مهندسی بیوسیستم ایران، دورۀ ۴۶، شمارۀ ۴، زمستان ۱۳۹۴ (ص ۴۰۴- ۳۹۹)

بررسی اثر مقادیر گوناگون پودر شیرۀ خرما بر مدت زمان نگهداری و ویژگی‌های کمی و کیفی کیک اسفنجی

صدیف آزادمرد دمیرچی[1]*، پریسا راعی[2]

۱. استاد، علوم و صنایع غذایی، دانشکدۀ کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکدۀ کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت : ۱۳۹۴/۱/۱۷ – تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۴/۸)

چکیده

در این تحقیق تأثیر افزودن پودر شیرۀ خرما بر وزن مخصوص خمیر، حجم، دانسیتۀ ظاهری و جسمی، تخلخل، رطوبت، فعالیت آبی، رنگ، و سفتی بافت کیک مطالعه شد. بیشترین وزن مخصوص خمیر مربوط به نمونۀ کنترل بود. جایگزین‌کردن ساکارز با ۱۰۰درصد پودر شیرۀ خرما حجم کیک، دانسیتۀ جسمی، و تخلخل را کاهش و دانسیتۀ ظاهری را افزایش داد. نمونه‌های حاوی ۲۵درصد پودر شیرۀ خرما تقارن بیشتری در مقایسه با نمونۀ کنترل داشتند. با افزایش درصد پودر شیرۀ خرما رطوبت و فعالیت آبی افزایش یافت. نمونه‌های تهیه‌شده با درصدهای متفاوت پودر شیرۀ خرما، بافت مشابهی با نمونۀ کنترل نشان دادند. سفت‌ترین بافت در نمونۀ حاوی ۱۰۰درصد جایگزینی پودر مشاهده شد. در روزهای ۷، ۱۴، و ۲۱ تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰درصد پودر بیشترین سفتی را نشان دادند. نمونۀ تهیه‌شده با ۱۰۰درصد پودر رنگ پوستۀ تیره‌تری به نسبت نمونۀ کنترل نشان داد.

کلیدواژگان: پودر شیرۀ خرما، کیک اسفنجی، مدت زمان نگهداری، ویژگی‌های کمی و کیفی

مقدمه

خرما دارای ترکیبات فنولیک، پروسیانیدین‌ها، فلاوونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، استرول‌ها، و کاروتنوئیدهاست که این مواد اثر مفید شناخته‌شده‌ای دارند. شیرۀ خرما از محصولات جانبی خرما است که به‌عنوان شیرین‌کنندۀ طبیعی برای رژیم‌های غذایی خاص در صنایع غذایی کاربرد فراوانی دارد. این محصول فیبر شایان توجهی ندارد، اما همچون دیگر فراورده‌های خرما به‌عنوان منبعی از ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان اهمیت دارد (Alasalvar *et al*., 2007). در شرایط آزمایشگاهی، مصرف خرما و یا عصارۀ آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، آنتی‌موتاژنی، ضدویروسی، و ضدقارچی از خود نشان داده است. نتایج مطالعات حیوانی نیز حاکی از خواص ضدالتهابی، ضدهیپرلیپیدمی، ضدسرطانی، القاکنندگی سیستم‌های ایمنی، و تولیدمثل برای خرما هستند. مطابق با گزارش‌ها مصرف خرما باعث حفظ کبد، دستگاه گوارش، و کلیه‌ها شده است (Baliga *et al*., 2011).

به‌دلیل تغییر سبک زندگی، خصوصاً در جهان توسعه‌یافته، اکنون تقاضای زیادی برای انواع وسیعی از محصولات خشک‌شده با تأکید بر کیفیت بالا و تازگی مادۀ غذایی وجود دارد. خشک‌کردن پاششی عملیاتی متداول برای تبدیل مواد مایع به پودر به‌منظور نگهداری، تسهیل انبارداری، حمل‌ونقل، جابه‌جایی، و سایر صرفه‌های اقتصادی است. دهۀ ۱۹۲۰ را می‌توان ابتدای کاربرد اقتصادی خشک‌کن‌های پاششی دانست (Bhandari *et al*., 2008). با توجه به اینکه زمان فرایند ذرات در خشک‌کن پاششی زیاد نیست، محصول کمتر دچار آسیب حرارتی می‌شود مگر اینکه مسیر حرکت ذرات در سیستم مسدود شود، در خشک‌کن پاششی قسمت اعظم خشک‌کردن در شرایط سرعت ثابت اتفاق می‌افتد. به‌همین دلیل این روش خشک‌کردن برای فراورده‌های حساس به حرارت مناسب است و برای خشک‌کردن مواد غذایی ازقبیل قهوه، شیر، تخم‌مرغ، آب پنیر، و مانند آن استفاده می‌شود (Brennan, 2006).

با توجه به اینکه قند خرما از میوۀ درجۀ ۲ و ۳ تهیه می‌شود ارزش افزودۀ زیادی به‌همراه دارد و قابل رقابت با فراورده‌های مشابه خود مانند عسل کندو است (Abo-bakr *et al*., 1988). در پژوهشی تأثیر پودر عسل بر خواص رئولوژیکی و کیفی نان مطالعه شده بود، نتایج فارینوگراف برای خمیر نمونه‌های شامل درصدهای گوناگون پودر عسل نشان داد با افزایش درصد پودر جذب آب افزایش و همینطور خصوصیات بافت در مقایسه با نمونۀ کنترل بهبود می‌یابد. همچنین اضافه‌کردن پودر از ۵ به ۱۰درصد تأثیر مطلوبی روی رنگ پوسته و مغز نان داشت. ازطرفی با افزایش درصد پودر عسل از

* نویسنده مسئول: sodeifazadmard@yahoo.com

میزان سفتی بافت کاسته شد و بیاتی به تأخیر افتاد (Qunyi *et al*., 2010).

در پژوهشی محققان اثر افزودن کنسانترهٔ فیبر خرما بر عملکرد خمیر و کیفیت نان را بررسی کردند و مشخص شد که ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، جذب آب، ثبات، اندیس کیفیت، و مقاومت در برابر تغییر شکل با افزودن فیبر افزایش یافت، در حالی‌که درجهٔ نرم‌شدن و قابلیت کشش در تمام سطوح فیبر افزوده‌شده کاهش یافت (Borchani *et al*., 2010).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقاتی در ایران در زمینهٔ جایگزینی ساکارز با پودر شیرهٔ خرمای خشک‌شده به روش پاششی در کیک انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی امکان جایگزین‌کردن ساکارز با پودر شیرهٔ خرما و تأثیر آن بر خواص خمیر کیک و کیفیت کیک اسفنجی است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: آرد نول با رطوبت ۱۴/۴درصد، خاکستر ۰/۴۴درصد، گلوتن مرطوب ۲۶درصد، عدد زلنی ۱۷/۶ سانتیمترمکعب، و پروتئین ۸/۲۸درصد از کارخانهٔ ارس‌مهر تبریز خریداری شد. شکر آسیاب‌شده، روغن هیدروژنهٔ نیمه‌جامد، وانیل، بیکینگ پودر، شیر خشک، آب پنیر، و تخم‌مرغ از فروشگاه‌های مواد غذایی تهیه شد. پودر شیرهٔ خرما (واریتهٔ خضراوی خوزستان) با روش خشک‌کردن پاششی تهیه شد که جزئیات روش خشک‌کردن در ادامه ذکر می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی پودر شیرهٔ خرما در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی شیمیایی پودر شیرهٔ خرمای خشک‌شده به روش پاششی

ویژگی	مقدار (در ۱۰۰ گرم)
رطوبت	۱/۶
فعالیت آبی	۰/۰۶
دانسیته	۱/۱۲
انحلال‌پذیری	۹۹/۶

تولید پودر شیرهٔ خرما به روش خشک‌کردن پاششی

شیرهٔ خرما و مالتودکسترین (DE=18-20) هر یک جداگانه با همزن مغناطیسی در آب مقطر با دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد حل و سپس با یکدیگر مخلوط شدند تا خوراک همگنی به‌دست آید به‌گونه‌ای که غلظت مادهٔ جامد کل در خوراک نهائی به ۴۰ درصد براساس مادهٔ خشک برسد. برای تولید پودر از خشک‌کن پاششی در مقیاس پایلوت (شرکت مهام صنعت، نیشابور، ایران) استفاده شد. بدنهٔ اصلی خشک‌کن به ارتفاع ۲ متر به‌صورت استوانه‌ای (به قطر ۱ متر) با قسمت تحتانی مخروطی‌شکل بود. دستگاه مجهز به یک پمپ تغذیهٔ حجمی پریستالتیک با دبی تغذیهٔ متغیر و ظرفیت حداکثر ۳ لیتر مایع در ساعت با فشار ۱ بار برای ارسال خوراک به افشانه بود. فرایند پاشش توسط اتمایزر چرخشی با قطر ۵ سانتی‌متر با قابلیت چرخش توسط کمپرسور هوا صورت گرفت. خوراک تهیه‌شده به دستگاه تغذیه ارسال و درنهایت پودر حاصل، جمع‌آوری، و در ظرف شیشه‌ای تیره تا زمان انجام آزمایش‌ها در مکانی دور از نور نگهداری شد.

تولید کیک

خمیر کیک با روش شکر-خمیر تهیه شد (Peighambardoust, 2009). در این روش ابتدا روغن و شکر با هم مخلوط و کرمی روشن تهیه شد. مدت زمان مخلوط‌کردن در این مرحله حدود ۱۰ دقیقه است که به کیفیت کرم‌شدن چربی و سرعت و نوع میکسر بستگی دارد. در مرحلهٔ بعد تخم‌مرغ اضافه شد. معمولاً تخم‌مرغ را در ۴ یا ۵ نوبت در فواصل زمانی ۵ تا ۷ دقیقه می‌افزایند و بعد از هر مرحله افزودن، مخلوط را به‌خوبی بهم می‌زنند. در مرحلهٔ بعد مواد پودری‌شکل به‌همراه آرد الک، و به خمیر اضافه شدند. درنهایت مواد مایع فرمول آب افزوده شد و عمل مخلوط‌کردن ادامه یافت تا خمیر آماده شد. مقدار ۴۰ گرم از خمیر آماده‌شده بلافاصله پس از مخلوط‌کردن در قالب‌هایی به ابعاد ۴×۵×۸ سانتیمتر ریخته و در فر با دمای ۲۰۰-۱۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد پخت شد. نمونه‌ها پس از پخت به‌مدت ۴۰ دقیقه در دمای محیط خنک شدند. شیرهٔ خرما در ۵ سطح گوناگون جایگزین ساکارز شد، سپس کیک‌ها با پوشش‌های پلی‌اتیلنی با دانسیتهٔ کم با درزبندی حرارتی بسته‌بندی و در دمای اتاق تا انجام آزمایش‌های بعدی نگهداری شدند.

آزمون‌های خمیر

وزن مخصوص خمیر کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر خمیر کیک به وزن ۲۴۰ میلی‌لیتر آب محاسبه شد (Lin *et al*., 2003).

آزمون‌های کیک

رطوبت کیک با روش AACC 11-44 و فعالیت آبی کیک با روش Akesowan (2009) اندازه‌گیری شد. دانسیتهٔ ظاهری کیک با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم کیک (Kocer *et al*., 2006) و حجم کیک نیز با روش جابه‌جایی دانهٔ کلزا انجام شد (Lin *et al*., 2003). دانسیتهٔ جسمی با روش پیکنومتری و تخلخل کیک با رابطهٔ ۱ محاسبه شد (AACC 74-09). تقارن هندسی کیک با روش AACC 10-91 محاسبه شد.

(رابطهٔ ۱) دانسیته جسمی/ دانسیته ظاهری-۱=تخلخل

به‌منظور بررسی تأثیر پودر شیرهٔ خرما بر سفتی، بافت کیک در روزهای اول، هفتم، چهاردهم، و بیست‌ویکم پس از تولید ارزیابی شد. برای این منظور از ماشین آزمون عمومی اینسترانو از روش AACC 74-09 استفاده شد (Frye and Sester, 1992).

رنگ کیک نیز با دوربین دیجیتالی در محفظهٔ قرارگیری نمونه‌ها که حاوی دو عدد لامپ مهتابی برای ایجاد نور و طول موج مناسب برای تصویربرداری از نمونه‌ها تعبیه شده بود، مورد سنجش قرار گرفت. به این صورت که ابتدا نمونهٔ کیک داخل محفظه گذاشته شده و سپس در حضور نور مناسب، عمل تصویربرداری با دوربین دیجیتال در ۳ تکرار انجام شد. سپس تصویر نمونه برای آنالیز و اندازه‌گیری شاخص‌های L, a, b در نرم‌افزار فتوشاپ به کامپیوتر انتقال داده شد.

طرح آماری

صفات خمیر و کیک با استفاده از طرح کاملاً تصادفی CRD انجام و با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. مقایسهٔ میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطا ۵درصد انجام شد.

نتایج و بحث

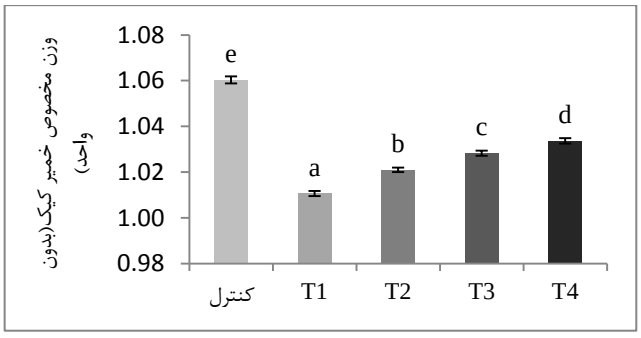
وزن مخصوص خمیر کیک

نتایج اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر کیک در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد با افزایش درصد پودر وزن مخصوص خمیر کیک‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش و قابلیت نگهداری هوا کاهش یافت. با توجه به رابطهٔ معکوس میان وزن مخصوص خمیر کیک و قابلیت ورود حباب‌های هوا به خمیر و میزان نگهداری حباب‌های هوا در بافت خمیر کیک (Baeva *et al*., 2000) می‌توان نتیجه گرفت افزایش درصد پودر باعث کاهش قابلیت نگهداری گاز در خمیر کیک و بنابراین افزایش در وزن مخصوص خمیر شد.

(T1 مربوط به تیمار ۲۵درصد پودر، T2 مربوط به تیمار ۵۰درصد پودر، T3 مربوط به تیمار ۷۵درصد پودر، و T4 مربوط به تیمار ۱۰۰درصد پودر است.)

رطوبت و فعالیت آبی کیک

نقش پودر به‌عنوان جایگزین ساکارز بر رطوبت کیک در جدول ۲ آورده شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در روز اول نگهداری رطوبت به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. دلیل افزایش رطوبت را می‌توان در خواص جاذب رطوبت بودن این ترکیب و رقابت ترکیبات جاذب آب در فرمولاسیون آن جستجو کرد که با جذب بیشتر و قدرت نگهداری بیشتر آب سبب افزایش مقدار رطوبت در محصول حاصل می‌شوند (Ablett *et al*.,1986). نقش پودر به‌عنوان جایگزین ساکارز بر فعالیت آبی کیک نیز در جدول ۳ آورده شده است. فعالیت آبی فاکتور مناسبی برای ارزیابی عمر ماندگاری و پایداری میکروبیولوژیکی مواد غذایی محسوب می‌شود.



شکل ۱. تأثیر درصدهای گوناگون جایگزینی پودر با ساکارز بر وزن مخصوص خمیر کیک

حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطا ۰/۰۵ است.

جدول ۲. اثر متقابل زمان و تیمار بر رطوبت (درصد) نمونهٔ کنترل و تیمارهای گوناگون

تیمار / روز	روز ۱	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
کنترل	۱۹/۳۶± ۰/۵۳^{f}	۱۶/۰۳± ۰/۰۶^{c}	۱۵/۰۷± ۰/۲^{b}	۱۴/۰±۰/۲۲^{a}
۲۵درصد پودر	۲۰/۸۹± ۰/۳۱^{ijk}	۲۰/۵۴± ۰/۱۲^{hi}	۲۰/۱۱±۰/۰۳^{g}	۱۷/۸± ۰/۵۴^{d}
۵۰درصد پودر	۲۰/۹۰± ۰/۲۳^{ijk}	۲۰/۹± ۰/۰۳^{ijk}	۲۰/۴۴± ۰/۱۵^{gh}	۱۷/۹۳±۰/۳۱^{d}
۷۵درصد پودر	۲۱/۱۷±۰/۱۴^{k}	۲۱/۰۳± ۰/۱۲^{jk}	۲۰/۶۰± ۰/۰۹^{hij}	۱۷/۹۹± ۰/۰۹^{d}
۱۰۰درصد پودر	۲۲/۲۸± ۰/۲۵^{m}	۲۱/۸۳± ۰/۰۳^{l}	۲۰/۸۹± ۰/۰۹^{ijk}	۱۷/۹۹± ۰/۱۶^{e}

*حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال (p<۰/۰۵) است. (میانگین ± انحراف معیار)

جدول ۳. اثر متقابل زمان و تیمار بر فعالیت آبی نمونهٔ کنترل و تیمارهای گوناگون

تیمار / روز	روز ۱	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
کنترل	۰/۸۱±۰/۰۰۶^{bcde}	۰/۸۰±۰/۰۰۱^{bcd}	۰/۷۹± ۰/۰۰۴^{c}	۰/۷۵±۰/۰۴۹^{a}
۲۵درصد پودر	۰/۸۴±۰/۰۰۴^{fg}	۰/۸۳±۰/۰۰۲^{defg}	۰/۸۰±۰/۰۳۴^{bcd}	۰/۷۸±۰/۰۲۲^{b}
۵۰درصد پودر	۰/۸۴±۰/۰۱۲^{fg}	۰/۸۴±۰/۰۰۷^{fg}	۰/۸۲±۰/۰۰۵^{cdef}	۰/۸۲±۰/۰۰۵^{cdef}
۷۵درصد پودر	۰/۸۴±۰/۰۰۶^{fg}	۰/۸۴±۰/۰۰۲^{fg}	۰/۸۲±۰/۰۰۹^{defg}	۰/۸۲±۰/۰۰۲^{cdef}
۱۰۰درصد پودر	۰/۸۵±۰/۰۰۲^{g}	۰/۸۴±۰/۰۰۶^{fg}	۰/۸۳±۰/۰۰۲^{efg}	۰/۸۳±۰/۰۰۵^{defg}

*حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال (p<۰/۰۵) است. (میانگین ± انحراف معیار)

دانسیتهٔ ظاهری و حجم کیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری حجم و دانسیتهٔ ظاهری کیک در جدول ۴ آمده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد با جایگزینی ساکارز با پودر، حجم کیک به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت. کیک‌های دارای ۲۵درصد پودر بیشترین حجم را داشتند و کمترین میزان حجم مربوط به تیمار ۱۰۰درصد پودر بود. علت کاهش حجم نمونه‌های کیک اثر قندهای احیاکننده و احتمالاً تغییرات ویسکوزیته و جرم حجمی خمیر است که کاهش قدرت نگهداری گاز به کاهش حجم نیز می‌انجامد (Baeva *et al.*, 2000). در مورد دانسیتهٔ ظاهری نیز با افزایش درصد پودر دانسیتهٔ ظاهری افزایش یافت. نمونهٔ دارای ۱۰۰درصد پودر بیشترین دانسیته و ۲۵درصد پودر کمترین دانسیته را داشت افزایش دانسیتهٔ ظاهری با افزایش درصد پودر در ترکیب کیک به‌دلیل کاهش ترکیب هوا در خمیر کیک است که این اثر در حجم کیک نیز مشاهده می‌شود (Kocer *et al.*, 2006).

دانسیتهٔ جسمی و تخلخل کیک

نتایج حاصل از دانسیتهٔ جسمی در جدول ۴ آورده شده است. دانسیتهٔ جسمی مادهٔ غذایی از محاسبهٔ نسبت جرم به حجم واقعی (بدون درنظرگرفتن حجم پرزهای باز و بسته) اندازه‌گیری می‌شود، در این تحقیق نمونه‌های حاوی درصدهای بالای پودر دانسیتهٔ بالایی داشتند. اختلاف نمونه‌های ۷۵درصد پودر و ۱۰۰درصد پودر با کنترل معنی‌دار است (p<۰/۰۵). نتایج اندازه‌گیری تخلخل کیک در جدول ۴ نشان داده شده است. با افزایش درصد پودر تخلخل کاهش یافته است، نمونهٔ ۲۵درصد و ۵۰درصد پودر بیشترین مقدار تخلخل در بین سایر تیمارها را دارند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف تیمارها با نمونهٔ کنترل معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

جدول ۴. اثر سطوح گوناگون پودر بر حجم، دانسیتهٔ ظاهری، دانسیتهٔ جسمی، و تخلخل کیک (میانگین ± انحراف معیار)

تیمار / روز	حجم (cm^3)	دانسیتهٔ ظاهری(g/cm^3)	دانسیتهٔجسمی(g/cm^3)	تخلخل (بدون واحد)
کنترل	۸۴±۱/۶^{b}	۰/۴۴±۰/۰۱^{b}	۱/۳۰±۰/۰۳^{a}	۰/۶۶±۰/۰۱۱^{b}
۲۵درصد پودر	۸۸± ۱/۰^{c}	۰/۴۰± ۰/۰۰^{a}	۱/۳۰±۰/۰۱^{ab}	۰/۶۹±۰/۰۰^{c}
۵۰درصد پودر	۸۷±۲/۷^{bc}	۰/۴۳± ۰/۰۱۱^{b}	۱/۳۱±۰/۰۱۷^{ab}	۰/۶۹±۰/۰۰۶^{c}
۷۵درصد پودر	۷۸±۱/۶^{a}	۰/۴۸± ۰/۰۱۱^{c}	۱/۳۲±۰/۰۰۶^{bc}	۰/۶۴±۰/۰۱۰^{a}
۱۰۰درصد پودر	۷۴± ۲/۰^{a}	۰/۵۰± ۰/۰۲۳^{d}	۱/۳۴±۰/۰۱^{c}	۰/۶۳±۰/۰۱۵^{a}

*حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال (p<۰/۰۵) است.

تقارن کیک

نتایج آنالیز واریانس این ویژگی نشان داد که اثر درصد پودر در تقارن کیک معنی‌دار است (p<۰/۰۵). نتایج اندازه‌گیری تقارن تیمارها در شکل ۲ آمده است. با افزایش درصد پودر در ترکیب کیک، تقارن کیک‌ها کاهش یافت، بالاترین میزان تقارن مربوط به کیک‌های تهیه‌شده با ۲۵درصد پودر بود. کمترین میزان تقارن مربوط به نمونهٔ ۱۰۰درصد پودر بود. ازطرفی نمونهٔ دارای ۵۰درصد پودر با تیمار کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت.

ارزیابی بافت کیک به روش دستگاهی

اثر روز نگهداری و تیمار بر سفتی بافت در نمونهٔ کنترل و کیک‌های تهیه‌شده با پودر شیرهٔ خرما در جدول ۵ آمده است. در طی روز اول نگهداری بین تیمارهای ۲۵درصد، ۵۰درصد، و ۷۵درصد پودر تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد اما بین تیمار ۱۰۰درصد پودر و کنترل اختلاف معنی‌دار بود. دلیل این امر

می‌تواند به علت حضور قند احیاکننده در پودر شیرهٔ خرما باشد که بهتر از ساکارز رطوبت را جذب می‌کند. بررسی تأثیر روز نگهداری بر سفتی بافت کیک نشان داد که روز نگهداری کیک اثر معنی‌داری بر سفتی بافت داشت و با گذشت زمان از میزان نرمی بافت کیک کاسته شد ($p<۰/۰۵$).

رنگ کیک

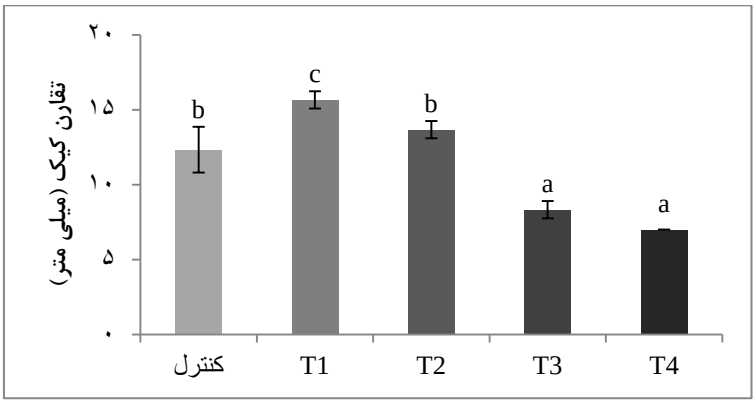
نتایج رنگ‌سنجی با دوربین دیجیتالی و نرم‌افزار فتوشاپ انجام شد. با نرم‌افزار فتوشاپ سه فاکتور تعیین رنگ مشخص شد: اندیس L برای تیرگی و سفیدی محصول، اندیس a برای تعیین قرمزبودن محصول، و اندیس b به‌منظور تعیین میزان زردبودن محصول. نتایج آنالیز واریانس رنگ نشان داد که بین نمونه‌های کیک از نظر دو فاکتور L و b اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($p<۰/۰۵$). نتایج در جدول ۶ آورده شده است.

نتایج نشان داد که نمونهٔ دارای ۱۰۰درصد پودر رنگ تیره‌تری دارد در حالی‌که نمونهٔ کنترل بیشترین میزان روشنایی را به‌خود اختصاص داد. این امر می‌تواند به‌دلیل حضور قند احیاکنندهٔ فروکتوز، که در واکنش قهوه‌ای‌شدن شرکت می‌کند، و همچنین به‌دلیل میزان رنگ موجود در خرما باشد.

جدول ۵. اثر متقابل زمان و تیمار بر سفتی بافت (برحسب نیوتن) نمونهٔ کنترل و تیمارهای گوناگون

تیمار \ روز	روز ۱	روز ۷	روز ۱۴	روز ۲۱
کنترل	۰/۱۰± ۰/۰۰^{a}	۰/۱۵±۰/۰۱۰^{b}	۰/۲۳±۰/۰۱۲^{efg}	۰/۲۷±۰/۰۱۱^{hi}
۲۵درصد پودر	۰/۱۰±۰/۰۰^{a}	۰/۲۴±۰/۰۱۶^{fgh}	۰/۲۶±۰/۰۱۶^{gh}	۰/۳۳±۰/۰۱۲^{j}
۵۰درصد پودر	۰/۱۰±۰/۰۰^{a}	۰/۱۹±۰/۰۲^{cd}	۰/۲۲±۰/۰۲۲^{def}	۰/۳۰±۰/۰۱^{j}
۷۵درصد پودر	۰/۱۰±۰/۰۰^{a}	۰/۱۶±۰/۰۰^{bc}	۰/۲۱±۰/۰۱۱^{def}	۰/۲۷±۰/۰۳^{ghi}
۱۰۰درصد پودر	۰/۱۳±۰/۰۱۲^{ab}	۰/۱۵±۰/۰۱۲^{b}	۰/۲۰±۰/۰۰^{de}	۰/۲۴±۰/۰۰^{fgh}

*حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ($p<۰/۰۵$) است. (میانگین ± انحراف معیار)



شکل ۲. تأثیر درصدهای گوناگون جایگزینی پودر با ساکارز بر تقارن کیک
حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال p<۰/۰۵ است.
(T1 مربوط به تیمار ۲۵درصد پودرT2 مربوط به تیمار ۵۰درصدپودر ،T3مربوط به تیمار ۷۵درصد پودر، و T4مربوط به تیمار ۱۰۰درصد پودر است.)

جدول۶. مقایسهٔ میانگین امتیاز مشخصهٔ رنگ درصدهای گوناگون پودر و نمونهٔ کنترل

درصد جایگزینی	L^{*}	a^{*}	b^{*}
کنترل	۵۳/۸±۹/۴^{c}	۱۸±۱۰^{a}	۵۰/۳±۴/۸^{bc}
۲۵درصد پودر	۵۱±۳/۵^{bc}	۱۷/۷±۲/۴^{a}	۵۱/۹±۱/۷^{c}
۵۰درصد پودر	۴۶/۹±۲/۶^{abc}	۲۴±۳/۱^{a}	۴۷±۴/۶^{abc}
۷۵درصد پودر	۴۵/۵±۳/۱^{ab}	۲۲/۳±۲/۲^{a}	۴۶/۵±۳/۶^{ab}
۱۰۰درصد پودر	۴۱/۷±۶/۴^{a}	۲۱/۹±۲/۸^{a}	۴۴±۴^{a}

*حروف متفاوت نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ($p<۰/۰۵$) است. (میانگین ± انحراف معیار)

نتیجه‌گیری

نتایج کلی نشان داد که افزایش درصد پودر شیرهٔ خرما، علاوه بر اینکه بر وزن مخصوص خمیر کیک اثری افزایشی داشت، سبب افزایش دانسیتهٔ ظاهری و جسمی کیک نیز شد. این در حالی است که درصد پودر شیرهٔ خرما بر تقارن هندسی کیک‌های اسفنجی اثری منفی و نامطلوب داشته است. همچنین مشخص شد که افزایش درصد پودر شیرهٔ خرما، برخلاف اثر مدت زمان نگهداری، در فرمولاسیون نمونه‌های کیک اسفنجی سفتی بافت را کاهش داد. به‌طوری که در اولین روز نگهداری، نمونه‌های تهیه‌شده با پودر شیرهٔ خرما، مشابه نمونهٔ کنترل، دارای بافتی ترد و نرم بودند؛ و میزان نرمی بافت با افزایش مدت زمان نگهداری کاهش یافت. نمونهٔ ۲۵درصد پودر با توجه به فاکتور رطوبت، فعالیت آبی کمتر در طی دورهٔ نگهداری، حجم، و رنگ مطلوب نشان داد که می‌تواند جایگزین مناسبی برای بخشی از ساکارز باشد.

REFERENCES

AACC. American Association of Cereal Chemists (1999) Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul Minnesota.

Abo-baker, T.M., Mohammad, M.S., Aziz, V.N., Alex, J. (1988) Production of liquid sugar at various stage of inversion. *Journal of Agriculture Research*, 33, 79-94.

Ablett, S., Attenburrow, G.E., Lillford, PJ. (1986) The significance of water in the baking process. In: Chemistry and physics of baking. Edited by Blanchard, J.M.V., Frazier, P.J., Galliard, T. The Royal Society of Chemistry, London.

Akesowan, A. (2009) Quality of reduced- fat chiffon cakes prepared with erythritol sucralose as replacement for sugar. *Pakistan Journal of Nutrition*, 13, 83-86.

Alasalvar, C., Al-Farsi M., Al-Abid M., Al-Shoaily K., Al-Amry, M (2007) Compositional and functional characteristics of dates, syrups and their by-products. *Food Chemistry*, 104, 943-947.

Baeva, M.R., Pancheve, I.N. and Terzieva, V.V. (2000) Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cake. Die Nahrung, 44, 242-246.

Baliga, M.S., Baliga, B.R.V., Kandathil, S.M., Bhat, H.P., Vayalil, P.K. (2011) A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L). *Food Research International*, 44,11-20.

Bhandari B.R., Patel K.C. and Chen X.D. (2008) Spray drying of food materials process and product characteristics. In X.D. Chen and A.S. Mujumdar (Eds.), Drying Technology of Food Processing, pp. 113-157. Blackwell Publishing, UK.

Brennan, J.G. (2006) Evaporation and Dehydration. In J.G. Brennan (Ed.), Food Processing Handbook (pp. 85, 96-96, 105-110). Wiley- VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany.

Borchani, C., Masmoudi M., Besbes, S., Attia, H., and Deroanne, C. (2011) Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality. *Journal of Texture Studies*, 42, 300-308.

Dickinson, E. (1993). Proteinpolysaccharides interactions in food hydrocolloids. in: Food Colloids and Polymers: Stability and Mechanical Properties. Dickinson, E. and Walstra, P. Royal Society of Chemistry.UK, pp. 77-93.

Frye A.M., Sester C.S. (1992). Optimizing texture of reduced-calorie yellow layer cakes. *Cereal Chemistry*, 69, 338-43.

Kocer D., Hicsasmaz Z., Bayindirli A., Katnas S.A. (2006) Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, 78, 953-964

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.

Matsakidou, A., Paraskevopoulou, A. (2010) Aroma and physical characteristic of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. LWT- *Food Science and Technology*, 43, 949-957.

Peighambardoust S.H. (2009) Technology of cereal products. 1st Ed. Tabriz: Tabriz University of Medical Sciences Publications. Vol. 2. 217-219 [in Persian].

Qunyi, T. and Xiaoyu, Zh. (2010) Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. *Food Science and Technology*, 43, 2284–228

Winkelhausen, E., Jovanovic-Malinovska, R., Velikova, E. and Kuzmanowa, S. (2007) Sensory and microbiological quality of a baked product containing xylitol as an alternative sweetener. *International Journal of Food Properties*, 10, 639-649.