تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۲۰/ شماره ۷۱/پاییز و زمستان ۱۴۰۰/ص ۸۴-۶۳

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک فنجانی تولید شده با شیرین‌کننده گز علفی (گزو)

ارمغان سالم[۱]، سید احمد شهیدی[۲*]، محبت محبی[۳] و الهام آل‌حسینی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، کارشناس واحد تحقیقات و توسعه گروه صنعتی نظری، تبریز، ایران

۲- دانشیار علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، آمل، ایران

۳- استاد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت:۹۸/۹/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش:۹۹/۹/۱

چکیده

کیک یکی از محصولات نانوایی پر مصرف و حاوی میزان زیادی شکر است. در سال‌های اخیر به علت توجه و علاقه مصرف‌کنندگان به مصرف غذاهای سلامت‌بخش و توجه به کاهش کالری در رژیم غذایی، غذاهای کم کالری با جایگزینی شکر جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. در این تحقیق، امکان تولید کیک فنجانی با استفاده از شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز بررسی شد. ویژگی‌هایی مانند وزن مخصوص خمیر کیک، حجم، دانسیته ظاهری، دانسیته جسمی، تخلخل، افت وزنی، رنگ پوسته و مغز، سفتی بافت کیک و ارزیابی حسی کیک بررسی شدند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد این جایگزینی (مصرف شیرین‌کننده گز علفی به جای ساکارز)، تفاوت معنی‌داری را در ویژگی‌هایی مانند وزن مخصوص، حجم، دانسیته ظاهری، تخلخل و سفتی کیک با نمونه کنترل ایجاد می‌کند. با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی، رنگ مغز و پوستهٔ کیک تیره‌تر می‌شود. بالاترین امتیاز ارزیابی حسی مربوط به نمونه‌ای است که در آن ۲۵ درصد شکر حذف و به جای آن شیرین‌کننده گز علفی مصرف شده است. نتایج بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهد کاربرد ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی به جای ساکارز موجب بهبود کیفیت کیک فنجانی نسبت به نمونه شاهد می‌شود و نمونه کیک دارای ۲۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی با توجه به بالاترین میزان حجم ۶۸ سانتی‌متر مکعب و وزن مخصوص ۱/۱۳، بالاترین کیفیت را به دست آورده است. با افزایش میزان شیرین‌کننده گز علفی برخی از ویژگی‌های کیفیتی کاهش پیدا می‌کند؛ ولی به دلیل کسب نمره بالا در آزمون حسی و اثرهای سلامت‌بخش شیرین‌کننده گز علفی به نظر می‌رسد می‌توان از آن به‌جای شکر در کیک استفاده کرد.

واژه‌ای کلیدی

شیرین‌کننده گز علفی، کیک فنجانی، آنالیز بافت

مقدمه

طعم شیرین در جهان لذت‌بخش‌ترین تجربه به‌حساب می‌آید و این احساس ممکن است ما را به انتخاب غذاهای پرانرژی با میزان کالری بالا ترغیب کند. از یک‌سو، نگرانی‌ها در مورد چاقی و بیماری‌های مرتبط با چاقی مانند دیابت، بیماری قلبی و فشارخون بالا در سراسر جهان در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه در حال افزایش است

* نگارنده مسئول: Email:a.shahidi@iauamol.ac.ir

http://doi: 10.22092/fooder.2020.128391.1250

© 2021,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

(Revels *et al.*, 2017) و از سوی دیگر، شکر با کالری بالایی که دارد در انواع زیادی از غذاها و نوشیدنی‌ها یافت می‌شود. کاهش یا حذف شکر در محصولات قنادی با توجه به اثرهای منفی، آگاهی دادن به مصرف‌کننده در مورد بیماری‌ها، و استراتژی‌های دولت برای کاهش قند در محصولات حاوی میزان شکر بالا، هدفی مهم در صنعت مواد غذایی محسوب می‌شود (O'Sullivan, 2017). کیک یکی از غذاهای پرکالری است که حاوی میزان بالایی شکر است. کیفیت کیک تحت تأثیر کیفیت و تعادل مواد تشکیل‌دهنده آن قرار دارد مانند آرد گندم، شکر، چربی، تخم‌مرغ و موادی که به ورآمدن خمیر کمک می‌کنند. کاهش میزان ساکارز روی ساختار، رنگ، شیرینی و مدت زمان ماندگاری کیک مؤثر است (Richardson *et al.*, 2018). ساکارز ماده‌ای است هیدروسکوپ و بنابراین به آب موجود در خمیر کیک متصل می‌شود. این امر باعث افزایش ویسکوزیته خمیر خواهد شد و دارای اهمیت زیادی است زیرا به حفظ حباب‌های گازی و افزایش حجم نهایی کیک کمک می‌کند. با پیوند شکر با آب، از هیدراتاسیون کامل پروتئین‌های آرد جلوگیری و مانع تشکیل شبکه گلوتن می‌شود (Perego *et al.*, 2007). ساکارز باعث افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوراسیون پروتئین تخم‌مرغ نیز می‌شود و به حباب‌های گازی اجازه می‌دهد تا قبل از تشکیل ژل گسترش یابند (Psimouli *et al.*, 2012). علاوه بر این، ساکارز برای قهوه‌ای شدن پوسته بسیار مهم است و وقتی در معرض گرما قرار گیرد به فروکتوز و گلوکز تجزیه می‌شود و در واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد شرکت می‌کند. ساکارز در دماهای بالا کاراملیزه می‌شود و رنگ قهوه‌ای ایجاد می‌کند (Purlis , 2010).

استراتژی موفق برای کاهش میزان ساکارز در کیک، جایگزین کردن ساکارز با شیرین‌کننده‌های کم‌کالری مانند مالتودکسترین، پلی دکستروز، سلولز، قندهای الکلی، اینولین، یا الیاف گیاهی است (Gómez *et al.*, 2010). برخی از این مواد که به‌جای شکر مصرف می‌شوند موجب افزودن خواص پری‌بیوتیک یا افزایش مقدار فیبرهای رژیمی نیز می‌شوند (Devereux *et al.*, 2003; Rose *et al.*, 2010).

میلنر و همکاران (Milner *et al.*, 2019) خصوصیات فیزیکی، بافتی و حسی کیک با میزان شکر کاهش‌یافته را با اضافه کردن تفاله سیب، پودر آب‌پنیر، الیگو فروکتوز، پلی‌دکستروز بررسی کردند و نشان دادند که کیک حاوی تفاله سیب کمترین میزان وزن مخصوص و بیشترین میزان سفتی مغز کیک را دارد. این محققان همچنین گزارش می‌دهند افزودن الیگوفروکتوز، پودر آب‌پنیر و پلی‌دکستروز اثر معنی‌داری بر میزان رطوبت مغز کیک دارد.

در تحقیقی دیگر، نورمحمدی و همکاران (Nourmohammadi *et al.*, 2016) اثر زایلیتول و الیگوفروکتوز را در تولید کیک اسفنجی کم‌کالری بررسی کردند و نشان دادند که میزان حجم و تخلخل کیک افزایش و میزان دانسیته ظاهری کاهش می‌یابد و میزان رنگ پوسته نیز تیره‌تر می‌شود.

کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2012) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک اسفنجی تولیدشده با پودر انجیر، نشان دادند که وزن مخصوص و بازده خمیر با افزودن پودر انجیر افزایش و فاکتور L و قرمزی مغز کیک کاهش می‌یابد ضمن

اینکه فاکتور زردی و اختلاف رنگ کل افزایش پیدا می‌کند. در آنالیز بافت کیک نیز سفتی و صمغیت با افزایش میزان پودر انجیر کاهش می‌یابد.

در مطالعه‌ای دیگر اثر جایگزین کردن شکر با استیوزوئید، سوربیتول مایع، هیدروکلوئید و امولسیفایر با و بدون ۱۰ درصد پودر شنبلیله تلخی‌زدایی شده روی ویژگی‌های رئولوژیکی، ریزساختاری و ویژگی‌های کیفیتی کیک بررسی شد (Manisha *et al*., 2012).

نورمحمدی و همکاران (Nourmohammadi *et al*., 2012) تأثیر جایگزینی ساکارز با قندهای الکلی (سوربیتول، مالتیتول، اریتریتول، زایلیتول) و آسپارتام را بر کیفیت و ویژگی‌هایی مانند وزن مخصوص و قوام خمیر کیک و حجم، دانسیته، تخلخل و ... کیک پخته شده بررسی کردند و نشان دادند جایگزین کردن ساکارز با قندهای الکلی منجر به کاهش حجم، تخلخل و دانسیته جسمی کیک می‌شود.

در تحقیقی دیگر، اثر جایگزینی قند مایع خرما با قند اینورت در کیک لایه‌ای بررسی و نشان داده شد که جایگزینی ۵۰ درصد قند مایع خرما با اینورت در کیک لایه‌ای با توجه به ارزیابی حسی و نرمی بافت، مناسب است (Ahmadi *et al*., 2010).

آکیسوان (Akesowan, 2009) کیفیت کیک چیفون تولیدشده با اریتول- سوکرالوز به جای شکر را بررسی کرد و نشان داد که کیک‌های تولیدشده با میزان بیشتر اریتول- سوکرالوز، در مقایسه با نمونه تهیه‌شده با ساکارز، دارای رنگ پوسته تیره‌تر، رطوبت بیشتر، نرمی و شیرینی کمتر است.

در مطالعه‌ای دیگر، اثر جایگزینی پلی‌دکستروز در کیک بر ساختار خمیر کیک (زمان ریزش امولسیون، متوسط اندازه حباب‌ها، توزیع اندازه و یکنواختی) و ویژگی‌های کیک (ارتفاع کیک، متوسط اندازه منافذ، اندازه و شکل توزیع) بررسی شد (Kocer *et al*., 2007).

لی و همکاران (Lee *et al*., 2008) اثر ایزومالتو الیگوساکارید را روی ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی بررسی و مشاهده کردند که ویسکوزیته خمیر کیک، حجم کیک و محتوای ایزومالتوالیگوساکارید در کیک پخته شده با افزایش میزان شربت این افزودنی، افزایش می‌یابد.

لین و همکاران (Lin *et al*., 2006) تأثیر اریتول را روی ویژگی‌های حسی و فیزیکی کیک چیفون بررسی و اعلام کردند که کیک چیفون آماده شده با ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد اریتول، نسبت به کیک‌های تولید شده با ساکارز، رنگ پوسته و مغز روشن‌تر و شیرینی کمتری در پوسته دارند؛ اما در وزن مخصوص کیک، حجم و مقدار رطوبت بین کیک‌های آماده شده با ساکارز یا اریتول تفاوتی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود.

در تحقیق دیگری، اثر قندهای الکلی و الیگوساکاریدهای غیرقابل هضم روی کیفیت کیک اسفنجی بدون شکر بررسی و نشان داده شد که نمونه‌های حاوی زایلیتول و مالتیتول دارای ویژگی‌های مشابه با نمونه شاهد تهیه شده با ساکارز هستند و بالاترین امتیاز آزمون حسی را به دست آوردند (Ronda *et al*., 2005).

مان‌ها موادی با طعم کمی شیرین و ملایم هستند که به‌طور طبیعی یا بر اثر گزش حشرات یا با ایجاد شکاف در تنه درختان یا از برگ گیاهان مختلف خارج می‌شود (Mabody, 2000). برخی از مان‌ها همچون گز انگبین، ترنجبین، گز شهداد و گز علفی تنها منحصر به مناطقی در ایران است و انحصار جهانی دارد (Takavar & Mohamadi,

(2008). گز علفی که به نام‌های مان کردی و گزو نیز نامیده می‌شود، یکی از محصولات فرعی و با ارزش جنگل‌های بلوط غرب کشور به‌خصوص زاگرس شمالی است که به‌صورت شهدی غلیظ در اثر فعالیت پوره‌ها و حشرات کامل دو گونه شته روی برگ‌ها و شاخه‌های جوان گونه‌های بلوط غرب ایران با نام علمی *Quercus infectoria* به شکل شبنم حاصل و در مجاورت هوا سخت و متبلور می‌شود؛ که به علت وجود ناخالصی‌های فراوان از برگ گیاه مولد، به شکل قطعاتی سبز رنگ مشاهده می‌شود (Takavar& Mohamadi, 2008). فصل تولید و بهره‌برداری گز علفی در منطقه زاگرس بهار (اواخر بهار و اوایل تابستان) و پاییز (از نیمه دوم شهریور تا نیمه مهرماه قبل از باران‌های پاییزی) است. گز علفی بهاره از لحاظ تمیز بودن و روشن‌تر بودن رنگ مرغوب‌تر از گز علفی تابستانه است. گز علفی خالص به‌صورت پودری سفید یا شیری رنگ جمع‌آوری می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2003). با توجه به شیرینی مناسب، ملین بودن و همچنین دارا بودن مقدار کمی ویتامین ث و چند نوع پلی ساکارید دیگر، این ماده قندی دارای ارزش غذایی و دارویی فراوانی است. در طب نوین، گز علفی جزو ملین‌های قندی محسوب می‌شود؛ ولی در طب سنتی و در طب عوام گز علفی برای درمان زخم‌های گوارشی مثل روده، معده، التهاب اثنی عشر، پایین آورنده تب، رفع درد دهان و التهاب گلو مصرف می‌شود (Mohammadi *et al.*, 2003; Takavar & Mohamadi , 2008).

در این پژوهش به‌منظور حذف شکر در فرمولاسیون کیک فنجانی، گز علفی در ۵ سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، و ۱۰۰ درصد) به جای شکر استفاده و ویژگی‌های وزن مخصوص خمیر، حجم کیک، دانسیته، تخلخل، رطوبت، افت وزنی، رنگ پوسته و مغز کیک، سفتی و خواص ارگانولپتیکی محصول بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

روغن (اویلا)، شکر، تخم‌مرغ، آرد نول، بیکینگ‌پودر (مهسا)، شیر کم‌چرب (کاله) و وانیل پودری (برند خرسی، چین) از فروشگاه‌های مواد غذایی در شهر آمل تهیه و شیرین‌کننده گز علفی نیز از روستاهای اطراف بانه خریداری شد. برای حفظ تازگی و کیفیت کیک، تخم‌مرغ به شکل روزانه خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. ویژگی‌های آرد نول و شیرین‌کننده گز علفی مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیرین‌کننده گز علفی و آرد نول

گز علفی		آرد نول	
ویژگی	میزان (درصد)	ویژگی	میزان (درصد)
فیبر	۸/۵۵±۰/۰۷	رطوبت	۱۳±۰/۱۲
قند کل	۱۹/۵۶±۰/۰۰۸	خاکستر	۰/۵±۰/۰۹
خاکستر	۲۰±۰/۲۳	پروتئین	۹±۰/۲۵
		گلوتن مرطوب	۲۵±۰/۰۶

روش‌ها

آماده‌سازی کیک فنجانی

به‌منظور تهیه کیک فنجانی با فرمولاسیون اشاره شده در جدول ۲، از روش مخلوط کردن چند مرحله‌ای استفاده شد.

سفیده تخم‌مرغ با همزن (براون- آلمان) با دور بالا تا زمان پف کردن کامل آن هم زده شد. در ظرفی دیگر زرده تخم‌مرغ، شکر و وانیل به مدت ۵ دقیقه با دور بالا با همزن مخلوط و سپس شیر و روغن به آن اضافه شد.

مخلوط به مدت ۱ دقیقه با دور آهسته هم‌زده شد و آرد و بیکینگ‌پودر الک شده (الک با مش ۱۸۰ میکرون) به مخلوط اضافه و در انتها نیز سفیده تخم‌مرغ به بقیه مواد اضافه شد. خمیر کیک تهیه‌شده با وزن‌های یکسان درون قالب‌های سیلیکونی فنجانی (قطر بالای قالب ۷/۵، قطر کف قالب ۵ و ارتفاع ۶ سانتی‌متر) ریخته شد؛ قالب‌ها در آون (مینرت-آلمان) در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۰ دقیقه پخته شدند. پس از اتمام فرآیند پخت، نمونه‌ها به مدت ۴۰ تا ۴۵ دقیقه در دمای محیط خنک و به‌منظور اجرای آزمایش‌های بعدی، بسته‌بندی و در دمای اتاق نگهداری شدند. پخت نمونه‌ها و آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی در ۳ تکرار ادامه یافت.

جدول ۲- فرمولاسیون تهیه کیک فنجانی

مواد اولیه	فرمولاسیون با ۱۰۰ درصد شکر	۲۵ درصد گز علفی	۵۰ درصد گز علفی	۷۵ درصد گز علفی	۱۰۰ درصد گز علفی
آرد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
سفیده تخم‌مرغ	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴	۲۴/۴
زرده تخم‌مرغ	۱۵/۷	۱۵/۷	۱۵/۷	۱۵/۷	۱۵/۷
شکر + گز علفی	۶۶/۶۷	۱۶/۶۶+۵۰	۳۳/۳۳+۳۳/۳۳	۱۶/۶۶+۵۰	۶۶/۶۷
روغن	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸
شیر	۶۷/۳۳	۶۷/۳۳	۶۷/۳۳	۶۷/۳۳	۶۷/۳۳
وانیل	۱/۶۷	۱/۶۷	۱/۶۷	۱/۶۷	۱/۶۷
بیکینگ‌پودر	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳	۳/۳۳

وزن مخصوص خمیر کیک

وزن مخصوص خمیر کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر کیک به وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر آب محاسبه شد (Lin *et al.*, 2003; McCullough *et al.*, 1986). برای این کار از استوانه مدرج خالی و ترازو (Sartorius AG GERMANY-TE612) استفاده و درنهایت وزن مخصوص خمیر کیک از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$\text{وزن مخصوص خمیر کیک} = \frac{\text{وزن استوانه مدرج خالی} - \text{وزن استوانه با خمیر}}{\text{وزن استوانه مدرج خالی} - \text{وزن استوانه مدرج با آب مقطر}} \quad (۱)$$

حجم کیک

برای محاسبه حجم کیک از روش لین و لین (Lin & Lin, 2001) و از رابطه ۲ استفاده شد. ابتدا قالب خالی کیک با دانه‌های کلزا پر شد. حجم قالب

خالی کیک (v_1) بر اساس حجم دانه‌های کلزا با استوانه مدرج تعیین شد. بعد از پخت باقیمانده حجم ظرف کیک (v_2) با دانه‌های کلزا پر و به همان ترتیب حجم دانه‌های کلزا با استوانه مدرج تعیین شد و سرانجام حجم از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$\text{حجم کیک} = (V_1) - (V_2) \qquad (۲)$$

که در آن،

V_1= حجم اولیه؛ و V_2= حجم نهایی.

دانسیته جسمی

دانسیته جسمی با استفاده از روش پیکنومتری تعیین شد (Kocer *et al.*, 2007).

دانسیته ظاهری

برای محاسبه دانسیته ظاهری نمونه‌ها، از نسبت وزن کیک بعد از پخت به حجم کیک (روش توضیح داده شده در بخش ۲-۲-۳) استفاده شد (Nourmohammadi *et al.*, 2016).

تخلخل

تخلخل نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۳ تعیین شد (Nourmohammadi *et al.*, 2016).

$$\text{تخلخل} = 1 - \frac{\text{دانسیته ظاهری}}{\text{دانسیته جسمی}} \qquad (۳)$$

افت وزنی

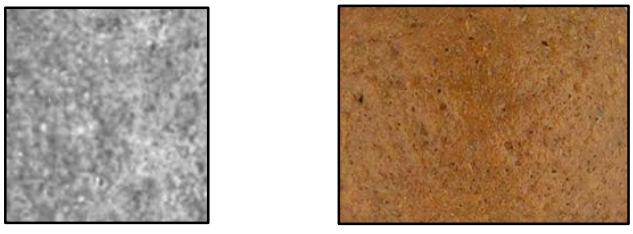
برای اندازه‌گیری افت وزنی، قالب خالی کیک وزن و ۳۰ گرم خمیر کیک داخل آن ریخته شد. کیک در فر قرار داده شد و ۲۰ دقیقه بعد از پخت، کیک و قالب دوباره وزن شدند و افت وزنی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (Aghamohammadi *et al.*, 2012):

$$\text{میزان افت حین پخت} = \text{وزن کیک} - \text{وزن خمیر} \qquad (۴)$$

رنگ پوسته و مغز کیک

رنگ پوسته و مغز کیک با تکنیک پردازش تصویر با استفاده از دستگاه تصویربرداری به شماره ثبت ۷۸۲۱۹ در روزهای اول، دهم و بیستم بعد از پخت کیک اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که برای اندازه‌گیری رنگ پوسته و مغز کیک، نمونه در دستگاه تصویربرداری در فاصله ۲۰ سانتی‌متر از لنز دوربین (مدل NIKON- E3200) قرار داده شد و از نمونه‌ها عکس گرفته شد (فلاش خاموش، زوم خاموش، f/28=f-stop، Exposure time= ۱/۹۴ ثانیه، سرعت ایزو= ایزو-۵۰، فاصله کانونی= ۶ میلی‌متر، حداکثر دیافراگم=۳).

پس از تصویربرداری، از عکس‌ها بخش‌های ۵۰۰×۵۰۰ پیکسل جدا و با فرمت BMP ذخیره شدند. با نرم‌افزار ImageJ1.40g با برنامه تحت Imagej با عنوان Color_Space_Converter پردازش تصاویر کیک و تبدیل فضای رنگی RGB به L*a*b صورت گرفت (شکل ۱).



(ب) (الف)

شکل ۱- نمونه تصویر گرفته شده (الف) و نمونه تصویر تبدیل‌شده (ب)

آنالیز پروفایل بافت

در روزهای اول، دهم و بیستم بعد از پخت کیک، از دستگاه آنالایزر بافت (Brookfield-Model Ct3 10K) و با روش AACC2000 در دمای محیط برای آنالیز پروفایل بافت (آزمون TPA) استفاده شد. برای این کار نمونه‌ای استوانه‌ای به ارتفاع ۲ سانتی‌متر و قطر ۳ سانتی‌متر از بافت مغز کیک جدا و پس از قرارگیری در زیر دستگاه، ۲۵ درصد بافت نمونه با پروب دستگاه فشرده و سفتی بافت کیک اندازه‌گیری شد. نیروی وارد شده از دستگاه ۵۰ نیوتن، سرعت پروب دستگاه ۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه و قطر پروب ۵۰ میلی‌متر بود و بر این اساس ویژگی سختی نمونه‌ها بررسی شد.

ویژگی‌های ارگانولپتیک

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی کیک‌های آماده‌شده، از یک آزمون تحلیل توصیفی کمی (QDA) استفاده شد. با توجه به توانایی‌های اولیه فردی در توصیف و تمایز ویژگی‌های حسی ۱۰ نفر ارزیاب (دانشجویان دانشکده کشاورزی) انتخاب شدند پس از آموزش‌های لازم، افراد در ارزیابی‌های انفرادی و بر اساس یک مقیاس خطی امتیازی، عدد ۱ (بسیار بد) تا ۱۰ (بسیار خوب) ویژگی‌های حسی را در محصول امتیازدهی کردند. بدین ترتیب از هر تیمار تعدادی نمونه تهیه شد و نمونه‌ها با کدهای سه‌رقمی به‌صورت تصادفی به همراه فرم نظرخواهی و به‌منظور جلوگیری از اثر ماندگار طعم نمونه آزمون شده، آب‌معدنی هم‌دما با محیط، برای ارزیابی ویژگی‌هایی چون رنگ، شیرینی، بافت و پذیرش کلی به ارزیابان داده شد.

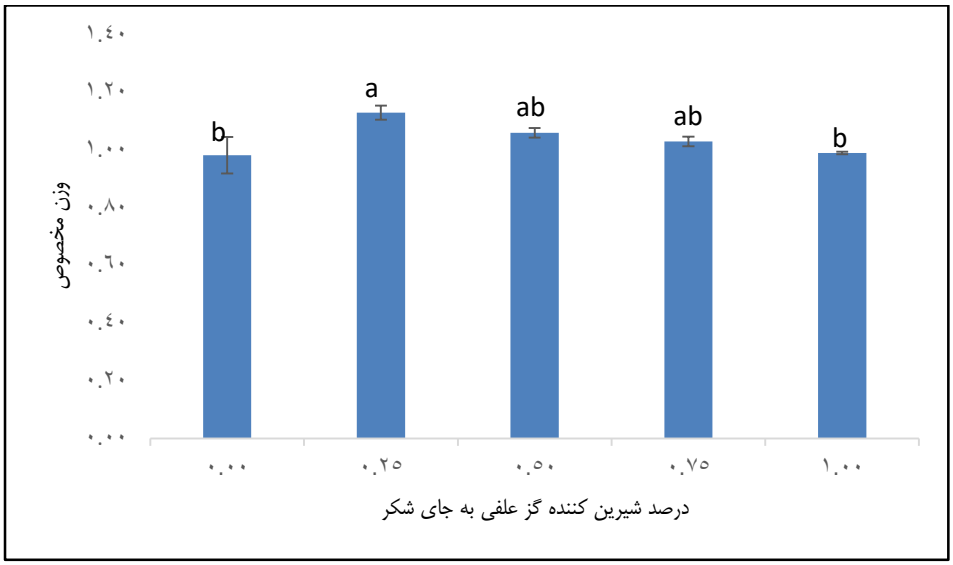
تجزیه‌وتحلیل آماری

ویژگی‌های وزن مخصوص خمیر، حجم کیک، دانسیته، تخلخل، رطوبت و افت وزنی کیک در این پژوهش تحت تأثیر شیرین‌کننده گز علفی، با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با نرم‌افزار minitab16.2 تجزیه‌وتحلیل آماری شدند. میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح اطمینان ۹۵ درصد مقایسه شد. همچنین اثر گز علفی و روز نگهداری کیک و اثر متقابل آنها بر سفتی بافت، رنگ مغز و پوسته کیک با استفاده از طرح فاکتوریل بررسی گردید.

نتایج و بحث

وزن مخصوص خمیر

مطابق نتایج تجزیه واریانس میانگین وزن مخصوص (شکل ۲) خمیر کیک با ۵ سطح شیرین‌کننده گز علفی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) تفاوت معنی‌داری ($P<0.05$) در بین نمونه‌ها مشاهده شد. بیشترین و کمترین وزن مخصوص به ترتیب در تیمار با ۲۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی و نمونه شاهد دیده شد. با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد، میانگین وزن مخصوص نمونه کاهش یافت.



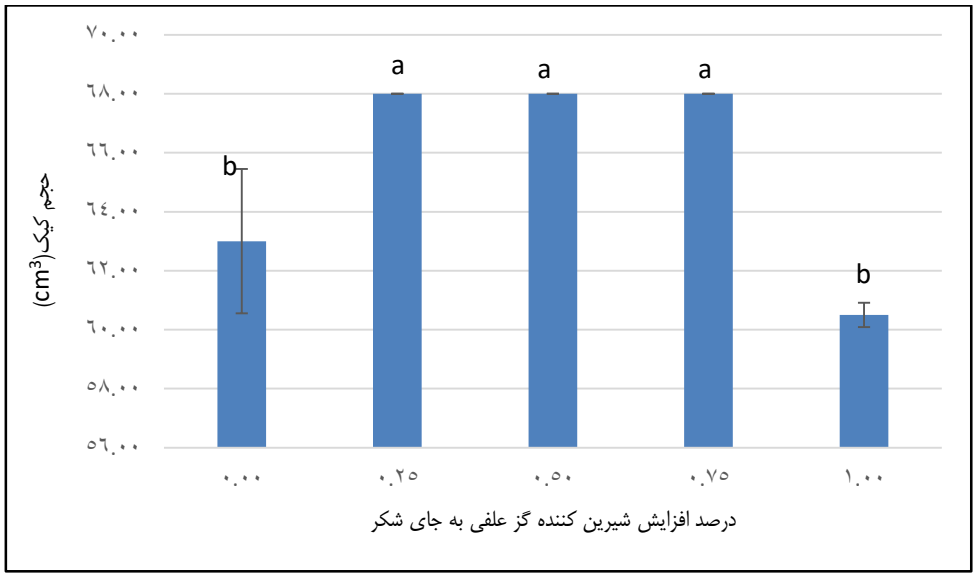
شکل ۲- میانگین وزن مخصوص خمیر با افزودن شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

وزن مخصوص خمیر کیک یکی از خواص فیزیکی بسیار مهم و نشان‌دهنده کل ظرفیت نگهداری هوای خمیر به‌هنگام مخلوط کردن است (Frye & Setser, 1992). اختلاط هوا وابسته به دو عامل است: هوادهی (سرعت هم زدن و طراحی) و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خمیر (ویسکوزیته و کشش سطحی) (Sahi *et al.*, 2003). در این مطالعه، تفاوت اصلی خمیر کیک در نوع شیرین‌کننده مورد استفاده بود. به نظر می‌رسد که کمتر بودن وزن مخصوص خمیر شاهد نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی را می‌توان به ورود راحت‌تر حباب‌های هوا به خمیر کیک در حضور ساکارز نسبت داد. وزن مخصوص مشابه در نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی را می‌توان به توانایی یکسان خمیر تهیه‌شده با این دو قند در نگهداری حباب‌های هوا به هنگام مخلوط کردن خمیر نسبت داد (Lee *et al.*, 2008). در یکی از تحقیقات از آسپارتام، فروکتوز و پلی دکستروز به جای ساکارز در کیک‌های کم‌کالری استفاده و نشان داده شد که این خمیرها، در مقایسه با نمونه شاهد، دارای حباب‌های هوای کمتر (وزن مخصوص بیشتر) بودند (Pong *et al.*, 1991). باوا و همکاران (Baeva *et al.*, 2000) در استفاده از آسپارتام و سوربیتول نتایجی دیگر به دست آورده‌اند. چانگ و همکاران (Chung *et al.*, 2009) با کاربرد اریتریتول به‌جای ساکارز گزارش دادند که وزن مخصوص خمیر کیک با بالا رفتن غلظت اریتریتول افزایش می‌یابد. لو و همکاران (Lu *et al.*, 2010) نیز نشان دادند که با افزایش وزن مخصوص کیک، حجم کیک کاهش می‌یابد. این محققان می‌گویند این رابطه احتمالاً به علت بالا رفتن ویسکوزیته خمیر در نتیجه افزایش جایگزینی آرد است و موجب ضعیف شدن شبکه گلوتن شده است. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج پژوهش‌های میلنر و همکاران (Milner *et al.*, 2019) مطابقت دارد.

حجم کیک

شکل ۳ نموداری از ارتباط حجم کیک‌های تهیه شده با درصدهای متفاوت شیرین‌کننده گز علفی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، در

بین تیمارها تفاوت معنی‌داری ($P<0.05$) مشاهده می‌شود. نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که بیشترین حجم در تیمارهایی حاوی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی و کمترین میزان حجم مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی است که از لحاظ آماری با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد.



شکل ۳- حجم کیک با افزودن درصدهای متفاوت از شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

حجم کیک نشان‌دهنده میزان هوا، بخار آب تولیدشده و دی اکسیدکربن و میزان تغییرات آن در طول پخت خمیر کیک است. عوامل نگه‌دارنده آب و افزودنی‌های شرکت‌کننده در فرآیند پخت تعیین‌کننده این ویژگی هستند (Baeva *et al.*, 2000).

کاهش حجم کیک‌های حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی، به‌رغم وزن مخصوص بیشتر خمیر، نسبت به سایر نمونه‌ها، را می‌توان به دلایل زیر نسبت داد:

در مرحله پخت، پایداری خمیر به علت کاهش ویسکوزیته و افزایش اندازه حباب‌های هوا کاهش می‌یابد. به دلیل تغییر در مکانیسم‌هایی که به واسطه برهم‌کنش میان ترکیبات بافت‌دهنده، پروتئین‌ها و نشاسته بر دمای ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوره شدن پروتئین اثر می‌کند.

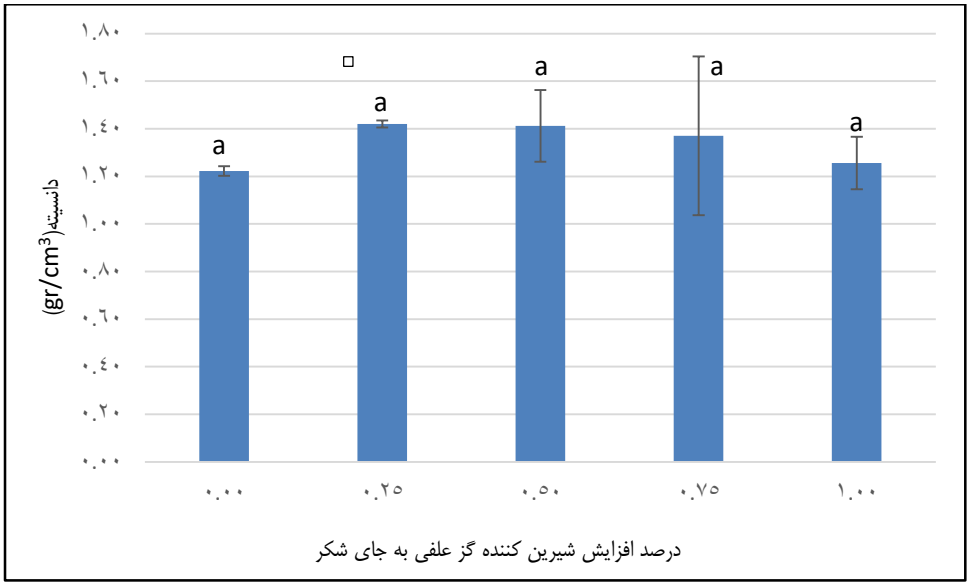
کاهش در هر یک از این دو دما باعث تشکیل زود هنگام ماتریکس پروتئینی و نشاسته می‌شود و به علت کاهش سرعت انتقال گرما به سطح از انبساط حباب‌های هوا جلوگیری می‌کند (Ronda *et al.*, 2005).

ساکارز از طریق به تأخیر انداختن ژلاتینه شدن نشاسته و دناتوره شدن پروتئین‌های آرد باعث انبساط حباب‌های هوا به واسطه وجود دی‌اکسیدکربن و بخار آب شده و باعث ایجاد حجم و تخلخل در کیک خواهد شد (Baeva *et al.*, 2000). افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته بر اثر ساکارز به دلیل پیوند بین شکر و مولکول‌های آب است و در نتیجه میزان آب در دسترس نشاسته کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان ساکارز از اثر نرم‌کنندگی این قند کاسته می‌شود و بنابراین حرارت بیشتری برای رسیدن به مرحله ژلاتینه شدن نیاز خواهد بود

(Richardson *et al.*, 2003). با افزایش مقدار مواد افزودنی (افزودن شیرین‌کننده گز علفی که حاوی فیبر بالایی است)، پروتئین گلوتن رقیق می‌شود و در شکل‌گیری شبکه گلوتن اختلال ایجاد می‌کند. این رقیق شدن ساختار مغز محصول را تغییر می‌دهد و باعث اختلال در احتباس دی‌اکسیدکربن می‌شود، پتانسیل تخریب شبکه گلوتن را به‌هنگام پخت افزایش می‌دهد و به دنبال آن حجم محصول پخت شده کاهش می‌یابد (Pomeranz *et al.*, 1977). نتایج تحقیقات لی و همکاران (Lee *et al.*, 2008) نشان می‌دهد با افزایش میزان ایزومالتوالیگو ساکارید حجم کیک افزایش می‌یابد و کمترین میزان حجم مربوط به نمونه شاهد است. نتایج تحقیقات روندا و همکاران (Ronda *et al.*, 2005) نشان می‌دهد استفاده از اولیگوفروکتوز در فرمول خمیر کیک به‌صورت ترکیبی با ساکارز و قندهای الکلی باعث ایجاد دانسیته و حجم کیک مشابه با نمونه کنترل (۱۰۰ درصد ساکارز) می‌شود. به‌علاوه، استفاده از عوامل حجم دهنده مناسب‌تر و تخم‌مرغ زده شده کمک شایانی به بهبود حجم کیک خواهد کرد. جایگزین کردن ساکارز با آسپارتام باعث کاهش میزان حباب‌های هوا در خمیر کیک و کاهش حجم کیک می‌شود (Pong, 1990). در پژوهشی دیگر نشان داده شد که ممکن است فیبر موجود در تفاله سیب با آبی که به‌طورمعمول از خمیر خارج می‌شود، باند شود و از انبساط کامل حباب‌ها جلوگیری کند و به کاهش حجم کیک بینجامد. نتایج این پژوهش با نتایج میلنر و همکاران (Milner *et al.*, 2019) مطابقت دارد.

دانسیته جسمی

دانسیته جسمی هر ماده غذایی از محاسبه نسبت جرم به حجم واقعی (بدون در نظر گرفتن حجم خلل و فرجهای باز و بسته) اندازه‌گیری می‌شود. با افزایش شیرین‌کننده گز علفی دانسیته جسمی کیک کاهش می‌یابد (شکل ۴)، که به نظر می‌رسد درنتیجه خروج سریع‌تر حباب‌های هوا از بافت کیک در حضور شیرین‌کننده گز علفی باشد، هر چند این کاهش از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ($P<0.05$) ندارد.

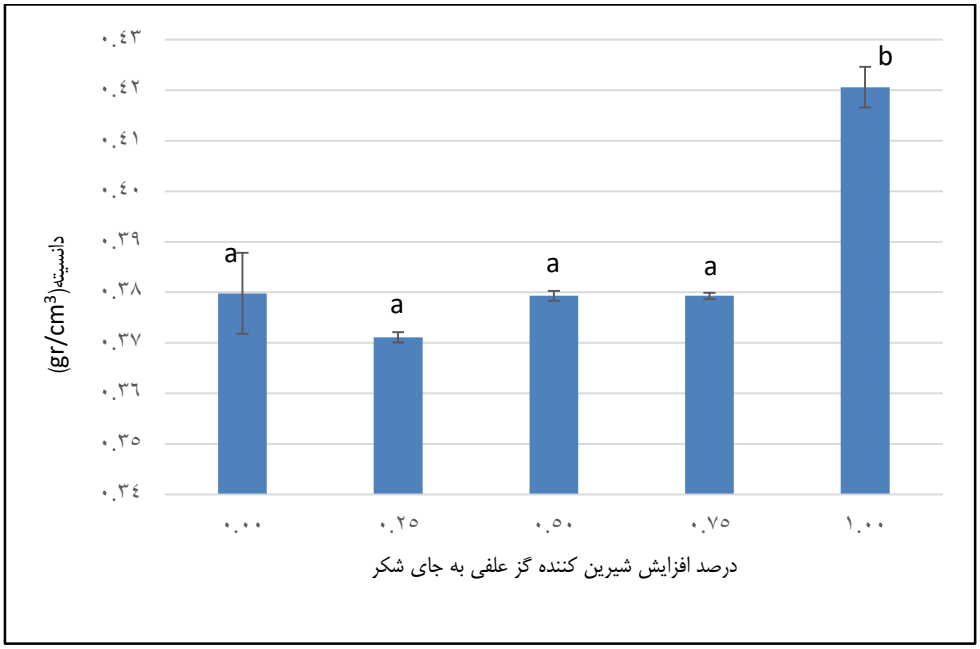


شکل ٤- میانگین دانسیته جسمی با افزودن شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

دانسیته ظاهری

مطابق نتایج تجزیه واریانس میانگین دانسیته ظاهری خمیر کیک تفاوت معنی‌داری ($P<0.05$) در بین نمونه‌های حاوی صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی مشاهده می‌شود.

بیشترین و کمترین میزان دانسیته ظاهری به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد و ۲۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی است (شکل ۵).



شکل ۵- میانگین دانسیته ظاهری با افزودن شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش با این نکته همخوانی دارد که هر چه حجم کیک بیشتر باشد، آن کیک دانسیته ظاهری کمتری دارد. به نظر می‌رسد، افزایش دانسیته ظاهری در کیک‌های حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی را می‌توان به رقیق شدن شبکه گلوتن نسبت داد که موجب اختلال در احتباس دی‌اکسیدکربن می‌شود و پتانسیل تخریب شبکه گلوتن را در حین پخت افزایش می‌دهد؛ افزایش دانسیته ظاهری در این کیک‌ها را می‌توان به کاهش حجم محصول پخته شده نیز نسبت داد.

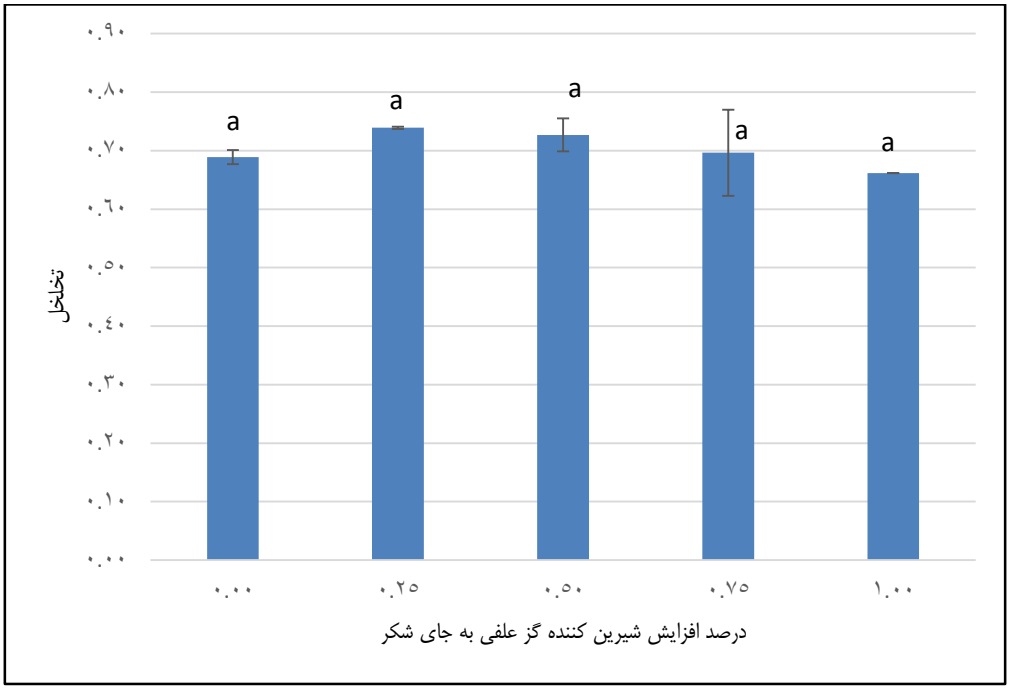
چامچیتراکن و همکاران (Chaumchaitrakun *et al.*, 2007) با بررسی اثر اریتریتول و شیرین‌کننده‌های سنتزی (آسپارتام، نئوتام، آسه سولفام و سوکرالوز) به‌جای ساکارز در کیک‌های اسفنجی گزارش دادند این کیک‌ها، نسبت به نمونه تهیه شده با ساکارز، دانسیته بیشتر و حجم ویژه کمتری دارند. نتایج مطالعه‌ای دیگر نشان می‌دهد می‌توان با جایگزین کردن کامل ساکارز با زایلیتول، مالتیتول، مانیتول، ایزو مالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی‌دکستروز کیک‌هایی با دانسیته کمتر از نمونه شاهد تولید کرد، اما کیک دارای قندهای سوربیتول و اولیگوفروکتوز دانسیته

ظاهری نزدیک به کیک حاوی ساکارز ایجاد می‌کنند (Ronda *et al.*, 2005).

تخلخل

میانگین‌های تخلخل خمیر کیک با ۵ سطح شیرین‌کننده گز علفی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در شکل ۶ آورده شده است.

دیده می‌شود با افزایش غلظت شیرین‌کننده گز علفی، تخلخل کیک کاهش می‌یابد ولی این کاهش از نظر آماری معنی‌داری ($P>0.05$) نیست.

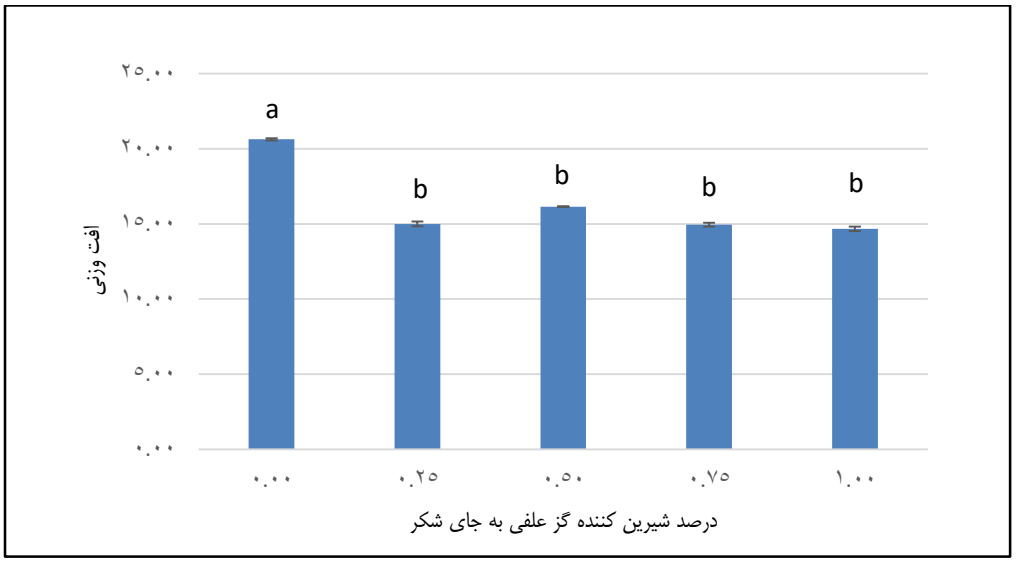


شکل ٦- میانگین تخلخل کیک با افزودن شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

رابطه مستقیمی بین تخلخل و حجم کیک وجود دارد، نمونه‌هایی که حجم کمتری دارند، دارای تخلخل و دانسیته جسمی کمتری نیز هستند (Baeva *et al.*, 2000).

افت وزنی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (شکل ۷)، بیشترین و کمترین میزان افت وزن به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی است. علت این کاهش افت وزن را می‌توان به کاهش زمان پخت کیک فرموله شده با شیرین‌کننده گز علفی نسبت داد، چون مدت‌زمان پخت با افزودن شیرین‌کننده گز علفی ۱۰ دقیقه کاهش داشته است. همچنین، تیمارهای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از نظر آماری و نیز به لحاظ افت وزن، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.



شکل ۷- میانگین افت وزنی کیک با افزودن شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز

سفتی

نتایج تجزیه واریانس اثر میزان شیرین‌کننده گز علفی، روز و اثر متقابل آنها بر سفتی بافت کیک معنی‌دار ($P< 0.05$) است؛ تأثیر تعداد روزهای نگهداری بر سفتی بافت کیک نیز معنی‌دار است (جدول‌های ۳ و ۴). در جدول دیده می‌شود که میزان نرمی بافت کیک با گذشت زمان کاهش می‌یابد. سفت‌ترین بافت کیک در نمونه شاهد و نرم‌ترین آن در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی در روز دهم و بیستم مشاهده می‌شود. در زمینه اثر متقابل میزان شیرین‌کننده گز علفی و روز، کمترین و بیشترین میزان سفتی بافت کیک در روز اول به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد و نمونه دارای ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی است. با توجه به نتایج آنالیز آماری سفتی بافت کیک در روز دهم، نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی با هم تفاوت معنی‌داری ($P< 0.05$) دارند. در روز بیستم پس از نگهداری دیده می‌شود سفتی نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد؛ در مقابل، نمونه‌های حاوی ۵۰ و ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی با نمونه شاهد دارای تفاوت معنی‌داری ($P< 0.05$) است و با توجه به نتایج استفاده از شیرین‌کننده گز علفی به میزان ۱۰۰ درصد به‌جای ساکارز سفتی بافت کیک را به تعویق می‌اندازد.

سفتی کیک با توسعه شبکه گلوتن در ساختار کیک شکل می‌گیرد. شکر با جذب آب نقش نرم‌کننده را بازی می‌کند که برای توسعه شبکه گلوتن ضروری است. شکر از یک سو بسیار هیگروسکوپ‌تر از گلوتن است و از سوی دیگر از توسعه شبکه گلوتن جلوگیری می‌کند و نیز ژلاتیناسیون نشاسته را به‌هنگام پخت به تأخیر می‌اندازد، بنابراین سفتی را می‌توان تابعی از میزان انحلال‌پذیری شیرین‌کننده دانست (Zoulias *et al.*, 2000). انحلال‌پذیری بیشتر موجب کاهش سفتی می‌شود. فروکتوز بسیار انحلال‌پذیرتر از ساکارز است به‌طوری‌که میزان انحلال‌پذیری فروکتوز در ۱۰۰

گرم آب ۲۰ درجه سلسیوس ۷۸۹/۴ درصد و میزان انحلال‌پذیری ساکارز در آب ۲۰ درجه سلسیوس ۱۹۹/۴ درصد است (Kulp *et al.*, 1991). با توجه به اینکه یکی از قندهای تشکیل‌دهنده شیرین‌کننده گز علفی فروکتوز است، به نظر می‌رسد می‌توان میزان کاهش سفتی بافت کیک جایگزین شده با شیرین‌کننده گز علفی را در میزان انحلال‌پذیری گز علفی در مقایسه با ساکارز دانست. علاوه بر این، سفتی بافت کیک تا حدود زیادی تحت تأثیر قابلیت باند کردن آب در قند و از دست دادن آن در مدت زمان نگهداری و به برهم‌کنش این قندها با نشاسته قرار می‌گیرد که می‌تواند بر رتروگراداسیون نشاسته مؤثر باشد (Ronda *et al.*, 2005).

جدول ۳- اثر گزو بر سفتی کیک با افزودن گز علفی به‌جای ساکارز

افزایش گز علفی (درصد)	سفتی کیک (گرم)*
۰	۴۵۵±۰/۰۰۷^{a}
۲۵	۳۶۰±۰/۹۸^{b}
۵۰	۵۵۸/۵±۰/۸۹^{b}
۷۵	۵۸۶±۱/۱۰^{ab}
۱۰۰	۲۸۳±۰/۹۸^{c}

جدول ٤- اثر متقابل گزو و روز نگهداری بر سفتی کیک با افزودن گز علفی به‌جای ساکارز

درصد افزایش گز علفی	سفتی کیک (گرم)*		
	روز اول	روز دهم	روز بیستم
۰ درصد	۴۵۵±۰/۰۰۷ ^{ef}	۱۹۵۵±۰/۰۲^{abc}	۲۷۰۸±۰/۱^{a}
۲۵ درصد	۳۶۰±۰/۹۸^{f}	۱۲۶۹±۰/۸۸^{cde}	۱۹۸۶±۰/۷۶^{abc}
۵۰ درصد	۵۵۸/۵±۰/۸۹^{def}	۱۳۴۷±۰/۶۵^{cd}	۱۸۳۶±۰/۵۵^{bc}
۷۵ درصد	۵۸۶±۱/۱^{def}	۱۷۰۷±۰/۸^{bc}	۲۳۷۳±۰/۹^{ab}
۱۰۰ درصد	۲۸۳±۰/۹۸^{f}	۷۸۶±۰/۷۷^{def}	۱۱۱۸±۱/۳^{cdef}

*مقدار میانگین سفتی کیک ± انحراف معیار

ستون‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد هستند.

رنگ مغز کیک

نتایج آنالیز واریانس آزمون رنگ مغز کیک با ۵ سطح استفاده از شیرین‌کننده گز علفی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) در جدول ۵ آورده شده است. مشاهده می‌شود تغییرات رنگ (سه فاکتور L، a و b) در نمونه‌های کیک فنجانی تفاوت معنی‌داری دارند و با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی رنگ مغز کیک (L) تیره‌تر می‌شود. دلیل آن واکنش قهوه‌ای شدن در مجاورت قندهای ساده تشکیل‌دهنده گز علفی و نیز میزان رنگ موجود در شیرین‌کننده گز علفی است. با افزایش درصد شیرین‌کننده، قرمزی رنگ مغز کیک (a) افزایش می‌یابد که احتمالاً به علت رنگ موجود در شیرین‌کننده گز علفی است و در مقابل با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی میزان زردی مغز کیک (b) کاهش می‌یابد.

جدول ۵- تغییرات رنگ مغز کیک با افزودن گز علفی به‌جای ساکارز

درصد افزایش شیرین‌کننده گز علفی	رنگ مغز کیک*								
	L_1	L_{10}	L_{20}	a_1	a_{10}	a_{20}	b_1	b_{10}	b_{20}
صفر درصد	۸۵/۳۹± ۰/۳۶^{a}	۸۵/۶۷± ۰/۴۵^{a}	۸۷/۱۵± ۰/۶۷^{a}	-۰/۶۴۹ ±۰/۱۹^{bc}	-۱/۰۵۵ ± ۰/۳۵^{bc}	-۱/۴۳۵ ±۰/۵^{bc}	۳۸/۱۱± ۰/۴۳^{a}	۳۹/۷۸± ۰/۲۳^{a}	۳۹/۰۶ ± ۰/۱۴^{a}
۲۵ درصد	۴۶/۰۱± ۰/۵۶^{b}	۴۶/۹۳± ۰/۱۸^{b}	۴۶/۶۸± ۰/۸۱^{b}	۸/۳۴۸± ۰/۸۹^{a}	۸/۸۴۱± ۰/۱۳^{a}	۸/۰۵۱± ۰/۲۳^{a}	۳۱/۰۹± ۰/۳۳^{bc}	۳۲/۶۰± ۰/۲۳^{b}	۳۱/۵۴ ± ۰/۲۸^{bc}
۵۰ درصد	۳۷/۶۶± ۰/۱۲^{bcd}	۴۱/۷۴± ۰/۴۱^{bc}	۴۲/۱۴± ۰/۶۷^{bc}	۸/۹۷۲± ۰/۶۵^{a}	۹/۱۸۲± ۰/۴۵^{a}	۹/۰۹۳± ۰/۳۷^{a}	۲۷/۸۳± ۰/۵۶^{cd}	۲۹/۴۵± ۰/۸۷^{bc}	۲۸/۳۴ ± ۰/۳۲^{bc}
۷۵ درصد	۳۸/۳۸± ۰/۱۶^{bcd}	۴۰/۶۹± ۰/۷۳^{bc}	۳۹/۱۷± /۵۴^{bcd}	۹/۰۰۱± ۰/۱۴^{a}	۹/۰۰۳± ۰/۱۸^{a}	۸/۲۷۰± ۰/۰۵^{a}	۲۷/۵۰± ۰/۶^{cd}	۲۷/۶۶± ۰/۴۱^{cd}	۲۶/۹۳± ۰/۳۲^{cd}
۱۰۰ درصد	۳۳/۵۴± ۰/۵۶^{cd}	۳۲/۲۳± ۰/۰۰۷^{cd}	۲۹/۲۳± ۰/۱۸^{d}	۷/۹۰۷± ۰/۲۸^{a}	۸/۷۰۴± ۰/۴۱^{a}	۴/۴۹± ۰/۵۶^{ab}	۲۲/۰۳± /۲۳^{e}	۲۳/۲۴± ۰/۳۵^{de}	۲۱/۱۲ ± ۰/۱۷^{e}

*میانگین رنگ مغز کیک

L_1 روز (اول)، L_{10}(روز دهم)، L_{20} (روز بیستم)، a_1 (روز اول)، a_{10}(روز دهم)، a_{20}(روز بیستم)، b_2(روز اول)، b_{10} (روز دهم)، b_{20}(روز بیستم)

ستون‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد هستند.

رنگ پوسته کیک

نتایج آنالیز واریانس رنگ پوسته کیک (جدول ۶) نشان می‌دهد تغییرات رنگ (سه فاکتور L، a و b) در نمونه‌های کیک فنجانی دارای تفاوت معنی‌داری است و با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی، رنگ پوسته کیک (L) تیره‌تر می‌شود. با افزایش درصد شیرین‌کننده گز علفی، قرمزی رنگ پوسته کیک (a) کاهش می‌یابد که به نظر می‌رسد به دلیل رنگ موجود در گز علفی باشد. در تحقیقی نشان داده شد که کیک تهیه شده با آسپارتام پوسته روشن‌تری دارد تا کیک تولید شده با ساکارز. علت افزایش رنگ در کیک تهیه شده با آسپارتام، نسبت به ساکارز، را می‌توان به افزودن مالتودکسترین به همراه آسپارتام و شرکت این قند در واکنش قهوه‌ای شدن و کاراملیزاسیون نسبت داد (Pong *et al.*, 1991). روندا و همکاران (Ronda *et al.*, 2005) با بررسی رنگ کیک اسفنجی حاصل از جایگزینی کامل ساکارز با قندهای سوربیتول، مالتیتول، اریتریتول، ایزو مالتوز، اولیگوفروکتوز و پلی‌دکستروز گزارش دادند قندهای الکلی به دلیل فقدان گروه عاملی و شرکت‌نکردن در واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی رنگ پوسته روشن‌تری، نسبت به نمونه تولید شده با ساکارز، ایجاد می‌کنند.

جدول ٦- تغییرات رنگ پوسته کیک با افزودن گز علفی به‌جای ساکارز

درصد افزایش شیرین‌کننده گز علفی	رنگ پوسته کیک*									
	L_1	L_{10}	L_{20}	a_1	a_{10}	a_{20}	b_1	b_{10}	b_{20}
صفر درصد	۶۰± ۰/۵۲^{a}	۶۰/۷۷± ۰/۰^{a}	۵۶/۴۸± ۰/۴۹^{a}	۲۹/۶۹± ۰/۵^{a}	۲۹/۱۲± ۰/۶۷^{a}	۲۸/۲۴± ۰/۵۴^{a}	۵۱/۴۳± ۰/۴۵^{a}	۵۱/۷۳± ۰/۴۳^{a}	۴۰/۵۰± ۱/۱^{a}
۲۵ درصد	۴۶/۲۸± ۰/۱۷^{b}	۴۳/۱۳± ۰/۲۲^{bc}	۴۱/۵± ۰/۴۵^{bcd}	۱۵/۱۴± ۰/۴۱^{b}	۱۵/۶۱± ۰/۹^{b}	۱۵/۰۱± ۰/۲۱^{b}	۳۴/۵۱± ۰/۰^{b}	۳۲/۳۴± ۰/۳۴^{bc}	۳۰/۵۰± ۰/۲۳^{c}
۵۰ درصد	۴۱/۷۶± ۰/۲۳^{bcd}	۳۶/۹۳± ۰/۵۶^{cd}	۴۰/۵۹± ۰/۶۷^{bcd}	۱۱/۳۰± ۰/۶۸^{cd}	۱۱/۲۳± ۱/۳^{cd}	۱۱/۴۶± ۰/۳۴^{c}	۲۹/۰۳± ۰/۳۷^{c}	۲۴/۷۷± ۰/۴۷^{de}	۲۵/۳۷± ۰/۹۸^{d}
۷۵ درصد	۳۶/۹۱± ۰/۴۶^{cd}	۳۴/۹۸± ۰/۴۳^{cd}	۳۷/۲۴± ۰/۵۴^{cd}	۹/۹۲± ۰/۲۱^{cde}	۹/۲۷± ۰/۸۱^{cde}	۹/۱۵± ۰/۱۷^{cde}	۲۴/۶۵± ۰/۴۸^{de}	۲۲/۰۵± ۰/۰۸^{def}	۲۱/۸۰± ۰/۶۲^{ef}
۱۰۰ درصد	۳۶/۳۳± ۰/۳۲^{cd}	۳۸/۰۸± ۰/۲۱^{bcd}	۳۳/۳± ۰/۲۳^{d}	۸/۷۵± ۰/۳۲^{de}	۸/۲۵± ۰/۱۹^{e}	۸/۱۴± ۰/۳۹^{e}	۲۳/۰۵± ۰/۴۵^{def}	۲۰/۶۶± ۰/۶۸^{f}	۱۹/۷۵± ۰/۱۶^{f}

*میانگین رنگ پوسته کیک

L_1 روز (اول)، L_{10}(روز دهم)، L_{20} (روز بیستم)، a_1 (روز اول)، a_{10}(روز دهم)، a_{20}(روز بیستم) b_2 (روز اول)، b_{10} (روز دهم)، b_{20}(روز بیستم)

ستون‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد هستند.

ویژگی‌های ارگانولپتیک

با توجه به توزیع نرمال داده‌ها، نتایج آزمون‌های حسی (رنگ، بافت، شیرینی و پذیرش کلی) در اثر افزایش درصدهای مختلف شیرین‌کننده گز علفی با ساکارز در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷- اثر افزایش شیرین‌کننده گز علفی به‌جای ساکارز بر خواص حسی

درصد افزایش شیرین‌کننده گز علفی	رنگ	بافت	شیرینی	پذیرش کلی
صفر درصد	۹/۹۴±۰/۱۸^{a}	۹/۴۵±۰/۷۹^{a}	۸/۹۹±۰/۶۸^{a}	۹/۲۰±۰/۵^{ab}
۲۵ درصد	۸/۸۳±۱/۷۶^{ab}	۹/۷۶±۰/۴۲^{a}	۹/۵۹±۰/۶۴^{ab}	۹/۶۰±۰/۶۳^{a}
۵۰ درصد	۹/۴۹±۰/۹۱^{ab}	۹/۴۲±۰/۸۴^{a}	۸/۹۷±۰/۹۲^{ab}	۹/۵۸±۰/۴۶^{a}
۷۵ درصد	۸/۴۱±۱/۴۱^{b}	۸/۷۹±۰/۲۸^{a}	۷/۷۷±۱/۷۸^{b}	۸/۴۶±۱/۳۸^{b}
۱۰۰ درصد	۸/۵۷±۱/۲۴^{b}	۹/۰۱±۰/۸۹^{a}	۷/۷۳±۱/۴۵^{b}	۸/۸۶±۰/۵۴^{ab}

ستون‌های دارای حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد هستند.

رنگ

رنگ نمونه‌های کیک فنجانی را ارزیاب‌ها از لحاظ قابلیت پذیرش ارزیابی کردند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۷) نمونه‌های ارزیابی‌شده نشان می‌دهد تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری ($P<0.05$) از نظر فاکتور رنگ هستند. نمونه شاهد بیشترین امتیاز مربوط به رنگ را به دست آورد. دو نمونه حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی نزدیک‌ترین امتیاز ارزیابی حسی را نسبت به نمونه شاهد کسب کردند. کمترین امتیاز ارزیابی حسی رنگ کیک، مربوط به نمونه حاوی ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی است. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2011) با بررسی رنگ کیک لایه‌ای حاصل از افزایش سه سطح قند خرما (صفر، ۵۰، ۱۰۰ درصد) گزارش دادند با افزایش میزان قند خرما، رنگ نمونه‌ها افزایش پیدا می‌کند که این امر به علت واکنش قهوه‌ای شدن در مجاورت قندهای ساده تشکیل‌دهنده قند خرما و میزان رنگ موجود در خمیر خرماست. لی و همکاران (Lee *et al.*, 2008) می‌گویند امتیاز رنگ پوسته با افزایش شربت ایزومالتو الیگو ساکارید افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی دارد. در پژوهشی دیگر، از سیب به‌جای شکر در کیک استفاده و گفته شد که با حذف شکر رنگ پوسته کیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد و مغز کیک با افزودن پودر سیب به علت اینکه از شکر و شیر تیره‌تر است، تیره‌تر می‌شود (Stavale *et al.*, 2019).

بافت

بافت، بازتاب حسی ویژگی‌های مکانیکی، ساختاری و سطحی مواد غذایی است که از طریق شنوایی و لامسه دریافت می‌شود. بافت ویژگی چند پارامتری است و تنها شامل تردی و قابلیت جویدن نیست (Szczesniak, 2002). پذیرش بافت نمونه‌ها از نظر سفت بودن یا قابلیت ارتجاعی بودن، با فشار انگشت روی سطح کیک ارزیابی می‌شود. مطابق با نتایج حاصل از تجزیه واریانس، با توجه به اینکه آزمون‌های حسی در روز اول تولید اجرا شد هر چند نمونه ۱۰۰ درصد گز علفی به ظاهر نرم‌تر از نمونه شاهد بود (جدول ۷)، اما به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در بین نمونه‌ها مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که مطلوبیت بافت، بیشتر تحت تأثیر نوع قند قرار دارد (Zoulias *et al.*, 2000). لی و همکاران (Lee *et al.*, 2008) در تحقیق خود نشان دادند که با افزایش ایزومالتوالیگوساکارید امتیاز نرمی بافت

افزایش می‌یابد و سفت‌ترین بافت مربوط به نمونه شاهد است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

شیرینی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۷) نمونه‌ها نشان می‌دهد تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری ($P< 0.05$) از نظر فاکتور شیرینی هستند. نمونه کیک حاوی ۲۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی دارای بیشترین امتیاز حسی مربوط به شیرینی است. نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی نزدیک‌ترین امتیاز ارزیابی حسی مربوط به شیرینی را نسبت به نمونه شاهد کسب کرده‌اند. کمترین امتیاز ارزیابی حسی مربوط به تیمارهایی حاوی ۷۵ و ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی است و این دو نمونه با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند. لی و همکاران (Lee *et al.*, 2008) می‌گویند با افزایش میزان ایزومالتو الیگو ساکارید، امتیاز شیرینی کیک به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد؛ دلیل آن شیرینی ایزومالتو الیگو ساکارید، تقریباً نصف شیرینی ساکارز، است.

پذیرش کلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان می‌دهد تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری ($P< 0.05$) از نظر فاکتور پذیرش کلی هستند. نمونه‌های کیک حاوی ۲۵ درصد و ۷۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی به ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز حسی پذیرش کلی را به دست آورده‌اند. امتیاز نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۰۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی کمتر از امتیاز نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد شیرین‌کننده گز علفی است. میلنر و همکاران (Milner *et al.*, 2019) با بررسی افزودن تفاله سیب، پودر آب‌پنیر، الیگوفروکتوز و پلی دکستروز دریافتند که کیک‌های حاوی ۲۰ درصد تفاله سیب را ارزیاب‌ها بیشتر پذیرفته‌اند.

نتیجه‌گیری

در بین نمونه‌های کیک که در آنها شیرین‌کننده گز علفی به‌جای شکر افزوده شده بود، کیک‌های حاوی ۲۵ درصد شیرین‌کننده گز علفی دارای بالاترین کیفیت بودند.

با افزایش میزان شیرین‌کننده گز علفی برخی فاکتورهای کیفیت کاهش پیدا کرد ولی با توجه به کسب نمره بالا در آزمون حسی و اثر سلامتی بخش آن به نظر می‌رسد می‌توان از شیرین‌کننده گز علفی به‌جای شکر در کیک استفاده کرد.

تعارض منافع

نویسندگان در رابطه با انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه، پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

مراجع

Aghamohammadi, B., Ghiassi, T. B., Honarvar, M. and Delkhosh, B. 2012. The effects of using molasses as a sugar substitute on physicochemical and sensory properties of shortened cake.

Innovation in Food Science and Technology (Journal of Food Science and Technology). 4(2): 34-45. (In Persian)

Ahmadi, H., Azizi, M. H., Jahanian, L. and Amirkaveei, S. 2011. Evaluation of replacemet of date liquid sugar as a replacement for invert syrup in a layer cake. Journal of Food Science and Technology. 8(28): 57-64.

Ahmadi, H., Azizi, M. H., Jahanian, L. and Amirkaveei, S. H. 2010. Evaluation of replacement of date liquid suger as replacement for invert Syrup in a layer cake. Iranian Journal of Food Science and Technology. 8(1): 57-64.

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.

Baeva, M., Panchev, I. and Terzieva, V. 2000. Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes. Food/Nahrung. 44(4): 242-246.

Chaumchaitrakun, P., Chompreeda, P. and Haruthaithanasan ,V. 2007. Effects of polyol and intense sweeteners on quality of butter cake from Jasmine brown rice flour. Paper presented at the Proceeding of the 9th Agro-Industrial Conference Food Innovation Asia.

Chung, Y., Kwak, Y., Lee, M. and Kim, D. 2009. Quality Characteristics of Sponge Cake with Erythritol. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 38(11): 1606-1611.

Devereux, H., Jones, G., McCormack, L. and Hunter, W. 2003. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose .Journal of Food Science. 68(5): 1850-1854.

Frye, A. M. and Setser, C. S. 1992. Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. Cereal Chemistry. 69(3): 338-343.

Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E. and Caballero, P. A. 2010. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. LWT-Food Science Technology. 43(1): 33-38.

Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H.-S., Lim, E.-J., Imm, J.-Y. and Suh, H. J. 2012. Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with Opuntia humifusa. LWT-Food Science and Technology. 47(2): 478-484.

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(3): 953-964.

Kulp, K., Lorenz, K. and Stone, M. 1991. Functionality of carbohydrate ingredients in bakery products. Food Technology. 45(3): 136-142.

Lee, C. C., Wang, H. F. and Lin, S. D. 2008. Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. Cereal Chemistry. 85(4): 515-521.

Lin, S. and Lin, S. 2001. Studies on the application of isomaltooligosaccharide syrup/sucrose in chiffon cake. Taiwanese Journal of Agricultural Chemistry Food Science. 39(1): 76-86.

Lin, S. D., Hwang, C. F. and Yeh, C. H. 2003. Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. Journal of Food Science. 68(6): 2107-2110.

Lu, T. M., Lee, C. C., Mau, J. L. and Lin, S. D. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. Food Chemistry. 119(3): 1090-1095.

Mabody, N. 2000. Determination of sugar compounds in Oak Manna and Astragal Manna. PhD thesis., Tehran University of Medical Sciences and Health Services. (In Persian)

Manisha, G., Soumya, C. and Indrani, D. 2012. Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. Food Hydrocolloids. 29(2): 363-373.

McCullough, M., Johnson, J. and Phillips, J. 1986. High fructose corn syrup replacement for sucrose in shortened cakes. Journal of Food Science. 51(2): 536-537.

Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G. and Gallagher, E. 2019. Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients. Innovative Food Science Emerging Technologies. 59, 102235.

Mohammadi, M., Dini, M. and Tavakoli, M. 2003. Evaluation the productive factors, production and utilization of Oak Manna *Quercus infectoria*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran. 19(4): 367-387. (In Persian)

Nourmohammadi, E., Peighambardoust, H. and Olad Ghaffari, A. 2012. Feasibility study of low-calorie cake preparation with erythritol and oligo-fructose. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 7(1): 85-92. (In Persian)

Nourmohammadi, E. and Peighambardoust, S. H. 2016. New concept in reduced-Calorie sponge cake production by xylitol and oligofructose. Journal of Food Quality. 39(6): 627-633.

O'Sullivan, M. 2017. Sensory Properties of Bakery and Confectionary Products. A Handbook for Sensory Consumer Driven New Product Development: Innovative Technologies for the Food Beverage Industry, Woodhead Publishing Ltd., UK, 305-324.

Park, J.-E., Jeong, H.-D. and Jang, M.-S. 2009. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of sponge cake with bamboo (Pseudosasa japonica Makino) leaves powder. Korean Journal of Food Cookery Science. 25(3): 317-329.

Perego, P., Sordi, A., Guastalli, R. and Converti, A. 2007. Effects of changes in ingredient composition on the rheological properties of a biscuit industry dough. International Journal of Food Science and Technology. 42(6): 649-657.

Pomeranz, Y., Shogren, M., Finney, K. and Bechtel, D. 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. Cereal Chemistry, 54.

Pong, L. 1990. Evaluation of alternative fat and sweetener systems in cupcakes. (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

Pong, L., Johnson, J. M., Barbeau, W. E. and Stewart, D. L. 1991. Evaluation of alternative fat and sweetener systems in cupcakes. Cereal Chemistry. 68(5): 552-555.

Psimouli, V. and Oreopoulou, V. 2012. The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. Journal of the Science of Food Agriculture. 92(1): 99-105.

Purlis, E. 2010. Browning development in bakery products–A review. Journal of Food Engineering. 99(3): 239-249.

Revels, S., Kumar, S. A. and Ben-Assuli, O. 2017. Predicting obesity rate and obesity-related health care costs using data analytics. Health Policy Technology. 6(2): 198-207.

Richardson, A. M., Tyuftin, A. A., Kilcawley, K. N., Gallagher, E., O'Sullivan, M. G. and Kerry, J. P. (2018). The impact of sugar particle size manipulation on the physical and sensory properties of chocolate brownies. LWT-Food Science and Technology. 95, 51-57.

Richardson, G., Langton, M., Bark, A. and Hermansson, A. M. 2003. Wheat starch gelatinization—the effects of sucrose, emulsifier and the physical state of the emulsifier. Starch-Stärke. 55(3-4): 150-161.

Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C. A. and Caballero, P. A. 2005. Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. Food Chemistry. 90(4): 549-555.

Rose, D. J., Inglett, G. E. and Liu, S. X. 2010. Utilisation of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. Journal of the Science of Food Agriculture. 90(6): 915-924.

Sahi, S. S. and Alava, J. M. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. Journal of the Science of Food Agriculture. 83(14): 1419-1429.

Stavale, M. D. O., Assunção Botelho, R. B. and Zandonadi, R. P. 2019. Apple as sugar substitute in cake. Journal of Culinary Science Technology. 17(3): 224-231.

Takavar, S. and Mohammadi, M. 2008. Candied leachate (Mann) generation mechanisms in Iran. Journal of Medicinal Plants, 28-37. (In Persian)

Zoulias, E. I., 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.

Food Engineering Research/Vol.20/No.71/Autumn & Winter 2021/P: 63-84

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Evaluation of Physical and Sensory Characteristics of Cupcake with *Quercus* Sweetener (Gazo)

A. Salem, S. A. Shahidi*, M. Mohebi, E. Alehosseini

* Corresponding Author: Associate professor, Department of Food Science and Technology Faculty of Agriculture and Food Science, Ayatollah Amoli Branch Islamic Azad University Amol, Amol, Iran. Email: a.shahidi@iauamol.ac.ir

Received: 22 May 2019, Accepted: 12 February 2020

http://doi: 10.22092/fooder.2020.128391.1250

ABSTRACT

Cake is one of the most popular bakery products and contains a lot of sugar. In recent years, low-calorie foods with a sugar substitute have had a special place due to consumers' interest in eating healthier foods and a reduced calorie intake. In this study, the feasibility of producing cupcakes with the replacement of sucrose with Quercus was investigated. At the same time, characteristics such as specific gravity, volume, bulk density, physical density, porosity, weight loss, crust and crumb color of cake, hardness, and cake sensory evaluation were studied. Results showed that there was a significant difference in the characteristics of specific gravity dough, volume, bulk density, porosity, and firmness of the cakes compared to the control. As the percentage of Quercus replacement increased, the color of the crust and crumbs of the cake became darker. The highest sensory evaluation score belongs to the 25% Quercus sweetener. The results showed that using 25%, 50%, and 75% substitution of Quercus instead of sucrose improved the quality of the cupcake compared to the control, and the cake sample with 25% Quercus with a maximum volume of 68 cm^3 and a specific gravity of 1.13 had the highest quality. With the increase in the amounts of Quercus, some of the quality characteristics decreased, but due to the high score in the sensory test and the beneficial effects of Quercus sweetener, it seems that the Quercus sweetener can be used as a substitute for sugar in the cake.

Keyword: *Quercus* sweetener, Sugar, Cupcake, Texture analysis