (Novasina) ساخت کشور سوئیس استفاده شد (Anonymous, 2002).

ارزیابی بافت

برای اندازه گیری سفتی بافت نمونه ها از آزمون فشردگی طبق استاندارد AACC 7409 با دستگاه اینستران مدل M350-10CT ساخت انگلستان در طی روزهای ۱ و ۷ و ۱۴ و ۲۱ استفاده شد. بر این اساس با استفاده از پروب صفحه ای نمونه ای را که برای این آزمون در ابعاد ۲/۵×۲/۵ بریده شده بود تحت آزمون تراکم قرار گرفت و تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه (۲/۵) نیرو وارد شد و نیروی فشاری وارد شده به نمونه برحسب نیوتن گزارش گردید (Anonymous, 2002).

ارزیابی حجم

به منظور تعیین حجم نمونه های کیک از روش جابه جایی دانه های کلزا (بر اساس استاندارد A-A-20126E METRIC) استفاده شد (Anonymous, 2002).

اسفنجی از نظر ساختاری بررسی کردند. نتایج نشان داد که کیک های حاوی سوربیتول در مقایسه با نمونه کنترل رطوبت را به طور یکنواخت تری منتشر می کنند و فرایند نیز در دمای پایین تر انجام می گیرد و در نهایت باعث نرم تر شدن بافت کیک می شود. میزان خلل و فرج و حجم نیز در مقایسه با نمونه شاهد بهبود یافت. Zoulias et al. (2002) اثر ۳ نوع جایگزین شکر از قبیل لاکتیتول و سوربیتول و مالتیتول را بر ویژگی های کیفی کلوچه مطالعه کردند. Ronda et al. (2005) اثر پلی آل ها را روی کیفیت کیک اسفنجی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که رنگ پوسته کیک های فاقد ساکارز، تیره تر و حجم مخصوص آنها کمتر از نمونه شاهد بود. همچنین کیک های فاقد ساکارز، بافتی نرم تر و استحکامی بیشتر دارند. Psimouli et al. (2011) اثر انواع شیرین کننده را بر خصوصیات رئولوژی خمیر و ویژگی های کیک بررسی کردند و نتیجه گرفتند که لاکتیتول و مالتیتول به عنوان جایگزین ساکارز تفاوت معنی داری در ویژگی های حسی محصول در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نمی کند که دلیل آن را شباهت لاکتیتول و مالتیتول با ساکارز بیان داشتند. بنابراین هدف از تحقیق ارائه شده، بررسی عملکرد جایگزینی ایزومالت و مالتیتول بر خواص فیزیکی و شیمیایی و حسی کیک اسفنجی است.

مواد و روش ها

مواد

آرد گندم نول از شرکت مرکزی (کرج)، روغن از شرکت مارگارین (شهر ری)، شکر از شرکت گلستان (تهران)، تخم مرغ از شرکت تلاونگ (رباط کریم)، شیرخشک از شرکت پاک (تهران)، نمک از شرکت صدف (دلیجان)، بکینگ پودر از شرکت سحر (شهریار)، تهیه، و خریداری شدند. همچنین پودر وانیل از شرکت پاندا (چین)، ایزومالت از شرکت اورافتی (بلژیک)، و مالتیتول از شرکت سیرال (فرانسه) خریداری شد. خصوصیات آرد مصرفی پس از اندازه گیری در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. خصوصیات آرد مصرفی

ویژگی	نتایج	واحد	محدوده استاندارد
رطوبت	۱۳	درصد	حداکثر ۱۴
پروتئین	۹/۷	درصد	۸/۵-۱۰
خاکستر	۰/۵	درصد	۰/۴۵-۰/۵
گلو تن مرطوب	۲۵	درصد	۲۴-۲۷
pH	۵/۸	-	۵/۶-۶/۵

و رنگ ارزیابی و نظر خود را بر اساس امتیازات ۱ تا ۵ اعلام کردند (Manisha et al., 2012).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها غیر از بافت و آزمون‌های حسی از طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار استفاده شد. اما آنالیز بافت و ارزیابی حسی بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۰) استفاده شد.

نتایج و بحث

حباب‌های هوا در خمیر

اندازه حباب‌های هوا تأثیر زیادی بر ویژگی‌های بافتی محصول دارد. افزایش اندازه حباب‌های هوا و توزیع غیر یکنواخت آنها باعث ایجاد بافت نامناسب در محصول می‌گردد. اگر اندازه حباب‌های هوا کاهش یابد و توزیع یکنواخت‌تر باشد کیفیت محصول افزایش می‌یابد. نتایج ارزیابی حباب‌های هوا نشان می‌دهد (شکل ۱) که جایگزین کامل ساکارز با قندهای الکلی (پلی‌ال‌ها) باعث توزیع غیریکنواخت و افزایش معنی‌دار اندازه حباب‌ها در خمیر می‌شود. کاهش غلظت قندهای الکلی باعث بهبود توزیع و اندازه حباب‌های هوا می‌شود. میانگین اندازه حباب‌های هوا در نمونه شاهد به نسبت دیگر نمونه‌ها کمتر است و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت به‌طور معنی‌داری حباب‌های درشت‌تری در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارد ($P < 0.05$).

ارزیابی درصد تخلخل

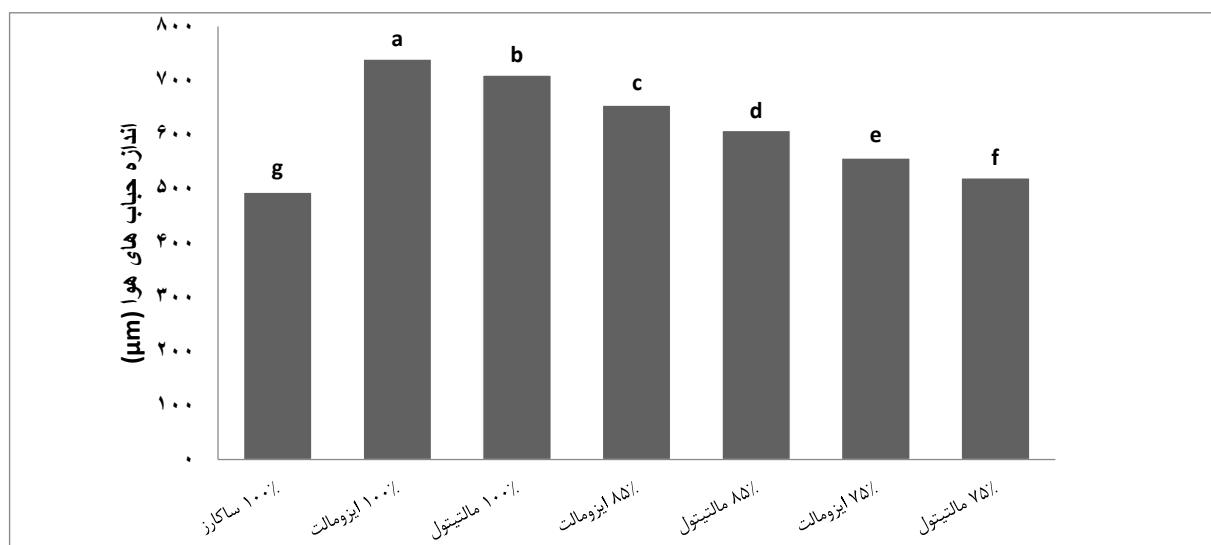
به‌منظور ارزیابی میزان تخلخل از تکنیک پردازش تصویر استفاده گردید. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه و با دستگاه اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. سپس تصویر تهیه‌شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. ۱۰ فعال کردن قسمت ۸ بیت، تصاویر سطح خاکستری ایجاد شد. برای تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد می‌شود. بدیهی است که هرچه قدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفره‌های موجود در بافت کیک (درصد تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Naghipour et al., 2012).

ارزیابی رنگ

رنگ پوسته و مغز کیک به‌وسیله دستگاه هانت‌رلب (Colorflex. VA مدل 45 ساخت آمریکا) در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) اندازه‌گیری شد. در این دستگاه سه فاکتور تعیین رنگ مشخص گردید. فاکتور L شاخص سفیدی و تیرگی محصول، فاکتور a شاخص قرمزبودن محصول، و فاکتور b شاخص زردی محصول است (Lothrop, 2012).

ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی حسی نمونه‌های کیک، از تجزیه و تحلیل ویژگی‌های کیک با کاربرد حواس پنجگانه استفاده شد و ۱۵ نفر از افراد آموزش‌دیده نمونه‌های کیک را از نظر ظاهر، بافت، طعم،

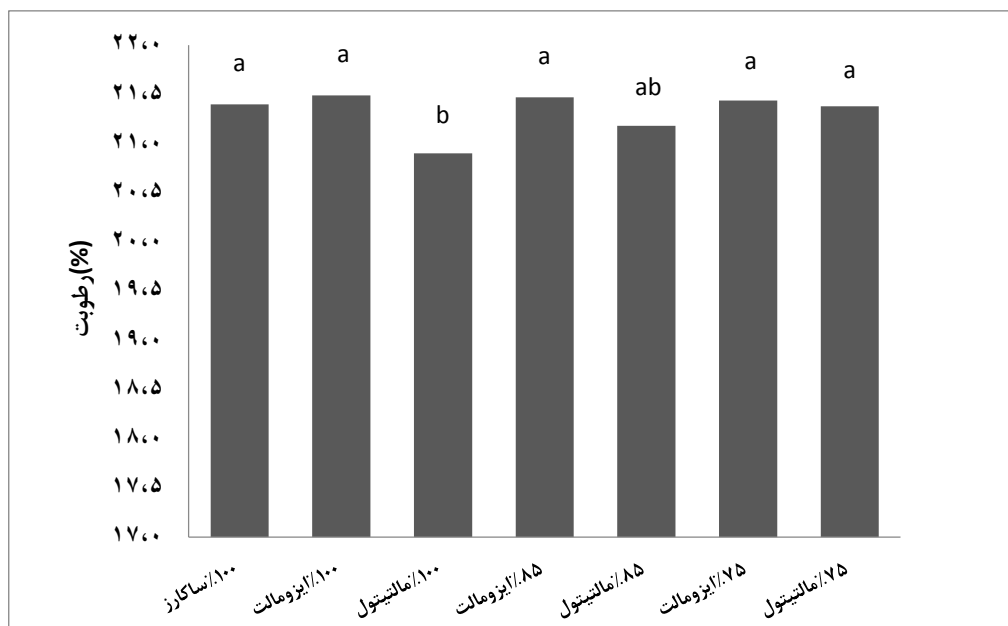


شکل ۱. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر اندازه حباب‌های هوا در خمیر کیک

رطوبت

برخلاف ایزومالت توانایی نگهداری آب را ندارد بنابراین رطوبت به سرعت از بافت کیک خارج می شود و در نتیجه میزان رطوبت محصول کاهش می یابد. در این زمینه Ching *et al.* (2008) اثر ایزومالت را در فرمولاسیون کیک اسفنجی بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، نمونه های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت رطوبت بیشتری در مقایسه با نمونه کنترل داشتند.

شکل ۲ نتایج درصد رطوبت کیک را نشان می دهد. تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت رطوبت بیشتری در مقایسه با نمونه کنترل داشت تیمار حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول به نسبت نمونه کنترل به طور معنی داری رطوبت کمتری داشت ($P < 0.05$). به نظر می رسد پایین بودن میزان رطوبت در نمونه های حاوی مالتیتول در مقایسه با نمونه کنترل به این دلیل باشد که این قند الکلی



شکل ۲. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر میزان رطوبت کیک اسفنجی

به عنوان جایگزین ساکارز در فرمول کیک استفاده کرد. نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت آبی نشان داد، جایگزین کردن کامل ساکارز با قندهای الکلی باعث افزایش فعالیت آبی می گردد و با کاهش غلظت قندهای الکلی میزان فعالیت آبی کاهش می یابد.

بافت

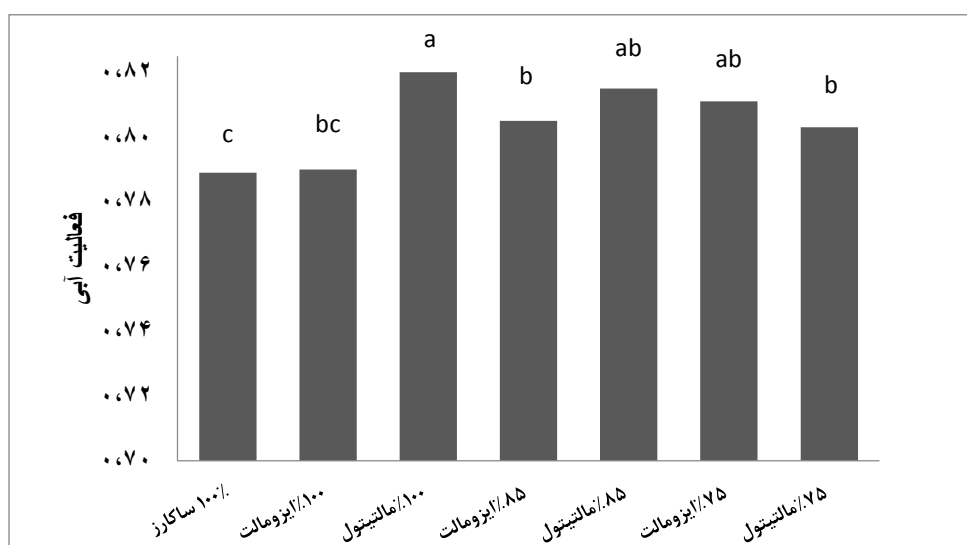
ارزیابی بافت در روزهای اول و هفتم و چهاردهم و بیست و یکم پس از پخت انجام شد. میانگین نتایج ارزیابی بافت در مجموع ۴ روز نگهداری در شکل ۴ نشان داده شده است. با بررسی نتایج حاصل از ارزیابی بافت در روز اول مشاهده گردید که نمونه های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت و ۱۰۰ درصد مالتیتول بافت نرم تری در مقایسه با نمونه کنترل دارند اما از نظر آماری تفاوت معنی داری در مقایسه با نمونه کنترل نداشتند ($P > 0.05$). با بررسی نتایج در روزهای هفتم و چهاردهم و بیست و یکم مشاهده شد که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت به طور معنی داری بافت نرم تری به نسبت سایر تیمارها دارند ($P < 0.05$). نمونه های حاوی ۸۵ درصد ایزومالت و ۱۵ درصد ساکارز و ۷۵ درصد

فعالیت آبی

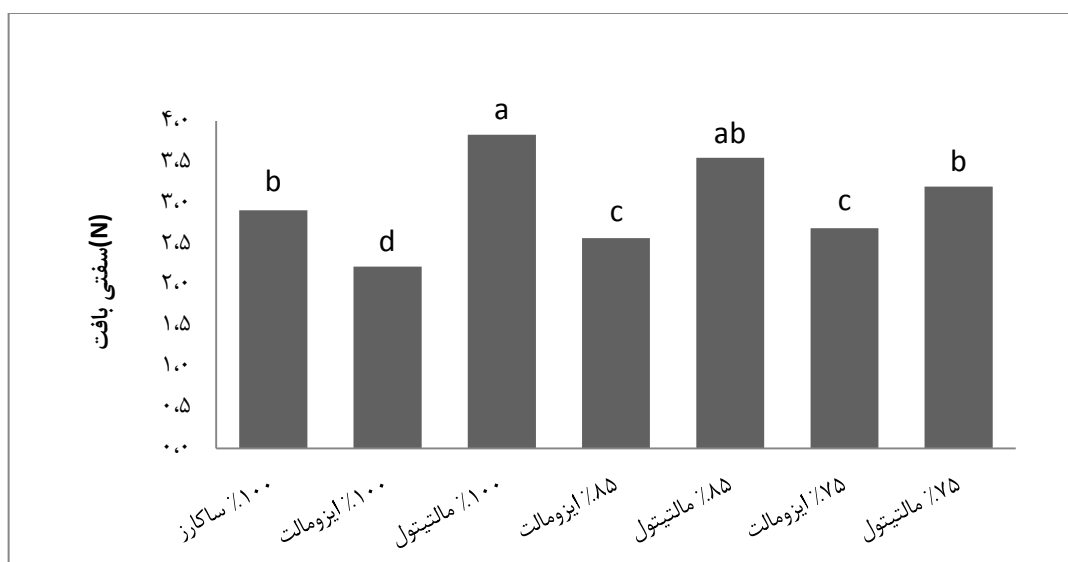
میزان فعالیت آبی از مهمترین فاکتورهایی است که بر رشد میکروارگانیسم تأثیر می گذارد و اهمیت ویژه ای در نگهداری مواد غذایی دارد. نتایج حاصل از ارزیابی فعالیت آبی نشان داد (شکل ۳)، که جایگزین کردن کامل مالتیتول موجب افزایش معنی دار فعالیت آبی به نسبت نمونه کنترل می شود ($P < 0.05$). با مشاهده نتایج حاصل از نمونه های حاوی ۸۵ درصد مالتیتول و حاوی ۷۵ درصد مالتیتول مشخص شد که با کاهش غلظت مالتیتول از میزان فعالیت آبی کاسته می شود. فعالیت آبی نمونه های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت مشابه نمونه کنترل بود و با کاهش غلظت ایزومالت در نمونه های حاوی ۸۵ درصد ایزومالت و حاوی ۷۵ درصد ایزومالت فعالیت آبی به طور معنی داری به نسبت نمونه کنترل افزایش یافت ($P < 0.05$) بنابراین نمونه های حاوی مالتیتول با توجه به بالا بودن میزان فعالیت آبی در مقایسه با نمونه کنترل عمر نگهداری کمتری دارند و سریع تر کپک می زنند. در تحقیقی Akesson (2009) از قندهای الکلی

قدرت جذب آب خوبی دارد، برخلاف ایزومالت قادر به نگهداری آب در طول دوره نگهداری نیست. در این رابطه Ronda (2005) *et al.* اعلام کردند که کیک‌های تازه اسفنجی که با مالتیتول تهیه شده‌اند به‌طور معنی‌داری بافت نرم‌تری در مقایسه با نمونه کنترل دارند. نمونه‌های تهیه‌شده با ایزومالتوز در طول دوره نگهداری بهترین عملکرد را از نظر ویژگی‌های بافتی داشتند و به نسبت سایر نمونه‌ها بافت نرم‌تری داشتند.

ایزومالت و ۲۵ درصد ساکارز بافت نرم‌تری در مقایسه با نمونه کنترل داشتند. نمونه تهیه‌شده با ۱۰۰ درصد مالتیتول به‌طور معنی‌داری سفت‌ترین بافت را در بین تیمارها داشتند ($P < 0/05$). سفت‌شدن بافت کیک در طول مدت نگهداری فرایند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی در آن دخیل است. به‌طور کلی مکانیزم آن ناشی از تغییر تدریجی نشاسته از حالت آمورف به کریستالی است. به‌نظر می‌رسد سفتی بافت تیمارهای حاوی مالتیتول به این دلیل باشد که مالتیتول با وجود اینکه



شکل ۳. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر میزان فعالیت آبی کیک اسفنجی



شکل ۴. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول در طول دوره نگهداری بر سفتی بافت کیک

ارزیابی حجم نشان داد (شکل ۵)، که تیمارهای فاقد ساکارز به‌طور معنی‌داری حجم کمتری به نسبت نمونه کنترل داشتند ($P < 0/05$). تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت در مقایسه با سایر تیمارها حجم کمتری داشت. با افزودن ساکارز حجم نمونه‌های

حجم

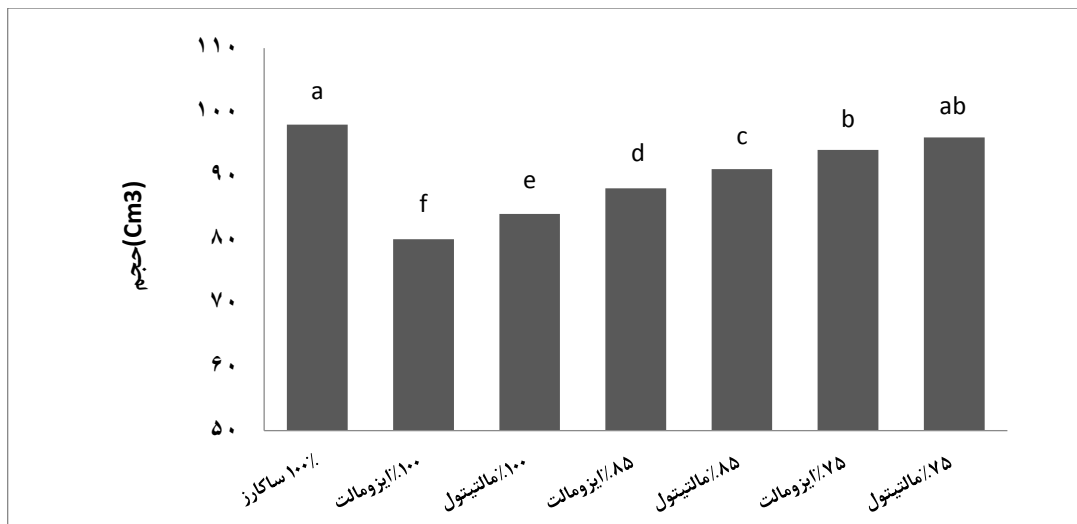
یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی کیک ایجاد ساختار متخلخل است که از طریق انبساط حباب‌های هوا و افزایش حجم در طی پخت ایجاد می‌گردد (Baeva *et al.*, 2003). نتایج حاصل از

نسبت سایر قندهای الکلی حجم کمتری دارند.

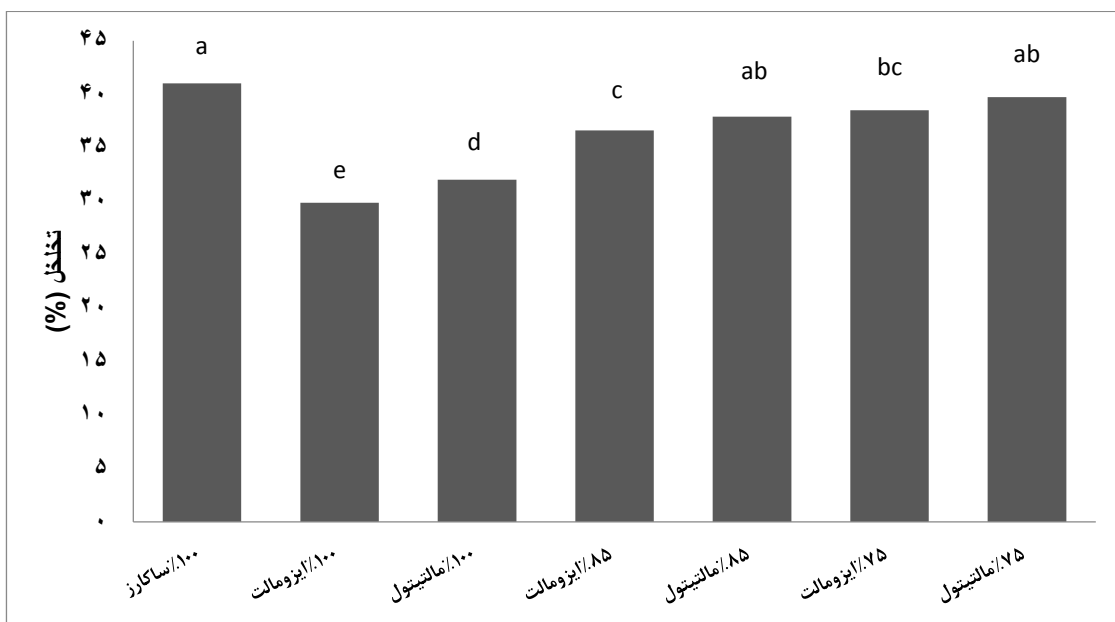
درصد تخلخل

شکل ۶ درصد تخلخل را در تیمارهای گوناگون نشان می‌دهد. درصد تخلخل در نمونه‌های فاقد ساکارز در مقایسه با نمونه کنترل کمتر است ($P < 0.05$). کمترین تخلخل مربوط به تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت است و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد ($P < 0.05$). به نظر می‌رسد که کاهش میزان تخلخل در نمونه‌های فاقد ساکارز به دلیل افزایش اندازه و کاهش تعداد حباب‌های هوا و توزیع غیر یکنواخت آن‌ها در بافت محصول باشد.

تهیه شده با قندهای الکلی بهبود پیدا کرد. به نظر می‌رسد کاهش حجم کیک در نمونه‌های فاقد ساکارز دو دلیل داشته باشد: کاهش پایداری خمیر در طی مرحله پخت که به دلیل افزایش اندازه حباب‌های هوا و کاهش ویسکوزیته خمیر است و همچنین تغییر در مکانیسم سفت شدن در مقابل حرارت، که ناشی از تأثیرات متقابل ترکیبات حجم‌دهنده و نشاسته و پروتئین‌هایی است که بر دمای ژلاتیناسیون نشاسته و دناتوراسیون پروتئین‌ها اثر می‌گذارد (Hicsasmaz *et al.*, 2003; Stauffer, 1990). در این رابطه frye and setser (1991) اثر قندهای الکلی را بر ویژگی‌های بافتی کیک بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، نمونه‌های حاوی قندهای الکلی، حجم کمتری در مقایسه با نمونه کنترل دارند و نمونه‌های حاوی ایزومالت به



شکل ۵. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر حجم کیک

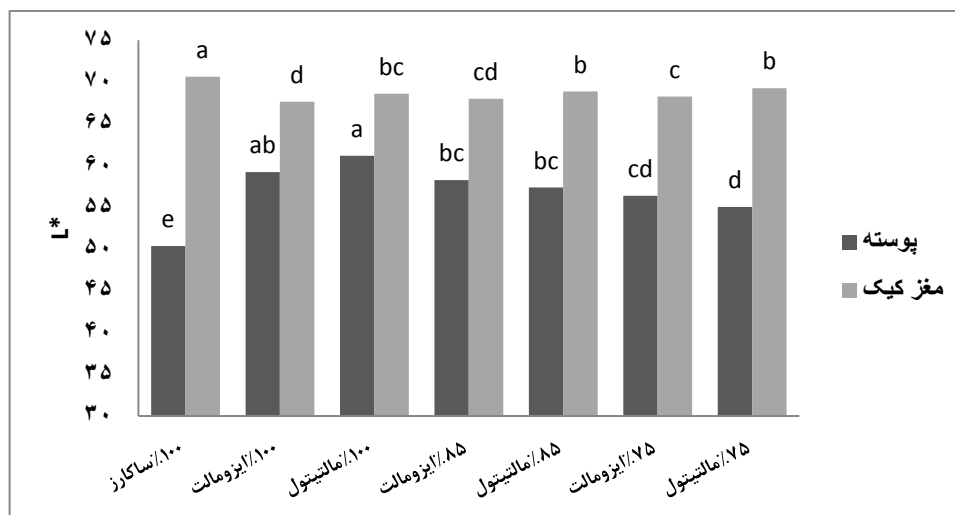


شکل ۶. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر درصد تخلخل کیک

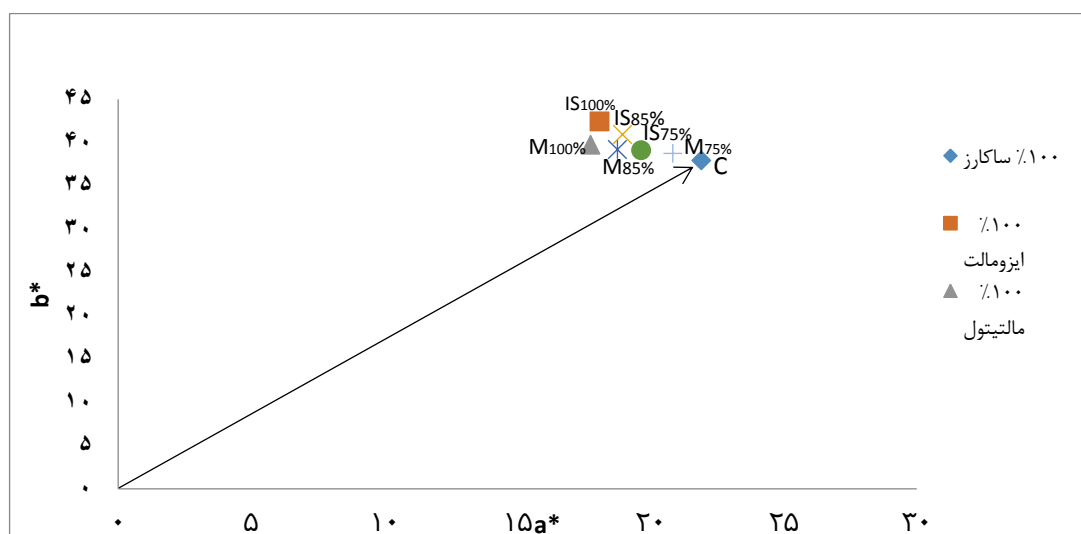
رنگ

تیمارهاست ($P < 0.05$). میزان شاخص‌های a^* و b^* مغز کیک نیز در نمونه‌های حاوی قندهای الکلی کمتر از نمونه کنترل است. قهوه‌ای شدن رنگ پوسته به دلیل واکنش میلارد و کاراملیزاسیون ساکارز است که ناشی از قرارگرفتن در معرض درجه حرارت‌های بالاست. پلی‌ال‌ها به دلیل اینکه فاقد گروه‌های عامل هستند در واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی شرکت نمی‌کنند بنابراین نمونه‌های حاوی قندهای الکلی رنگ پوسته روشن‌تری دارند (Bennion and Bamford, 1997; Lin *et al* 2003). در این رابطه Ching *et al* (2008) از قندهای الکلی به عنوان جایگزین ساکارز استفاده کردند. نتایج نشان داد که نمونه‌های فاقد ساکارز رنگ روشن‌تری در مقایسه با نمونه کنترل داشتند و با کاهش غلظت قند الکلی از روشنی رنگ پوسته کاسته شد.

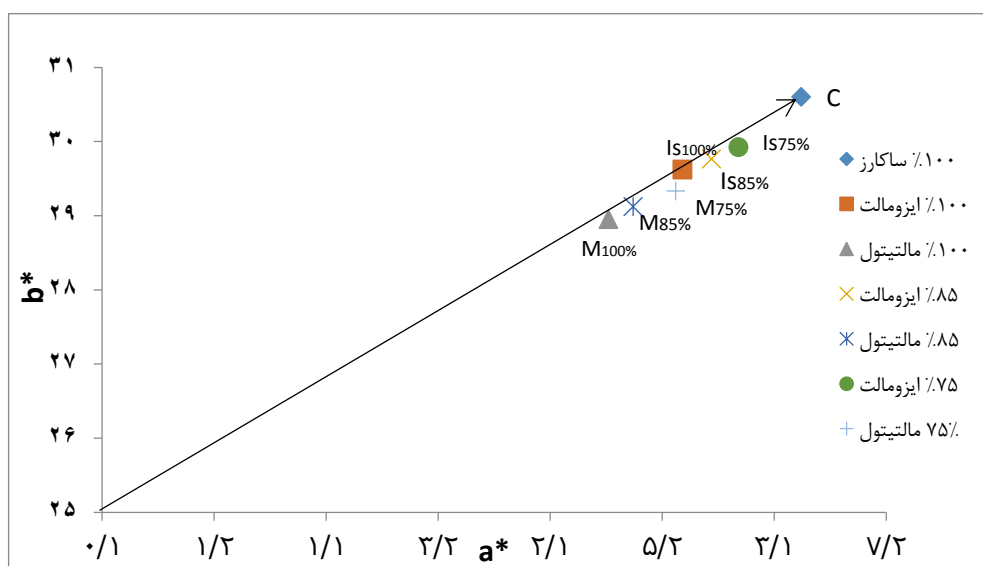
نتایج حاصل از ارزیابی رنگ در شکل‌های ۷ و ۸ و نشان داده شده است. شاخص روشنی رنگ پوسته (L^*) در کیک‌های اسفنجی فاقد ساکارز به طور معنی‌داری به نسبت نمونه کنترل بالاتر است و در نتیجه رنگ پوسته روشن‌تری در مقایسه با نمونه کنترل دارند ($P < 0.05$). شاخص a^* در تیمارهای فاقد ساکارز به طور معنی‌داری کمتر از نمونه کنترل است، اما مقدار شاخص b^* به نسبت نمونه کنترل بالاتر است ($P < 0.05$). کیک‌های حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول رنگ پوسته روشن‌تری در مقایسه با نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت دارند. شاخص روشنی رنگ مغز کیک در نمونه‌های فاقد ساکارز به طور معنی‌داری پایین‌تر از نمونه کنترل است ($P < 0.05$). شاخص روشنی نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت به طور معنی‌داری کمتر از سایر



شکل ۷. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر مؤلفه L^*



شکل ۸. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر مؤلفه a^* و b^* پوسته کیک


 شکل ۹. اثر سطوح گوناگون ساکارز و ایزومالت و مالتیتول بر مؤلفه a^* و b^* مغز کیک

ارزیابی حسی

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، از نظر رنگ پوسته تیمار کنترل بیشترین امتیاز را از نظر ارزیابی‌های حسی کسب کرد و کمترین امتیاز به تیمار حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول تعلق داشت. تیمار شاهد بیشترین امتیاز و تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت نیز کمترین امتیاز را از نظر رنگ مغز کیک به دست آورد. نمونه حاوی ۷۵ درصد مالتیتول، ۲۵ درصد ساکارز بیشترین امتیاز را از نظر ویژگی شکل ظاهری محصول به دست آورد و کمترین امتیاز را نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت از نظر ارزیابی‌های حسی کسب کرد. از نظر بافت نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت به نسبت سایر نمونه‌ها امتیاز بیشتری داشت و کمترین امتیاز به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد مالتیتول تعلق داشت. تیمار

حاوی ۷۵ درصد مالتیتول، ۲۵ درصد ساکارز بیشترین امتیاز و کمترین امتیاز را تیمار حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت از نظر ویژگی عطر و طعم کسب کرد. از نظر ارزیابی‌های حسی نمونه حاوی ۷۵ درصد مالتیتول، ۲۵ ساکارز در مجموع روزهای ۱ و ۷ و ۱۴ و ۲۱ نگهداری بیشترین امتیاز و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ایزومالت کمترین امتیاز را به دست آورد و اختلاف آن از نظر آماری با نمونه حاوی ۷۵ درصد مالتیتول، ۲۵ درصد ساکارز معنی‌دار بود ($P < 0.05$). نتایج حاصل از ارزیابی حسی در این تحقیق با نتایج Ronda *et al.* (2005) مطابقت و همخوانی داشت. آنها اعلام کردند که نمونه‌های حاوی مالتیتول به نسبت سایر قندهای الکلی امتیاز بیشتری داشتند.

 جدول ۲. آنالیز حسی کیک اسفنجی در طول دوره نگهداری به روش دانکن ($\alpha = 0.05$)

تیمار	رنگ پوسته	رنگ مغز کیک*	شکل ظاهری	بافت**	عطر و طعم	پذیرش کلی
۱۰۰ درصد ساکارز	$4/29 \pm 0.4^a$	$4/42 \pm 0.4^a$	$4/32 \pm 0.3^a$	$3/14 \pm 0.5^a$	$4/11 \pm 0.3^a$	$4/03 \pm 0.2^a$
۱۰۰ درصد ایزومالت	$3/1 \pm 0.2^c$	$3/6 \pm 0.3^b$	$2/96 \pm 0.2^d$	$3/35 \pm 0.5^a$	$2/62 \pm 0.3^d$	$3/06 \pm 0.4^b$
۱۰۰ درصد مالتیتول	$2/64 \pm 0.3^d$	$3/68 \pm 0.3^b$	$3/24 \pm 0.3^c$	$2/79 \pm 0.4^b$	$3/31 \pm 0.3^{cd}$	$3/1 \pm 0.3^b$
۸۵ درصد ایزومالت، ۱۵ درصد ساکارز	$3/41 \pm 0.2^c$	$3/82 \pm 0.2^{ab}$	$3/57 \pm 0.3^c$	$3/22 \pm 0.3^a$	$2/96 \pm 0.4^d$	$3/34 \pm 0.4^b$
۸۵ درصد مالتیتول، ۱۵ درصد ساکارز	$4/1 \pm 0.3^b$	$4/17 \pm 0.5^a$	$4/17 \pm 0.3^{ab}$	$2/83 \pm 0.1^b$	$3/95 \pm 0.4^{ab}$	$3/82 \pm 0.4^a$
۷۵ درصد ایزومالت، ۲۵ درصد ساکارز	$4/18 \pm 0.3^{ab}$	$4/25 \pm 0.3^a$	$3/93 \pm 0.2^{bc}$	$3/15 \pm 0.3^a$	$3/5 \pm 0.2^{bc}$	$3/75 \pm 0.3^a$
۷۵ درصد مالتیتول، ۲۵ درصد ساکارز	$4/27 \pm 0.4^a$	$4/37 \pm 0.4^a$	$4/42 \pm 0.6^a$	3 ± 0.3^{ab}	$4/23 \pm 0.5^a$	$4/06 \pm 0.5^a$

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به پایین بودن میزان کالری و جذب آهسته پلی‌ال‌ها در بدن، از این ترکیبات می‌توان به عنوان جایگزین ساکارز در

فرمولاسیون کیک اسفنجی استفاده کرد و محصولی با ویژگی‌های مشابه و قابل قبول برای مصرف‌کننده به دست آورد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ایزومالت و مالتیتول

روشن‌تر شدن رنگ پوسته در مقایسه با نمونه کنترل گردید. از نظر ویژگی‌های بافتی نمونه‌های حاوی ایزومالت عملکرد بهتری را به نسبت نمونه‌های حاوی مالتیتول داشتند. در مجموع نمونه حاوی ۷۵ درصد مالتیتول به‌عنوان بهترین نمونه از نظر ارزیابی حسی انتخاب گردید، که مشابه نمونه کنترل بود و حتی در برخی از ویژگی‌ها از قبیل عطر و طعم و شکل ظاهری بهتر از نمونه کنترل بود.

می‌توانند به‌عنوان جایگزین مناسب ساکارز در فرمولاسیون کیک اسفنجی در نظر گرفته شوند و ترکیب ایزومالت، ساکارز و مالتیتول، ساکارز نتایج بهتری را ایجاد می‌کند. کیک‌های تهیه‌شده با مالتیتول فعالیت آبی بیشتر و میزان رطوبت کمتری به نسبت سایر نمونه‌ها داشتند. جایگزینی کامل قندهای الکلی در فرمولاسیون کیک اسفنجی موجب کاهش حجم و درصد تخلخل محصول شد. جایگزینی قندهای الکلی موجب

REFERENCES

- Akesowan, A. (2009). Quality of Reduced-Fat Chiffon Cakes Prepared With Erythritol-Sucralose as Replacement For Sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8,1383-1386.
- Anonymous, (2002), AACC Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemist (10th ed). *American Association of Cereal Chemistry*. Inc., st Paul.
- Baeva, M. R., Panchev, I. N. & Terzieva, V. V. (2000). Comparative study of Texture of Normal and Energy Reduced Sponge Cakes. *Nahrung*, 44, 242-246
- Baeva, M., Terzieva, V. & Panchev, N. (2003). Structural Development of Sucrose-Sweetened and Sucrose-Free Sponge Cakes during Baking. *Nahrung/Food*. 3,154-160.
- Bennion, E. B., & Bamford, G. S. T. (1997). The Technology of Cake Baking. London: *Blackie Academic and Professional*. (pp.66).
- Ching, L., Hsueh-Fang, W. & Sheng-Dun L. (2008). Effect of Isomaltooligosaccharide Syrup on Quality Characteristics of Sponge Cake, *Cereal Chemical*. 85,515-521.
- Dobrev, V., Hadjikinova, M. & Slavov, A., Hadjikinov, D., Dobrev, G., Zhekova, B. (2013). Functional Properties of Maltitol. *Agricultural Science and Technology*, 5(2),168-172.
- Frye, A. M. & Setser, C. S. (1991). Optimising Texture of Reduced Calorie Sponge Cakes. *Cereal Chemistry*, 69, 338-343.
- Hicsasmaz, Z., Yazgan, Y., Bozoglu, F. & Katnas, Z. (2003). Effect of Polydextrose – Substitution on The Cell Structure of The High-Ratio Cake System. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 36, 441-450.
- Lothrop, R.S. (2012). Physicochemical and Sensory Quality of Chiffon Cake Prepared With Rebaudioside-A and Erythritol as Replacement For Sucrose. *Department of Food Science and Human Nutrition*. 24-29.
- Lin, S.D., Hwang, C.F. & Yeh, C.H. (2003). Physical and Sensory Characteristics of Chiffon Cake Prepared With Erythritol as Replacement For Sucrose, *Journal of Food Science*, 68, 2107-2110.
- Manisha, G., Soumya, C., Indrani, D. (2012). Studies on Interaction Between stevioside, liquid Sorbitol, Hydrocolloids and Emulsifiers For Replacement of Sugar in Cakes. *Food Hydrocolloids*, 29,363-373.
- Mitchell, H. (2006). Sweeteners and Sugar Alternative in Food Technology: *Black Well Publishing*, 1st Edition. (pp. 177-249).
- Naghipour, F., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z. & Sahraian, B. (2012). Effect of Guar and Xanthan Gums. 127-139. (In farsi)
- Psimouli, V. & Oreopoulou, V. (2011). The Effect of Alternative Sweetener on Batter Rheology and Cake Properties, *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 99-105.
- Rodriguez, J., Puig, A., Salvador, A. & Hernando, I. (2012). Optimization of a Sponge Cake Formulation With Inulin as Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties, *Journal of Food Science*. 77,189-197.
- Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C.A. & Caballero, P.A. (2005). Effects of polyols and Nondigestible Oligosaccharides on The Quality of Sugar-Free Sponge Cakes, *Food Chemistry*, 90,549-555.
- Stauffer, C. E. (1990). Functional Additives For Bakery Foods. *New York: Van Nostrand Reinhold*. 43, (3),120-126.
- Zoulas, E., Oreopoulou, V. & Kounalaki, E. (2002). Effect of Fat and Sugar Replacement on Cookie Properties, *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 82,1637-1644.