(مقاله پژوهشی)

تاثیر درصد و اندازه ذرات هسته خرما بر ویژگی‌های کیفی خمیر و کیک اسفنجی فاقد گلوتن

مرجان حاجی زاده[۱] ، سارا انصاری[۲*] و بهرام بحری[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد کازرون، دانشگاه آزاد اسلامی، کازرون، ایران.

۳-استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد شهرضا، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرضا، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۳۱

چکیده

هسته خرما یکی از محصولات پسماند کارخانجات فرآوری خرما است که می‌تواند به عنوان منبع غنی از فیبر تغذیه‌ای با خواص تکنولوژیکی قابل‌توجه فن‌آوری در نظر گرفته شود. این مطالعه به منظور بررسی تاثیر پودر هسته خرما در سطوح مختلف (۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) با اندازه ذرات متفاوت (۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون) به عنوان جایگزین نشاسته بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خمیر و کیک اسفنجی فاقد گلوتن انجام گردید. مطابق نتایج این پژوهش، تعداد حباب‌های هوا در خمیر کیک با کاهش اندازه ذرات پودر هسته خرما افزایش یافت. با افزایش درصد جایگزینی میزان قوام، سفتی، شاخص ویسکوزیته و پیوستگی خمیر و دانسیته کیک بطور معنی‌داری افزایش و حجم ویژه نمونه‌های کیک کاهش یافت. کاهش اندازه ذرات موجب افزایش معنی‌دار شاخص حجم کیک (در سطح جایگزینی ۴۰ درصد) و کاهش قوام، سفتی، شاخص ویسکوزیته و پیوستگی خمیر گردید. نتایج حاصل از رنگ‌سنجی (L*a*b*) نشان داد که افزودن پودر هسته خرما و کاهش اندازه ذرات آن موجب کاهش معنی‌دار مؤلفه-های روشنایی و زردی و افزایش معنی‌دار شاخص قرمزی مغز کیک گردید ($p<0.05$). نمونه‌های کیک با سطوح بیشتر پودر هسته خرما بطور معنی‌داری سفتی و صمغیت بافت بیشتری داشتند ($p<0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد افزودن پودر هسته خرما به کیک موجب کاهش معنی‌دار امتیاز تخلخل و رنگ پوسته و افزایش اندازه ذرات آن موجب کاهش امتیاز بافت، عطر و طعم گردید ($p<0.05$). به‌عنوان نتیجه‌گیری نهایی می‌توان گفت که جایگزینی تا سطوح ۳۰ درصد با اندازه ذرات کوچک می‌تواند ضمن حفظ خصوصیات حسی، در تولید کیک فاقد گلوتن مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: نشاسته سیب زمینی، هسته خرما، کیک فاقد گلوتن، خصوصیات فیزیکی.

* مسئول مکاتبات: ansari.fse@gmail.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، مصرف فرآورده‌های غله‌ای فاقد گلوتن به دلیل شیوع بیماری‌هایی مانند سلیاک یا عدم تحمل مصرف گلوتن افزایش یافته است. سلیاک بیماری مزمنی است که در اثر دریافت پروتئین گلوتن از منابع غذایی مانند گندم، چاودار، جو و یولاف حاصل شده و یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی محسوب می‌گردد. تنها درمان مؤثر برای این بیماری پایبندی به یک رژیم غذایی بدون گلوتن در طول عمر بیمار است (۲۸). از آن جا که گلوتن نقش بسیار مهمی در ایجاد بافت مطلوب، ویژگی‌های حسی و کیفیت نهایی محصول دارد، جایگزینی گلوتن همواره یکی از مسائل چالش‌برانگیز در صنعت غذا بوده است. در خمیرکیک، برخلاف خمیر نان، شبکه گلوتن قوی به دلیل گسیختگی‌های ناشی از مقادیر بالای قند و چربی ایجاد نمی‌شود. با این وجود، گلوتن هنوز هم نقش مهمی در تولید محصولات با حجم مطلوب، بافت نرم و رضایت بخش ایفا می‌کند و لذا عدم وجود گلوتن می‌تواند به کاهش کیفیت منجر شود (۳۹). استفاده از رژیم غذایی فاقدگلوتن منجر به دریافت کمتر فیبر و مواد مغذی و همچنین مقادیر بالای چربی با کیفیت پایین می‌گردد (۱۰). جهت افزایش محتوای فیبر محصولات فاقد گلوتن، ترکیباتی نظیر ایزوله بتاگلوکان یولاف (۳۳)، سبوس برنج (۳۰)، آرد سیب‌زمینی (۳۶) و شبه‌غلات نظیر آمارانت، گندم سیاه و کینوا (۳) به آن‌ها اضافه شده‌اند. روشی دیگر برای افزایش کیفیت تغذیه‌ای در فرآورده‌های فاقد گلوتن، افزودن محصولات جانبی میوه و سبزی به این محصولات است. از آن‌جا که این محصولات جانبی، منابع مقرون به صرفه از اجزاء عملگر حاوی فیبرهای خوراکی، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و پروتئین‌ها به شمار می‌آیند. محصولات جانبی میوه‌ها و سبزیجات مانند تفاله سیب، هویج، گوجه فرنگی و هویج به طور موفقیت‌آمیزی در تولید محصولات صنایع پخت مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۲۵و۳۸). از جمله تحقیقات انجام شده دراین رابطه می‌توان به افزودن تفاله پرتقال جهت افزایش فیبر در نان فاقد گلوتن (۲۹)، روغن دانه کنف و برگ‌های چای سبز بدون کافئین جهت بهبود ارزش تغذیه‌ای بیسکویت فاقد گلوتن (۳۲) و پالپ میوه جمبو[1] به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای و کیفیت کیک فاقد گلوتن (۳۷) اشاره کرد. برخی محققین نیز محتوای فیبر کیک لایه‌ای فاقد گلوتن را با استفاده از اینولین، صمغ گوار، فیبر جو و ترکیبی از آن‌ها افزایش دادند. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که سطح جایگزینی و اندازه ذرات منابع فیبری مختلف (مانند سبوس گندم، برنج، و جو) مورد استفاده برای غنی‌سازی محصولات صنایع پخت، تاثیر قابل توجهی بر روی کیفیت آن‌ها دارد و بنابراین، می‌بایست در فرمولاسیون محصولات، نوعی بهینه‌سازی انجام گردد (۱۶و۱۸). خُرما با نام علمی *Phoenix dactylifera L.* گیاهی تک لپه ای و گرمسیری جزء تیره نخل‌ها است که در میان کشورهای خاورمیانه محبوبیت زیادی دارد. این میوه از یک پریکارپ گوشتی و هسته تشکیل شده که حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد وزن میوه خرما را تشکیل می‌دهد. هسته خرما به عنوان پسماند بسیاری از کارخانجات فرآوری خرما (نظیر خرمای بدون هسته، شیره خرما، خمیر خرما، چیپس خرما و...) می باشد که در حال حاضر، به طور عمده برای تهیه خوراک دام کاربرد دارد (۴). هسته خرما حاوی مقادیر قابل‌توجهی فیبر (67.6– 74.2 g/100 g) و ترکیبات ریزمغذی نظیر سلنیوم، آهن، کلسیم، ترکیبات فنلی، استرول‌ها، توکوفرول‌ها، یون‌های فلزی و اسیدهای آمینه ضروری می‌باشد. ترکیبات فنلی موجود در هسته خرما عمدتاً اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها هستند که خواص فراسودمندی این ترکیبات گزارش شده است (۴ و ۱۹). هسته خرما با توجه به دارا بودن ترکیبات مفید، همچنین قیمت پایین و سهولت دستیابی، امروزه به عنوان یک منبع فراسودمند و ارزان در مواد غذایی مورد توجه است. پودر هسته خرما بطور موفقیت‌آمیزی در محصولات غذایی مختلف نظیر گوشت، محصولات نانوایی، شکلات و نوشیدنی استفاده شده است (۳۱ و ۱۴).

1- Jambolan Fruit Pulp

پلاتات و همکاران[1] (۲۰۱۵) از آرد هسته خرما به عنوان جایگزین آرد گندم در تهیه نان پیتا[2] استفاده کردند. ناصحی و اصغری‌پور[3] (۲۰۱۹) به بررسی اثر جایگزینی آرد با پودر هسته خرما بر خواص کوکی فاقد گلوتن پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که جایگزینی آرد هسته خرما سبب افزایش میزان ترکیبات فنلی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و فیبر در این محصول گردید (۲۷). هدف اصلی از این مطالعه بررسی اثر پودر هسته خرما (در سطوح و اندازه ذرات مختلف) در تولید کیک اسفنجی بدون گلوتن جهت افزایش کیفیت آن است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

نشاسته سیب‌زمینی (شرکت Gelimax، امارات)، روغن سویای مایع (شرکت نرگس، شیراز)، کلرید سدیم (شرکت سپید دانه، شیراز)، شکر (شرکت میلاد دنا، یاسوج) و شیر خشک بدون چربی(شرکت پگاه، اصفهان)، پودر پخت (شرکت بهار، کازرون)، صمغ قدومه شیرازی (شرکت گام پارسیان، تهران)، وانیل و تخم مرغ از فروشگاه محلی کازرون تهیه گردید. پودر هسته خرما (شرکت قند خرمای مینو، شیراز) توسط الک ارتعاشی (مهند ویبره، ایران) به سه دسته با اندازه‌های ذرات ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون الک شدند.

۲-۲- تهیه خمیر و تولید کیک

فرمولاسیون کیک‌های اسفنجی تهیه شده در این پژوهش در جدول ۱ گزارش شده است. پودر هسته خرما با اندازه‌های ذرات ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون جایگزین ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد نشاسته موجود در فرمولاسیون خمیر شد. جهت تهیه کیک در ابتدا روغن، پودر شکر و تخم‌مرغ با استفاده از یک همزن برقی (مدل HM330، ساخت شرکت کنوود[4]، چین) به مدت ۵ دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس آب و صمغ قدومه شیرازی به این کرم اضافه و عمل همزدن به مدت ۵ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد بیکینگ پودر و وانیل به آرد بدون گلوتن به تدریج اضافه گردید. در ادامه خمیر آماده شده درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته و در فر آزمایشگاهی (مدل Minicombo، ساخت شرکت Zuccihelli Forni، ایتالیا) با دمای ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۴۰ تا ۴۵ دقیقه قرار داده شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور انجام آزمایشات مربوطه، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند.

1- Platat *et al.*
2- Pita
3- Nasehi and Asgharipour
4-Kenwood

جدول۱- فرمولاسیون کیک‌های تهیه شده طی جایگزینی نشاسته سیب‌زمینی با آرد هسته خرما در سطوح و اندازه ذرات مختلف

مواد اولیه	میزان (گرم)			
	تیمار شاهد	تیمار ۲۰ درصد	تیمار ۳۰ درصد	تیمار ٤٠ درصد
نشاسته سیب‌زمینی	۱۰۰	۸۰	۷۰	٦۰
آرد هسته خرما(۱۲۵، ۲۵۰ و یا ۵۰۰)	۰	۲۰	۳۰	٤۰
شکر	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲
روغن مایع	۵۷	۵۷	۵۷	۵۷
تخم‌مرغ	۷۲	۷۲	۷۲	۷۲
آب	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
پودر پخت	٦	٦	٦	٦
شیر خشک	٦	٦	٦	٦
وانیل	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
صمغ قدومه شیرازی	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
جمع کل	۳٤۵	۳٤۵	۳٤۵	۳٤۵

۲-۳- آزمون‌های پودر هسته خرما

۲-۳-۱- اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی

اندازه‌گیری میزان پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر و فیبر خام بترتیب طبق روش‌های استاندارد AACC 12-44، AACC 30-10، AACC 44-15 ، AACC 08-01 و AACC 32-45 صورت گرفت. میزان کربوهیدرات با کم کردن وزن سایر مواد اندازه‌گیری شده نسبت به وزن کل محاسبه گردید (۱).

۲-۳-۲- تعیین pH

اندازه‌گیری pH آرد گندم، پس از مخلوط کردن ۱۰ گرم خمیر با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه pH متر (مدل 632، ساخت شرکت متروم[1]، سوئیس) صورت پذیرفت (۱).

۲-٤- آزمون‌های خمیر

۲-٤-۱- تعیین pH

میزانpH نمونه‌های خمیر مطابق روش گفته شده برای پودر هسته خرما اندازه‌گیری شد (۱).

۲-٤-۲- اندازه‌گیری قوام

به منظوراندازه‌گیری قوام خمیر از قوام‌سنج بوستویک (مدل Cole-Parmer، ساخت شرکت فیشر، آمریکا) استفاده شد.

۲-٤-۳- ویژگی‌های بافتی

ویژگی‌های بافتی نمونه‌های خمیر با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل Ct3 10K، ساخت شرکت بروکفیلد، آمریکا) و از طریق آزمون اکستروژن برگشتی[2] انجام شد. برای این منظور، ۶۰ گرم خمیر در ظرف استوانه‌ای شیشه‌ای با ارتفاع ۷۰ میلی‌متر و عرض ۵۰ میلی‌متر ریخته شد و سپس آزمون در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد صورت پذیرفت. آزمون با سرعت پیش آزمون[3] ۲ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت اصلی آزمون ۲ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت پس آزمون[4] ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه، فاصله ۸ میلی‌متر و نیروی محرک ۵ گرمی با استفاده از پروب[5] استوانه‌ای با قطر ۴۰ میلی‌متر انجام شد. در نمودار بدست آمده از دستگاه بافت‌سنج، سفتی بر اساس

1- Metrohm

2- Back Extrusion
3- Pre-test Speed
4- Post-test Speed
5- Probe

بیشینه نیروی مثبت (kg)، قوام[1] بر اساس سطح منحنی در ناحیه مثبت (kg s)، ویسکوزیته[2] بر اساس سطح منحنی در ناحیه منفی و در نهایت پیوستگی[3] بر اساس بیشینه نیروی منفی (kg) تعیین شدند (۲۵).

۲-٤-٤- ریزساختار خمیر

به منظور مشاهده حباب‌های هوا در خمیر از میکروسکوپ نوری (مدل CH-40، ساخت شرکت المپیوس[4]، ژاپن) مجهز به دوربین دیجیتال استفاده شد. مقدار کمی از خمیر بر روی اسلاید شیشه‌ای میکروسکوپ قرار گرفت و پس از قرار دادن لامل بر روی آن نمونه با لنز 4x مشاهده گردید. جهت ارزیابی عکس نمونه‌ها از نرم افزار Image-j استفاده گردید (۲۰).

۲-۵- آزمون‌های کیک

۲-۵-۱-اندازه‌گیری دانسیته، حجم ویژه، شاخص حجم و یکنواختی

حجم نمونه‌های کیک با روش جایگزینی دانه‌کلزا طبق روش مصوب AACC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد که پس از تقسیم بر وزن کیک، دانسیته (یا وزن مخصوص) کیک بدست آمد. با استفاده از نسبت حجم کیک بر وزن کیک حجم ویژه کیک محاسبه گردید. شاخص حجم[5] و شاخص یکنواختی[6] کیک با استفاده از روش الگوی AACC 10-91 اندازه‌گیری شد (۱).

۲-۵-۲- اندازه‌گیری رنگ

تعیین رنگ نمونه‌ها به وسیله‌ی دستگاه هانترلب (مدل Colorflex، ساخت کشور آمریکا) انجام گردید و مقیاس CIE برای اندازه‌گیری فاکتور L* (سیاه معادل عدد صفر و سفید معادل عدد ۱۰۰)، a* (قرمز ۶۰ تا سبز ۶۰-) و b* (زرد ۶۰ تا آبی ۶۰-) به کار گرفته شد (۶).

۲-۵-۳- بافت‌سنجی کیک

ارزیابی بافت کیک با استفاده از دستگاه بافت‌سنج بروکفیلد (مدل Ct3 10K، ساخت آمریکا) صورت گرفت. برای این منظور قطعاتی با عمق ۲ سانتی‌متر از مرکز کیک برش داده شده و آزمون فشردگی دومرحله ای با استفاده از پروب استوانه‌ای با قطر ۷۵ میلی‌متر و با سرعت پیش تست ۵ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۰/۲۵ میلی‌متر بر ثانیه، فاصله زمانی ۱۰ ثانیه و تغییر شکل کرنش ۲۵درصد انجام پذیرفت. سپس پارامترهای مختلفی نظیر سفتی، صمغیت[7]، مقاومت به جویدن[8] و قابلیت ارتجاع[9] از منحنی آنالیز پروفایل بافت[10] محاسبه شد (۹).

۲-۵-٤- ارزیابی حسی

آزمون حسی توسط ۳۲ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده (۱۶ مرد و ۱۶ زن ، بین ۲۰ تا ۳۰ سال) طبق استاندارد AACC شماره ۳۰-۷۴ سال۲۰۰۰ انجام شد. نمونه‌های کیک به صورت تصادفی با شماره‌های سه رقمی کدگذاری شده و بر روی صفحات سفید، در زیر نور روز با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد توسط ارزیاب ها مورد بررسی قرار گفتند. با استفاده از روش امتیازدهی هدونیک ۹ نقطه‌ای ویژگی‌های حسی نمونه‌ها نظیر رنگ پوسته و مغز، بافت، تخلخل، عطر و طعم، و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت (۹).

۲-٦- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصله با نرم‌افزار SPSS V.22 انجام پذیرفت. متغیرهای فرآیند شامل پودر هسته خرما (در سه سطوح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) و اندازه ذرات آن (در سه سطح ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون) بود. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. نتایج حاصله توسط جدول تجزیه واریانس در سطح معنی داری ۵ درصد و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده

1- Consistency
2- Viscosity
3- Cohesiveness
4- Olympus
5- Volume Index
6- Uniformity Index
7- Gumminess
8- Chewiness
9- Springiness
10- Texture Profile Analysis (TPA)

گردید. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Microsoft Excell 2007 استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی پودر هسته خرما

نتایج بررسی ترکیبات شیمیایی پودر هسته خرما در اندازه ذرات مختلف در جدول ۲ ارائه شده است که مطابق آن، میزان خاکستر و کربوهیدرات با کاهش اندازه ذرات تفاوت معنی‌داری نشان ندادند، اما با کاهش اندازه ذرات، میزان چربی و پروتئین بطور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش و میزان فیبر به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) کاهش یافت. درواقع با کاهش اندازه ذرات، ممکن است برخی ترکیبات چربی توسط حلال هگزان بهتر قابل استخراج و اندازه‌گیری باشند و یا حرارت ایجاد شده طی آسیاب منجر به استخراج بهتر برخی ترکیبات چربی باشد. به‌علاوه از آنجا که ضمن آسیاب‌کردن ممکن است ابعاد قسمت‌های مربوط به مزوکارپ گوشتی و هسته‌های متصل به آن‌ها (حاوی قند و فیبر) کاهش نیافته باشد، بنابراین کاهش قند و فیبر با کاهش اندازه ذرات هسته خرما قابل‌مشاهده است. ترکیبات شیمیایی هسته خرما به‌دست آمده در این مطالعه کمتر از مقادیر گزارش شده توسط بسبیس و همکاران[1] (۲۰۰۴) بود که بترتیب مقادیر ۵/۱۷ تا ۵/۵۶ درصد، ۱۰/۱۹ تا ۱۲/۶۷ درصد، ۱/۱۵ تا ۱/۱۲ درصد و ۸۱ تا ۸۳/۱ درصد را برای پروتئین، چربی، خاکستر و کربوهیدرات کل هسته دو واریته خرما گزارش کردند (۸). pH خرما معمولاً در محدوده ۵/۳ تا ۶/۳ است (۱۴) که pH پودرهای هسته خرما مورد مطالعه در این تحقیق نیز در این محدوده قرار دارد. بعلاوه اختلاف معنی‌داری بین مقادیر pH آرد هسته خرما با اندازه ذرات مختلف دیده نمی شود ($p>0.05$).

جدول۲- ترکیبات شیمیایی پودر هسته خرما با اندازه ذرات ۱۲۵، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون

پارامترها	اندازه ذرات (میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
رطوبت (٪)	٦/٨٠±٠/١٩^{A}	٦/٧٠±٠/٣١^{A}	٦/٦٠±٠/٣٨^{A}
خاکستر (٪)	٢/٦٥±٠/٠٥^{A}	٢/٤٨±٠/١٤^{A}	٢/١٢±٠/٢٣^{A}
پروتئین (٪)	٦/٠٠±٠/٣٣^{B}	٦/٤١±٠/٧٩^{B}	٧/٤٠±٠/٣٢^{A}
چربی (٪)	٤/٤٧±٠/٢٩^{C}	٥/٣٨±٠/٢٢^{B}	٦/١٢±٠/٠٩^{A}
فیبر (٪)	١٤/٣٦±٠/١٧^{A}	٩/١٤±٠/١٠^{B}	٧/٦٧±٠/١٢^{C}
کربوهیدرات (٪)	٦٥/٧٢±٠/٣٢^{A}	٦٩/٨٩±٠/٠٤^{A}	٧٠/٩٩±٠/١٢^{A}
pH	٥/٤٠±٠/٠٣^{A}	٥/٣١±٠/٠٢^{A}	٥/٢١±٠/٠١^{A}

*حروف بالانویس بزرگ متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

1- Besbes *et al.*

۳-۲- ویژگی‌های خمیر کیک

۳-۲-۱- ویژگی‌های فیزیکی خمیر

تاثیر پودر هسته خرما بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خمیر کیک در جدول۳ نشان داده شده است. افزایش سطح جایگزینی تأثیر معنی‌داری بر pH نمونه‌های خمیر نداشته و کاهش اندازه ذرات تنها در سطح ۴۰ درصد جایگزین تأثیر معنی‌داری بر pH داشته است. جایگزین کردن آرد هسته خرما با اندازه ذره ۱۲۵ میکرون بجای ۳۰ و۴۰ درصد آرد بدون گلوتن در فرمولاسیون خمیر کیک تولیدی، موجب کاهش معنی‌دار pH خمیر گردید. دلیل این کاهش احتمالاً مربوط به pH پودر هسته خرما جایگزین شده می‌باشد. در واقع با توجه به ماهیت اسیدی بیشتر در مقایسه با سایر اجزای فرمولاسیون کیک پیش بینی می‌شد افزودن آن به‌ویژه در نسبت‌های بالاتر و اندازه ذرات کوچکتر به دلیل افزایش سطح تماس باعث کاهش معنی‌دار مقدار pH تیمارها می‌شود. بطور مشابه، لونت و بیلگیسلی[1] (۲۰۱۱) کاهش pH خمیر را با افزودن آرد لوبیای لوپین[2] به خمیر کیک فاقد گلوتن گزارش کردند (۲۵). قوام خمیر در حد مطلوب برای حفظ حباب‌های هوای تشکیل شده طی هم زدن و CO_2 تولید شده توسط پودر پخت مورد استفاده در فرمولاسیون موردنیاز است (۸). باتوجه به رابطه معکوس عدد بوستویک با قوام خمیر، بنابر نتایج جدول ۳، با افزایش سطح جایگزینی و کاهش اندازه ذرات میزان قوام خمیر به طور معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافته است. افزایش قوام خمیر کیک از خروج حباب‌های هوایی وارد شده به خمیر در مراحل‌اولیه پخت، جلوگیری کرده و کیک، ساختار بسیار متخلخل و مطلوبی خواهد داشت. این مساله می‌تواند به‌دلیل غنی‌بودن هسته خرما از ترکیبات فیبری و کربوهیدرات باشد. پایین یا بالا بودن بیش از حد قوام خمیر کاهش حجم کیک را به دنبال دارد (۱۶). با افزایش اندازه ذرات نیز حباب‌های هوای کمتری در حین اختلاط خمیر به دام افتاده، عدد بوستویک کاهش و قوام خمیر افزایش می‌یابد. مطابق جدول ۳، در اندازه ذرات یکسان با افزایش سطح جایگزینی آرد هسته خرما از ۲۰ به ۴۰ درصد میزان قوام، سفتی، شاخص ویسکوزیته و پیوستگی خمیر به صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. یکی از دلایل، ترکیبات شیمیایی موجود در ضایعات فرآوری خرما می‌باشد. هیدروکلوئیدهای موجود در ضایعات فرآوری خرما با توانایی جذب آب و نیز واکنش با پروتئین‌ها، نشاسته و دیگر هیدروکلوئیدهای آرد و تشکیل شبکه، مقداری از آب آزاد را که در حرکت ذرات در خمیر مؤثر است به دام انداخته و بدین ترتیب سفتی، قوام، ویسکوزیته و پیوستگی خمیر را بالا می‌برند (۱۷و۷). همچنین با افزایش سطح جایگزینی درصد مواد قندی در خمیر افزایش می‌یابد با افزایش تعداد گروه‌های عاملی قندهای ضایعات فرآوری خرما (ساکاروز، فروکتوز و گلوکز) اتصالات هیدروژنی بیشتر شده و با کاهش تحرک آب آزاد موجب افزایش پیوستگی نمونه‌های خمیر می گردند. از طرفی سطح بالای املاح در ضایعات فرآوری خرما می‌تواند بر ساختار شبکه پروتئینی، حلالیت و برهمکنش آن با دیگر ترکیبات در سیستم غذایی اثر بگذارد (۱۶). افزایش ویسکوزیته خمیر کیک فاقد گلوتن با افزودن آرد سیب زمینی شیرین (۳۶) و پودر تفاله هویج (۸) گزارش شده بود. بعلاوه در مقادیر جایگزینی یکسان با افزایش اندازه ذرات آرد هسته خرما از ۱۲۵ به ۵۰۰ میکرون قوام، سفتی، شاخص ویسکوزیته و پیوستگی خمیر به صورت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت. در واقع با افزایش اندازه ذرات ضایعات فرآوری خرما، ظرفیت نگهداری آب و نیز حلالیت خمیر افزایش یافته که منجر به آزادسازی برخی ترکیبات در سیستم می‌گردد. این مساله ممکن است بر ویژگی‌های بافتی اثر گذاشته و موجب افزایش معنی‌دار سفتی، قوام و ویسکوزیته خمیر می‌شود (۲۷).

1- Levent and Bilgicli
2- Lupine

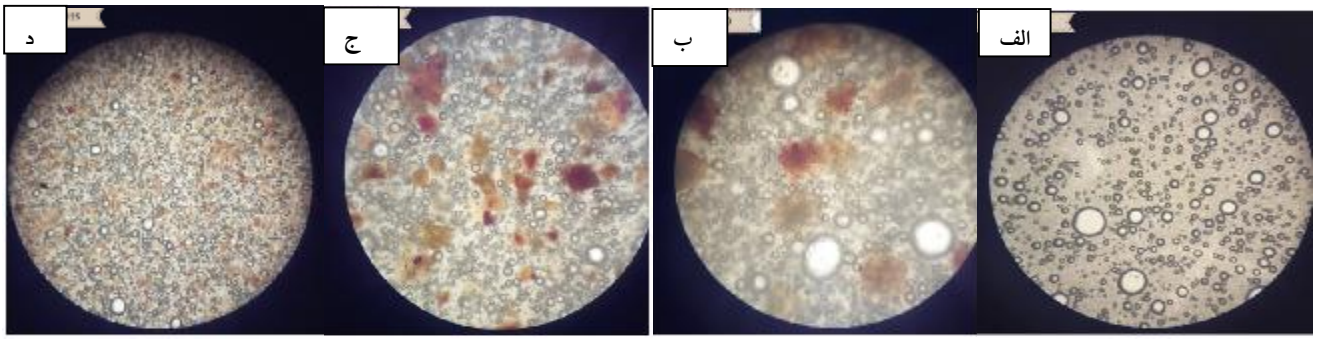
جدول ۳- تاثیر جایگزینی پودر هسته خرما بر خصوصیات خمیر کیک*

سطح جایگزینی (٪)	اندازه ذرات (میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
	pH		
۰	۷/۷۸±۰/۳۱^{aA}	۷/۷۸±۰/۳۱^{aA}	۷/۷۸±۰/۳۱^{aA}
۲۰	۷/۷٤±۰/۱۳^{aA}	۷/۷۰±۰/۰٤^{aAB}	۷/٦۸±۰/۰۳^{aB}
۳۰	۷/٦۲±۰/۳۳^{aA}	۷/۵۰±۰/۲۷^{aA}	۷/٤۰±۰/۳۲^{bA}
٤۰	۷/۵۳±۰/۱۰^{aA}	۷/۵۹±۰/۱۱^{aB}	۷/۱۷±۰/۰۹^{bC}
	عدد بووستویک (سانتی متر بر ۳۰ ثانیه)		
۰	۵/۷۳±۰/۵۱^{aAB}	۵/۷۳±۰/۵۱^{aAB}	۵/۷۳±۰/۵۱^{aAB}
۲۰	٤/٦٦±۰/٤۰^{bB}	۵/۳٦±۰/٤۷^{aAB}	۵/۷۰±۰/۳٦^{aA}
۳۰	۵/۰٦±۰/٤۳^{abC}	۵/۳٦±۰/۵۵^{aA}	٦/۰۰±۰/۲٦^{aA}
٤۰	۱/۳۳±۰/۱۵^{cC}	۲/٦٦±۰/۲۰^{bB}	۳/۳۳±۰/۲۸^{bA}
	قوام (Kg.s)		
۰	۰/۱۷±۰/۰۱^{aA}	۰/۱۷±۰/۰۱^{bA}	۰/۱۷±۰/۰۱^{cA}
۲۰	۰/۲۱±۰/۰۱^{bcA}	۰/۱۷±۰/۰۲^{bB}	۰/۱۲±۰/۰۱^{cC}
۳۰	۰/۲۵±۰/۰۱^{bB}	۰/۳۰±۰/۰۲^{aA}	۰/۱٤±۰/۰۱^{bC}
٤۰	۰/۳۵±۰/۰۵^{aA}	۰/۲۹±۰/۰۱^{aB}	۰/۱۸±۰/۰۰^{aC}
	سفتی (kg)		
۰	۰/۰٤٦±۰/۰۰۱^{dA}	۰/۰٤٦±۰/۰۰۱^{cA}	۰/۰٤٦±۰/۰۰۱^{bA}
۲۰	۰/۰۵۹±۰/۰۰۳^{cA}	۰/۰٤۵±۰/۰۰۲^{cB}	۰/۰۳٤±۰/۰۰۱^{dC}
۳۰	۰/۰۷۱±۰/۰۰۲^{bA}	۰/۰٦٦±۰/۰۰۱^{bB}	۰/۰٤۱±۰/۰۰۱^{cC}
٤۰	۰/۱۵۲±۰/۰۰۱^{aA}	۰/۰۸۰±۰/۰۰۳^{aB}	۰/۰۵۰±۰/۰۰۰^{aC}
	شاخص ویسکوزیته (kg.s)		
۰	۰/٦ ± ۰/۱^{cA}	۰/٦ ± ۰/۱^{bA}	۰/٦ ± ۰/۱^{aA}
۲۰	۰/۹ ± ۰/۱^{bcA}	۰/٦ ± ۰/۱^{bB}	۰/۵ ± ۰/۱^{aB}
۳۰	۱/۰ ± ۰/۱^{bA}	۰/۹± ۰/۱^{aA}	۰/٦ ± ۰/۲^{aB}
٤۰	۱/۸ ± ۰/۳^{aA}	۱/۱ ± ۰/۱^{aB}	۰/۸ ± ۰/۲^{aB}
	پیوستگی (kg)		
۰	-۰/۸۱۰±۰/۰۰۱^{dA}	-۰/۸۱۰±۰/۰۰۱^{bA}	-۰/۸۱۰±۰/۰۰۱^{bA}
۲۰	-۱/۲۱۵±۰/۰۰۱^{cA}	-۰/۸٤۵±۰/۰۰۳^{bB}	-۰/٦۸۰±۰/۰۰۲^{cC}
۳۰	-۱/۵۵۰±۰/۰۰٤^{bA}	-۱/۵۳۰±۰/۰۰۱^{aA}	-۰/٤۱۵±۰/۰۰۳^{dB}
٤۰	-۲/۵۹۵±۰/۰۰۲^{aA}	-۱/۵۰۵±۰/۰۰۲^{aB}	-۱/۱٤۵±۰/۰۰۱^{aC}

*حروف بالانویس کوچک و بزرگ متفاوت در هر ستون و ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

۳-۲-۲- ریزساختار خمیر

نحوه توزیع حباب‌های هوا نقش مهمی را در خمیر ایفا می‌کند و با افزایش تعداد حباب هوا تحرک و درهم‌آمیختگی اجزاء موجود در فرمولاسیون خمیر افزایش می‌یابد (۲۳). شکل ۱، تصاویر میکروسکوپ نوری نمونه‌های خمیر حاوی ۲۰ درصد آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰، ۲۵۰ و ۱۲۵میکرون و نمونه خمیر کنترل را نشان می‌دهد.



شکل ۱- تصویر حاصل از میکروسکوپ نوری برای خمیر کنترل (الف)، خمیر حاوی ۲۰ درصد آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون (ب)، ۲۵۰ میکرون (ج) و ۱۲۵ میکرون (د).

مطابق شکل۱، در مقایسه با نمونه کنترل با افزایش اندازه ذرات پودر هسته خرما تعداد حباب‌های هوا در خمیر کاهش می‌یابد، که این امر با نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری قوام و ویسکوزیته خمیر همخوانی دارد. بعلاوه در خمیر با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون پدیده بهم پیوستگی[1] حباب اتفاق می‌افتد که نشان‌دهنده پایداری کمتر خمیر و بنابراین ظرفیت نگهداری گاز کمتر طی پخت است. البته قابل ذکر است که حجم کیک علاوه بر هوای وارد شده به خمیر، تحت تاثیر فاکتورهای دیگری نظیر میزان هوای نگهداری شده در خمیر، گاز تولید شده توسط عوامل پخت هنگام فرایند و همچنین تشکیل یک ساختار پایدار هنگام پخت می‌باشد (۱۱). در این رابطه، دن و همکاران[2] (۲۰۱۶) گزارش کردند که غنی‌سازی نشاسته ذرت با آرد سویا موجب کاهش تعداد حباب‌های هوا در خمیر کیک اسفنجی و بروز پدیده بهم پیوستگی حباب در خمیر با اندازه ذرات درشت و متوسط گردید که متعاقباً ارتفاع و حجم ویژه نمونه‌های کیک حاصل کاهش یافت (۱۱).

۳-۳- ویژگی‌های کیک

۳-۳-۱- ویژگی‌های پخت کیک

در جدول۴، برخی خصوصیات فیزیکی نمونه‌های کیک فاقد گلوتن حاوی ضایعات خرما ارائه شده است که مطابق آن، جایگزینی پودر هسته خرما و نیز افزایش سطوح آن، موجب افزایش دانسیته نمونه‌های کیک فاقد گلوتن گردید که می‌تواند بدلیل فشردگی بیشتر و کاهش تخلخل کیک تولید شده باشد. اما با کاهش اندازه ذرات در هر یک از سطوح جایگزینی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($p>0.05$). بیشترین میزان چگالی مربوط به کیک حاوی ۴۰ درصد آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون و کم‌ترین آن مربوط به نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون می‌باشد. افزایش دانسیته می‌تواند به دلیل فشردگی بیشتر و کاهش تخلخل کیک تولید شده باشد. حجم کمتر کیک حاوی پودر هسته خرما مرتبط با قوام و ویسکوزیته بیشتر خمیر است که مانع از انبساط مناسب خمیر کیک در حین پخت و ایجاد حجم مطلوب در محصول می‌گردد. به علاوه در این خمیر، تعداد حباب‌های به دام افتاده درحین اختلاط خمیر کاهش می‌یابد (۳۳ و۳۴). انبساط کیک به مقدار زیادی وابسته به دمای ژلاتیناسیون نشاسته می‌باشد و انبساط بیشتر خمیر در دماهای

1- Coalescence
2- Dhen *et al.*

بالاتر ژلاتیناسیون بدست می‌آید (۱۶). ترکیبات موجود در پودر هسته خرما (نظیر فیبر، پروتئین و املاح) ممکن است با کاهش آب دردسترس برای ژلاتیناسیون نشاسته و برهمکنش با مولکول‌های آن موجب افزایش دمای ژلاتیناسیون نشاسته و در نتیجه خروج مقدار زیادی حباب‌های هوا وگازها از خمیر کیک قبل از انجام ژلاتیناسیون و کاهش حجم نمونه‌های کیک شوند (۳۸). افزایش دانسیته و کاهش حجم کیک با افزایش سطح جایگزینی منابع فیبری (تفاله سیب، پودر نوعی کاکتوس، سبوس گندم/جودوسر) توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۳۸، ۱۷ و ۷).

جدول ٤- تاثیر جایگزینی پودر هسته خرما بر خصوصیات پخت کیک*

سطح جایگزینی (٪)	اندازه ذرات (میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
	دانسیته (گرم بر سانتیمتر مکعب)		
۰	۰/۳۲۰±۰/۰۱۹^{aA}	۰/۳۲۰±۰/۰۱۹^{aA}	۰/۳۲۰±۰/۰۱۹^{bA}
۲۰	۰/۳۳۱±۰/۰۰٦^{bA}	۰/۳۳۷±۰/۰۳۱^{aA}	۰/۲۹۷±۰/۰۱٤^{bB}
۳۰	۰/۳۵۲±۰/۰۲۰^{abA}	۰/۳٤۱±۰/۰۳۰^{aA}	۰/۳۳۷±۰/۰۰۹^{aA}
٤۰	۰/۳۷۹±۰/۰۲٤^{aA}	۰/۳٤٦±۰/۰۰۸^{aA}	۰/۳٤۰±۰/۰۱۷^{aA}
	حجم ویژه		
۰	۳/۱۲۹±۰/۱۹۹^{aA}	۳/۱۲۹±۰/۱۹۹^{aA}	۳/۱۲۹±۰/۱۹۹^{aA}
۲۰	۳/۰۱۸±۰/۰۵۳^{aA}	۲/۹۷٦±۰/۲٦٤^{aA}	۳/۱۱۱±۰/٦۱۹^{aA}
۳۰	۲/۸۳۷±۰/۱۷۲^{abA}	۲/۹٤۳±۰/۲٤۹^{aA}	۲/۹٦۰±۰/۰۸٤^{aA}
٤۰	۲/٦۳۸±۰/۱٦۲^{bA}	۲/۸۸۸±۰/۰٦٦^{aA}	۲/۹۳۷±۰/۱٤٦^{aA}
	شاخص حجم (متر مکعب)		
۰	۱۰/۲۳±۱/۳۷^{aA}	۱۰/۲۳±۱/۳۷^{aA}	۱۰/۲۳±۱/۳۷^{aA}
۲۰	۹/۸۸±۰/۸۷^{aA}	۱۰/۳۰±۱/۰۸^{aA}	۱۰/۷٦±۰/۳۹^{aA}
۳۰	۱۰/۱۰±۱/۲٦^{aA}	۱۰/۲۷±۱/۳۲^{aA}	۱۰/۹۰±۰/۳۰^{aA}
٤۰	۹/٤٤±۰/۱۰^{aB}	۱۰/۱۵±۱/۰۳^{aAB}	۱۱/۳٤±۰/۸۱^{aA}
	شاخص یکنواختی (میلی متر)		
۰	۰/۰۷±۰/۰۲^{aA}	۰/۰۷±۰/۰۲^{aA}	۰/۰۷±۰/۰۲^{aA}
۲۰	۰/۲۷±۰/۲۹^{aA}	۰/۱٤±۰/۱۹^{aA}	۰/۳۰±۰/۱۷^{aA}
۳۰	۰/۱۲±۰/۰۸^{aA}	۰/۱۲±۰/۰۷^{aA}	۰/۲۰±۰/۲۳^{aA}
٤۰	۰/۱٦±۰/۱٦^{aA}	۰/۱٤±۰/۱۰^{aA}	۰/۱۹±۰/۱٦^{aA}

*حروف بالانویس کوچک و بزرگ متفاوت در هر ستون و ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی کیک ساختار متخلخل آن می‌باشد که از طریق انبساط هوا و افزایش حجم در طی پخت ایجاد می‌گردد. حجم ویژه کیک می‌تواند به عنوان یک شاخص افزایش حجم و در نهایت ساختار متخلخل محصول مورد استفاده قرار گیرد. مطابق جدول۴، با افزایش سطح آرد هسته خرما میزان حجم ویژه کاهش یافت. بعلاوه با کاهش اندازه ذرات آرد هسته خرما در هر یک از سطوح جایگزینی (به جز سطح ۲۰ درصد) حجم ویژه کیک افزایش یافت، اگرچه روند این تغییرات، از نظر آماری معنی‌دار نبود ($p>0.05$). نگهداری حباب‌های هوا در طی مخلوط کردن خمیر و انبساط حباب‌های هوا در طول پخت در حجم کیک نقش دارند. مجذوبی و همکاران[1] (۲۰۱۵) بیان نمودند که افزودن پودر هسته خرما به خمیر موجب کاهش حجم بیسکوییت می‌گردد که ناشی از کاهش گلوتن و کاهش قابلیت خمیر در حفظ و نگهداری گازها می‌باشد (۲۴). از طرفی رقابت ترکیبات هیدروکلوئیدی موجود در پودر هسته خرما برای جذب آب با نشاسته موجود در آرد، موجب افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته شده، لذا قبل از ژلاتینه‌شدن نشاسته مقدار زیادی آب از خمیر خارج شده و حجم محصول کاهش می‌یابد (۲). مقیمی[2] (۲۰۱۷) نیز گزارش نمود که غنی‌سازی نان باگت با پودر هسته خرما موجب کاهش حجم مخصوص نان می‌گردد (۲۶). مطابق جدول ۴، افزودن آرد هسته خرما در هیچ یک از سطوح تأثیر معنی‌داری بر شاخص حجم کیک نداشت. همچنین اندازه ذرات آرد هسته خرما تنها در سطح جایگزینی ۴۰ درصد دارای تأثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر شاخص حجم کیک بود و با افزایش اندازه ذرات شاخص حجم نمونه‌های کیک کاهش یافت. این در حالی است که مجذوبی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که جایگزین کردن پودر تفاله هویج با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون به مقدار ۳۰ درصد، شاخص حجم کیک فاقد گلوتن به صورت معنی‌داری کاهش یافت و در بقیه سطوح تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۲۵). بعلاوه نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی از ۲۰ درصد به۴۰ درصد میزان شاخص یکنواختی کیک کاهش یافت. با توجه به این که شاخص یکنواختی بزرگ‌تر نشان‌دهنده یکنواختی کمتر است، تمامی نمونه‌های حاوی آرد هسته خرما یکنواختی کمتری نسبت به نمونه کنترل داشتند، هرچند این تغییرات معنی‌دار نبود. به طور کلی برای کیک‌های با خواص کیفی مطلوب شاخص یکنواختی نزدیک به صفر است. به‌علاوه اندازه ذرات نیز در هیچ کدام از سطوح جایگزینی تأثیر معنی‌داری بر شاخص یکنواختی‌کیک نداشت. منطبق بر نتایج این تحقیق، لونت و بیلگیسلی[3] (۲۰۱۱) گزارش کردند که سطوح بالای آرد گندم سیاه[4] (۱۵ و ۲۰ درصد) شاخص یکنواختی و شاخص تقارن کیک را بهبود بخشید، هرچند موجب کاهش نرمی مغز کیک گردید (۲۱).

1- Majzoobi *et al.*
2- Moghimi
3- Levent and Bilgicli
4- Buckwheat Flour

۳-۳-۲- رنگ کیک

به طور کلی رنگ کیک ناشی از واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون در طی پخت می‌باشد (۱۳). از آن‌جا که دمای مغز کیک برای واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون به اندازه کافی بالا نمی‌باشد؛ رنگ مغز بیشتر به‌وسیله ترکیبات استفاده شده در دستورالعمل کیک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. گومز و همکاران[1] (۲۰۱۰) نیز رنگ تیره‌تر سبوس نسبت به آرد کیک را عامل اصلی تغییر رنگ مغز کیک دانستند (۱۶). مطابق جدول ۵، جایگزین کردن پودر هسته خرما بجای مقادیر ذکر شده از نشاسته، سبب کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) شاخص *L (روشنایی-تیرگی) و شاخص *b (زردی-آبی) مغز نمونه‌های کیک بدون گلوتن شده است که دلیل آنرا میتوان به رنگ تیره‌تر آرد هسته خرما نسبت به نشاسته سیب‌زمینی نسبت داد. این کاهش با بکاربردن پودر با اندازه ذرات کوچک‌تر در سطوح بالاتر بیشتر بوده است.

جدول ۵- تاثیر جایگزینی پودر هسته خرما بر شاخص‌های رنگ مغز کیک*

سطح جایگزینی (٪)	اندازه ذرات (میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
	فاکتور *L		
۰	۸۳/۵۰±۱/۷۹^{aA}	۸۳/۵۰±۱/۷۹^{aA}	۸۳/۵۰±۱/۷۹^{aA}
۲۰	۶۱/۹۲±۳/۲٤^{bA}	٤٦/۳٤±۲/۷٤^{bB}	۳٤/٦٥±۱/۳۷^{bC}
۳۰	٦۳/۷۲±۰/۸۹^{bA}	۳٥/۲٥±۱/۳۷^{cB}	۳٦/۱٥±۳/۱٥^{bB}
٤۰	٦۳/۱٤±۱/۰٥^{bA}	۳۷/۳٥± ٤/٤۳^{cB}	۲۷/۷٦±۳/۲٤^{cC}
	فاکتور *a		
۰	۰/٤۳ ±۰/۲۱^{cE}	۰/٤۳ ± ۰/۲۱^{cE}	۰/٤۳ ± ۰/۲۱^{bE}
۲۰	۱/۷۸±۱/۱۲^{bcC}	٥/۷۱ ± ۱/۲۷^{bB}	۱۱/۷۷±۱/٥٦^{aA}
۳۰	۳/۰۱±۰/۸٥^{abC}	۸/٤۱ ± ۱/٥۳^{aB}	۱۳/٥۷±۱/۷۰^{aA}
٤۰	۳/٥۹±۰/٦۱^{aC}	۸/۹۰ ± ۰/٤۲^{aB}	۱۲/۸٤±۱/٥۳^{aA}
	فاکتور *b		
۰	۳۰/۳۲±۳/٤۲^{aE}	۳۰/۳۲±۳/٤۲^{aE}	۳۰/۳۲±۳/٤۲^{aE}
۲۰	۲۰/۳٦±٤/۲٤^{bA}	۲٥/۱۸±۷/٥۱^{abA}	۱۸/٦۱±۱/۱٤^{bA}
۳۰	۲۱/٦۰±۲/۸۲^{bA}	۱۸/۱۲±۲/٦۲^{bA}	۱۷/٦۲±۲/٦۹^{bcA}
٤۰	۱۷/۳۷±۱/۱٤^{bA}	۱۷/٦۲± ۱/۲۹^{bA}	۱۳/۳۹±۲/۲۸^{cB}

*حروف بالانویس کوچک و بزرگ متفاوت در هر ستون و ردیف بیانگر تفاوت معنی دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

1- Gomez *et al.*

رنگ تیره پودر هسته خرما به‌دلیل وجود ترکیبات لیگنینی در هسته خرما می‌باشد (۲۷). همچنین پودر هسته خرما دارای مقداری قند و پروتئین می‌باشد که موجب تشدید واکنش میلارد و در نتیجه تیرگی رنگ نمونه‌های کیک می‌گردد. قابلیت نگهداری آب پودر هسته خرما با تسریع در رسیدن فعالیت آبی سطح کیک به مقدار مناسب برای واکنش میلارد باعث تیره‌تر شدن رنگ پوسته کیک می‌شود (۱۶و۲۷). بعلاوه با کاهش اندازه ذرات و سطح جایگزینی، شاخص a* (قرمزی-سبزی) مغز نمونه‌های کیک بصورت معنی‌داری ($p<0.05$) افزایش یافته است (جدول ۵) که بدلیل وجود رنگدانه‌های طبیعی هسته خرما می‌باشد. بنابراین رنگ مغز کیک به سمت قرمزی متمایل شده است. هر چقدر رنگ سبز-قرمزی آرد هسته خرما بیشتر باشد، ترکیبات فنولی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بیشتر است (۳۱). در همین راستا، اصغری‌پور و همکاران[1] (۲۰۱۸) با بررسی تغییرات رنگی اسنک بر پایه ذرت حاوی پودر هسته خرما، افزایش معنی‌دار شاخص a* و کاهش شاخص b* را گزارش نمودند (۵).

۳-۳-۳- بافت کیک

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۶، کاربرد آرد هسته خرما تأثیر معنی‌داری بر ارتجاع‌پذیری و مقاومت به جویدن نمونه‌های کیک نداشت اما موجب افزایش معنی‌دار ($p<0.05$) سفتی و صمغیت بافت نمونه‌های کیک گردید. همچنین اندازه ذرات آرد هسته خرما تاثیر معنی‌داری بر خصوصیات بافتی نمونه‌های کیک نداشت ($p>0.05$).

ویژگی‌های بافتی کیک تحت تاثیر فاکتورهای مختلف نظیر حجم کیک، رطوبت و برهمکنش اجزای مختلف قرار می‌گیرد. با افزایش مقدار پودر هسته خرما جایگزین شده در خمیر مقدار عدد بوستویک خمیر کاهش یافته و حجم نمونه‌های کیک کاهش یافت و بنابراین سفتی بافت نمونه های کیک افزایش یافت. به علاوه افزایش بیش از حد قوام خمیر با افزایش سطح جایگزینی مانع از انبساط مناسب خمیر کیک در حین پخت و ایجاد حجم و بافت مطلوب در محصول گردید.-ارتجاع‌پذیری (فنریت یا الاستیسیته)، نشان‌دهنده توانایی بازگشت نمونه به حالت اول بعد از تغییر شکل وارد شده در تراکم اول است. از آنجا که ارتباط مستقیمی بین حجم نمونه‌های کیک و سفتی بافت با حالت فنریت وجود دارد، با افزایش سطح جایگزینی، حجم نمونه‌های کیک کاهش و سفتی بافت افزایش می‌یابد که موجب کاهش حالت فنریت در نمونه‌های کیک‌های حاصل می‌گردد، هرچند این کاهش معنی‌دار نبود ($p>0.05$). به طور کلی پودر هسته خرما موجب افزایش محتوای فیبر و خاصیت جذب آب خمیر شده، در نتیجه قوام خمیر افزایش و حجم نمونه‌های کیک کاهش می‌یابد. بنابراین کیکی با بافت سفت و الاستیسیته کم تولید می‌کند (۱۶ و ۹). نتایج بدست آمده در این رابطه با گزارش‌های ارائه شده توسط سودها و همکاران[2] (۲۰۰۷)، آیدی و همکاران[3] (۲۰۰۹) و لو و همکاران[4] (۲۰۱۰) مطابقت داشت که بترتیب از تفاله سیب، پودر نوعی کاکتوس و پودر چای سبز در فرمولاسیون کیک استفاده کردند (۳۸، ۷۲۷ و ۲۲).

1- Asghari-pour *et al.*

2- Sudha *et al.*
3- Ayadi *et al.*
4- Lu *et al.*

جدول ٦- تاثیر جایگزینی پودر هسته خرما بر خصوصیات بافت کیک

سطح جایگزینی (٪)	اندازه ذرات (میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
	سفتی (g)		
۰	۱۰۷±۳۲/۳۸ ^{cA}	۱۰۷±۳۲/۳۸ ^{bA}	۱۰۷±۳۲/۳۸ ^{bA}
۲۰	۱۷۹/۲۵±۳۰/٦۷ ^{bA}	۱۵۷/۷۵± ۷۹/۵٤ ^{abA}	۹۵/۵۰±۱۷/۹٤ ^{bA}
۳۰	۲۳۲/۷۵±۲۹/۳٤ ^{bA}	۱۸۹/۵۰±٦۲/۲۲ ^{abA}	۱٦۷/۵۰±۲۵/۸٦ ^{abA}
٤۰	۳۷٦/۰۰±۲۵/۵۷ ^{aA}	۳٦٦/۵۰±۸٤/۹٦ ^{aA}	۲۲۹/۲۵±۵٦/۹۲ ^{aA}
	ارتجاع پذیری (میلی‌متر)		
۰	٤/٦٤± ۰/۰۲ ^{aA}	٤/٦٤± ۰/۰۲ ^{aA}	٤/٦٤± ۰/۰۲ ^{aA}
۲۰	٤/۹٦± ۰/۳۷ ^{aA}	٤/٦۵± ۰/۰۲ ^{aA}	٤/٦۱± ۰/۰۲ ^{aA}
۳۰	٤/٤۱± ۰/۱٤ ^{aA}	٤/٦۰± ۰/۱٤ ^{aA}	٤/۵۰±۰/۳۰ ^{aA}
٤۰	٤/۱۳± ۰/٤۳ ^{aA}	٤/۵۱± ۰/۰۹ ^{aA}	٤/۳۲± ۰/٤۵ ^{aA}
	صمغیت (گرم)		
۰	۱۷۵/۵±۱۰/٤٦ ^{bA}	۱۷۵/۵±۱۰/٤٦ ^{bA}	۱۷۵/۵±۱۰/٤٦ ^{bA}
۲۰	۱۳۹/۷۰±۲۸/٤۳ ^{bB}	۹۱/۰۵±۵/۲٤ ^{cC}	۱۹٤/٦۰±۵۲/۰٤ ^{bA}
۳۰	۱٦۸/۲۰±۱۳/۳٦ ^{bC}	۱۹۲/۸۰±۲۷/٤۲ ^{aB}	۲۱۳/۲۰±۱۸/۵۱ ^{aA}
٤۰	۲۷۳/۱۰±۲۸/۳۷ ^{aB}	۱٦۷/۱۰±٤۸/۰۹ ^{aC}	۲۸۸/۳۰±۱۷/٤۵ ^{aA}
	مقاومت به جویدن (میلی ژول)		
۰	۱۰/۰۰±۱۸/۵۱ ^{aA}	۱۰/۰۰±۱۸/۵۱ ^{aA}	۱۰/۰۰±۱۸/۵۱ ^{aA}
۲۰	۷/۳۸±۸/۱٤ ^{aA}	۵/٦۱±۲/۳٦ ^{aA}	٦/۰۸ ±۱۰/۲٤ ^{aA}
۳۰	۷/٤٦±٤/٦۸ ^{aA}	۵/٦۷±۳/۳٦ ^{aA}	٦/۸۸±۰/۸۰ ^{aA}
٤۰	۱۲/٦۰ ±۱۵/۷۱ ^{aA}	۱۲/۸۹±۹/۹۱ ^{aA}	۹/۳٤±۱/۵۲ ^{aA}

*حروف بالانویس کوچک و بزرگ متفاوت در هر ستون و ردیف بیانگر تفاوت معنی دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

صمغیت بافت بیانگر انرژی لازم برای جویدن و تبدیل شدن نمونه به حالت خمیری می‌باشد. افزایش ویژگی صمغیت نمونه‌های کیک غنی شده با افزایش سطح جایگزینی آرد هسته خرما بدلیل افزایش میزان سفتی بافت آنها می‌باشد که رابطه مستقیم با صمغیت کیک دارد (۳۵). میزان مقاومت به جویدن در نمونه‌های کیک اسفنجی غنی شده با ۲۰ و ۳۰ درصد آرد هسته خرما نسبت به نمونه شاهد کمتر بوده است هرچند این کاهش معنی‌داری نبود ($p>0.05$). به دلیل اینکه این پارامتر به سفتی وابسته است، نمونه حاوی ۴۰ درصد آرد هسته خرما بیشترین میزان سفتی و به‌تبع آن بیشترین میزان مقاومت به جویدن بافت را دارد. در راستای تحقیقات فوق، گومس و همکاران[1] (۲۰۱۵) و گولارت و همکاران[2] (۲۰۱۲) اثرات منفی آرد لوبیا اکسترود شده (۴۵، ۶۰ و ۷۵ درصد) و فیبرهای محلول (اینولین و گوار) و نامحلول (فیبر جو) را (تا ۲۰ درصد) بر خصوصیات بافتی کیک‌های فاقد گلوتن مشاهده کردند (۱۵ و ۱۸۱۴). با این

1- Gomes *et al.*
2- Gularte *et al.*

حال، شیه و همکاران[1] (۲۰۰۶) گزارش دادند که سفتی، پیوستگی و مقاومت به جویدن نمونه‌های کیک فاقد گلوتن با افزودن آرد سیب زمینی شیرین تا ۴۰ درصد بهبود یافت (۳۶). بنابراین نوع و غلظت فیبر یا هیدروکلوئیدهای مورد استفاده در تولید کیک‌های فاقد گلوتن و همچنین تأثیر آن ها بر حفظ رطوبت در کیک بر بافت این محصول تاثیر دارد.

۳-۳-٤- ارزیابی حسی کیک

همان‌طور که در جدول۷ ارائه شده است، با جایگزین کردن پودر هسته خرما بجای درصدی از آرد بدون گلوتن در فرمولاسیون کیک، رنگ مغز از نظر ارزیاب ها مورد قبول واقع شده و رنگ پوسته نیز در سطوح پایین مقبولیت بیشتری نشان داده است. بعلاوه اندازه ذرات پودر هسته خرما تاثیر معنی‌داری بر امتیاز رنگ پوسته و مغز کیک نداشت ($p>0.05$). وجود کاروتینوئیدها به عنوان رنگدانه طبیعی در آرد هسته خرما باعث ایجاد رنگ تیره در پوسته کیک می‌گردد. بافت کیک غنی شده تولیدی نیز در همه سطوح جایگزینی بویژه در اندازه ذرات ۱۲۵ و۲۵۰ میکرون مورد قبول واقع شده است، به دلیل آنکه قابلیت ظرفیت نگهداری آب پودر هسته خرما افزایش یافته و در نتیجه بافت کیک نرم‌تر بوده است. بعلاوه پودر هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون موجب کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) امتیاز بافت در مقایسه با نمونه تهیه شده با آرد فاقد گلوتن شده بود. عطر و طعم کیک تهیه شده از آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۱۲۵ و ۲۵۰ میکرون در همه سطوح از مقبولیت خوبی برخوردار بوده است. این در حالی است که آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون در همه سطوح موجب کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) امتیاز عطر و طعم در مقایسه با کیک کنترل گردید. همچنین نتایج نشان داد که تخلخل نمونه‌های کیک غنی شده با پودر هسته خرما در اندازه ذرات ۱۲۵ و ۲۵۰ میکرون تا سطح ۳۰ درصد از نظر ارزیاب‌ها قابل قبول بود، در حالی که استفاده از پودر هسته خرما با اندازه ذرات ۵۰۰ میکرون در همه سطوح موجب کاهش معنی‌دار ($p<0.05$) تخلخل گردید.

1- Shih *et al.*

جدول ۷- تاثیر جایگزینی پودر هسته خرما بر خصوصیات حسی کیک*

سطح جایگزینی (٪)	اندازه ذرات(میکرون)		
	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵
	رنگ پوسته		
۰	۸/۰±۰/۰۰ aA	۸/۰±۰/۰۰ aA	۸/۰±۰/۰۰ aA
۲۰	۷/۲±۰/۸۳ abA	۷/۰±۰/۷۰ abA	٦/٦±۰/۵۵ bA
۳۰	٦/۲±۰/٤۵ bA	٦/۲±۰/۸۳ bA	۵/٦±۰/۵۵ cA
٤۰	٦/٤±۰/۵۵ bA	٦/٤±۰/۵۵ bA	٦/۲±۰/٤۵ bcA
	رنگ مغز		
۰	٦/۸±۰/۸۳ aA	٦/۸±۰/۸۳ aA	٦/۸±۰/۸۳ aA
۲۰	٦/۲±۰/۵۳ aA	٦/٦±۰/۵۵ aA	٦/٤±۰/۵۵ aA
۳۰	۷/٦±۰/۵۵ aA	٦/٦±۰/۵٤ aAB	٦/۲±۰/٤۵ aB
٤۰	۷/۰±۰/۷۰ aA	٦/۸±۰/۸۳ aA	٦/۲±۰/٤۵ aA
	بافت		
۰	٦/٤±۰/۵٤ aA	٦/٤±۰/۵٤ aA	٦/٤±۰/۵٤ aA
۲۰	٤/۸±۰/٤۵ bB	٦/۲±۰/٤۵ aA	٦/۲±۰/۸۳ aA
۳۰	٤/٦ ±۰/۵٤ bB	۵/٦±۰/۵٤ aAB	٦/٤±۰/۵٤ aA
٤۰	٤/٦±۰/۵٤ bB	۵/۸±۰/٤۵ aA	٦/۰±۰/۷۰ aA
	خلل و فرج		
۰	٦/۸±۰/۸٤ aA	٦/۸±۰/۸٤ aA	٦/۸±۰/۸٤ aA
۲۰	٤/٤±۰/۵۵ bB	٦/۰±۰/۷ abA	٦/٤±۰/۵۵ aA
۳۰	٤/٦±۰/۵۵ bB	۵/۲±۰/٤۵ bB	٦/۲±۰/٤۵ abA
٤۰	٤/٤±۰/۵٤ bB	٦/٤ ±۰/۵٤ abA	۵/۲±۰/٤٤ bB
	عطر و طعم		
۰	۷/٦±۰/۵٤ aA	۷/٦±۰/۵٤ aA	۷/٦±۰/۵٤ aA
۲۰	۵/٦±۰/۵۵ bB	٦/۸±۰/۸۳ aAB	۷/٤±۰/۵۵ aA
۳۰	۵/٦±۰/۵۵ bB	٦/٦±۰/۵٤ aAB	۷/٤±۰/۵۵ aA
٤۰	۵/٤±۰/۵۵ bB	٦/٦±۰/۵٤ aA	۷/٦±۰/۵۵ aA

*حروف بالانویس کوچک و بزرگ متفاوت در هر ستون و ردیف بیانگر تفاوت معنی دار نمونه ها می باشد ($p< 0.05$).

به‌طورکلی می‌توان گفت که جایگزین کردن آرد هسته خرما با اندازه ذرات ۱۲۵ و ۲۵۰ میکرون درکیک بدون گلوتن از مقبولیت خوبی توسط ارزیاب‌ها به ویژه از نظر عطر و طعم، بافت و تخلخل برخوردار بوده است. منطبق بر نتایج تحقیق حاضر، اسماعیل پور فلاحی[1] (۲۰۱۳) نیز بیان نمود که افزودن پودر هسته خرما به کیک اسفنجی موجب فشرده شدن کیک و کاهش خلل و فرج آن می‌گردد (۱۲). ناصحی و اصغری‌پور (۲۰۱۹) بیان نمودند که کاربرد پودر

1- Esmaeilpour Fallahi

هسته خرما در تهیه کوکی موجب بهبود امتیاز بافت، رنگ و طعم شد اما سطوح بالای آن به دلیل ایجاد مزه گس موجب کاهش امتیاز طعم گردید (۲۷). پلاتات و همکاران[1] (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که نان‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد پودر هسته خرما دارای ویژگی‌های حسی وکیفی قابل قیاس با نان گندم کامل بودند. درضمن نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد آرد هسته خرما مطلوبیت کمتری نسبت به نان گندم کامل داشتند، هرچند قابل پذیرش بودند (۳۱).

٤- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد، افزودن آرد هسته خرما در فرمولاسیون کیک بدلیل داشتن ارزش تغذیه‌ای بالا می‌تواند گزینه مناسبی برای غنی‌سازی کیک‌های بدون گلوتن باشد. با این وجود، سطح آرد هسته خرما و همچنین اندازه ذرات آن به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر برخی ویژگی‌های خمیر و کیک حاصل تأثیر گذاشت. افزایش سطح جایگزینی آرد هسته خرما موجب کاهش حجم ویژه و افزایش معنی‌دار دانسیته و سفتی کیک گردید که در صورت استفاده از آرد هسته خرما با اندازه ذرات ریزتر می توان این تغییرات را به حداقل رساند. باتوجه به تصاویر میکروسکوپ نوری تعداد حباب‌های نمونه‌های خمیر با کاهش اندازه ذرات افزایش یافت. ارزیابی مولفه‌های رنگ‌سنجی حاکی از تیره‌تر، قرمزتر و زردتر شدن نمونه‌های کیک با افزایش سطح جایگزینی و کاهش اندازه ذرات بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده و بویژه آنالیز حسی، می‌توان گفت که جایگزینی آرد هسته خرما تا ۳۰ درصد با اندازه ذرات کوچک زمینه تولید کیک‌های با خواص کیفی مطلوب را فراهم می‌کند.

٥- منابع

1. AACC . 2000. Approved Methods of the AACC. St Paul Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
2. Ajil, A., Leelavathi, K. and Prasadarao, U. J. S. 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48: 319-326.
3. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E. K. and Gallagher, E. 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 4: 240–257.
4. Amany, M. M. B., Shaker, M. A. and Abeer, A. K. 2012. Antioxidant activities of date pits in a model meat system. *International Food Research Journal*, 19 (1).
5. Asghari-pour, S., Noshad, M., Nasehi, B., Jooyandeh, H., and Beiraghi-Toosi, S. 2018. Optimization of physicochemical and functional properties of corn-based snacks containing date kernel flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, DOI: 10.1111/jfpp.13821
6. Ataei, F. and Hojjatoleslamy, M. 2017. Physicochemical and sensory characteristics of sponge cake made with olive leaf. *Journal of Food Measurment and Characterization*, 11(4): 2259-2264.
7. Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. and Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficusindica* as a source of dietary fibre: Effect on dough characteristics and cake making. *Journal of Industrial Crops and Products*, 30: 40–47.
8. Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Lognay, G., Drira, N. E. and Attia, H. 2004. Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84: 577-584.
9. Bourne, M.C. 2002. *Food texture and Viscosity concept and measurement*. San Diego, Academic Press. Pp. 15–32.
10. Caponio, F., Summo, C., Clodoveo, M.L. and Pasqualone, A. 2008. Evaluation of the nutritional quality of the lipid fraction of glutenfree biscuits. *European Food Research and Technology*, 227: 135– 139.

1- Platat *et al.*

fruit seed (Phoenix dactylifera): characterisation and quantification by using UPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. DOI 10.1002/jsfa.6387

20. 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: 953–964.
21. Levent, H. and Bilgicli, N. 2011. Effect of gluten-free flour on physical properties of cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1: 354–360.
22. Lu, T. M., Lee, C. C., Maud, J. L. and Lin, Sh.D. 2010. Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, 119: 1090-1095.
23. Majzoobi, M., Darabzadeh, N. and Farahnaky, A. 2012. Effects of percentage and particle size of wheat germ on some properties of batter and cake. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14 (4): 827-836.
24. Majzoobi, M., Mansoury, H., Falsafi, S. R., and Farahnaky, A. 2015. Effects of date stone powder on characteristics of biscuit dough and hard biscuit. *Food Technology and Nutrition*, 12 (2): 5-14 [in Persian].
25. Majzoobi, M., Vosooghi Poor, Z. V., Jamalian, J. and Farahnaky, A. 2016. Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 51 (6): 1369-1377.
26. Moghimi, M. 2017. Investigationand modeling prediction of physicochemical properties of baguette bread fortified with date seed powder. *JFST*, 67 (14): 252-263 [in Persian].
27. Nasehi, B. and Asgharipour, S. 2019. Investigating the effect of adding date palm kernel flour on gluten-free cookie based on rice flour. *JFST*, 90 (16): 15-25 [in Persian].
28. O'Shea, N., Arendt, E. and Gallagher, E. 2014. State of the art in gluten-free

11. Dhen, N., Rom_an, L., Rejeb, I. B., Martínez, M. M., Garogouri, M., Gomez, M. 2016. Particle size distribution of soy flour affecting the quality of enriched gluten-free cakes. *LWT - Food Science and Technology*, 66: 179-185.
12. Esmaeilpour Fallahi, Z. 2013. The effect of addition of date seed powder on the quality characteristics of sponge cake. M.Sc. thesis, Faculty of food science, Aras University, Tabriz [in Persian].
13. Fahloul, D., Abdedaim, M., and Trystram, G. 2010. Heat, mass transfer and physical properties of biscuits enriched with date powder. *Journal of Applied Sciences and Research*, 6: 1680- 1686.
14. Fikry, M., Yusof, Y. A., Al-Awaadh, A. M., Rahman, R. A., Chin, N. L., Mousa, E., and Chang, L. S. 2019. Effect of the roasting conditions on the physicochemical, quality and sensory attributes of coffee-like powder and brew from defatted palm date seeds. *Foods*, 8: 61; doi:10.3390/foods8020061
15. Gomes, L.O.F., Santiago, R.A.C., Carvalho, Z.V., Carvalho, R. N., Oliveira, I. G. and Bassinello, P.Z. 2015. Application of extruded broken bean flour for formulation of gluten-free cake blends. *Food Science and Technology*, 35: 307–313.
16. Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E. and Caballero, P. A. 2010. Effect of fiber size on the quality of fiber-enriched layer cakes. *LWT- Food Science and Technology*, 43: 33-38.
17. Gómez, M., Ruiz, E. and Oliete, B. 2011. Effect of batter freezing conditions and resting time on cake quality. *LWT-Food Science and Technology*, 44 (4): 911-916.
18. Gularte, M. A., de la Hera, E., Gomez, M. and Rosell, C.M. 2012. Effect of different fibres on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT Food Science and Technology*, 48: 209–214.
19. Habib, H.M., Platat , C., Meudec , E., Cheynier , V., and Ibrahim, W.H. 2013. Polyphenolic compounds in date

research. *Journal of Food Science*, 79 (6), R1067-R1076.

29. O'Shea, N., Roble, C., Arendt, E. and Gallagher, E. 2015. Modeling the effects of orange pomace using response surface design for gluten-free bread baking. *Food Chemistry*, 166: 223–230.
30. Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A. and Schoenlechner, R. 2012. Quality improvement of rice-based gluten free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56: 389–395
31. Platat, C., Habib, H. M., Hashim, I.B., Kamal, H., AlMaqbali, F., Souka, U. and Ibrahim, W.H. 2015. Production of functional pita bread using date seed powder. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10): 6375-84.
32. Rasocaj, O., Dimic, E. and Tsao, R. 2014. Effects of hemp (*Cannabis sativa L.*) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *Journal of Food Science*, 79: C318–C325.
33. Ronda, F., Perez-Quirce, S., Lazaridou, A. and Biliaderis, C.G. 2015. Effect of barley and oat β-glucan concentrates on glutenfree rice based dough and bread characteristics. *Food Hydrocolloids*, 48, 197–207.
34. Sahi, S.S. and Alava, J.M. 2003. Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science and Agriculture*, 83: 1419–1429.
35. Sharoba, A. M., Farrag, M. A. and Abd El-Salam, A. M. 2013. Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(4): 429-444.
36. Shih, F.F., Truing, V.D. and Daigle, K.W. 2006. Physicochemical properties of gluten-free pancakes from rice and sweet potato flours. *Journal of Food Quality*, 29: 97–107.
37. Singh, J.P., Kaur, A., Shevkani, K. and Singh, N. (2015a). Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of glutenfree eggless rice muffins. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 1190–1197.
38. Sudha, M.L., Baskaran, V. and Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104: 686–692.
39. Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K. and Delcour, J.A. 2008. The role of gluten in a pound cake system: a model approach based on gluten-starch blends. *Food Chemistry*, 110: 909– 915.

(Original Research Paper)

The Effect of Percentage and Particle Size of Date Seed Powder on the Qualitative Characteristics of Batter and Gluten-free Sponge Cake

Marjan Hajizadeh[1], Sara Ansari[2*], Bahram Bahri[3]

1- M.Sc Graduated of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Kazerun Branch, Islamic Azad University, Kazerun, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Shahreza Branch, Islamic Azad University, Shahreza, Iran.

Received: 06/04/2020 Accepted:20/06/2020

Abstract

Date seed, as a by-product of date processing industries, could be regarded as an excellent source of dietary fiber with interesting technological functionality. This study was conducted to investigate the effect of date seed powder (DSP) at different levels (0, 20, 30, and 40%) with different particle sizes (125, 250, and 500 μm) as a starch substitute on the physicochemical properties of batter and gluten-free sponge cake. According to the results of this study, the number of air bubbles in batter increased with decreasing particle size of DSP. By increasing the DSP level, batter consistency, firmness, viscosity index, and cohesiveness, as well as cake density were significantly increased; while the cake specific volume decreased. A significant increase in the cake volume index (at 40% level) and, the decreasing trend of batter consistency, firmness, viscosity index, and cohesiveness were observed by decreasing the DSP particle size. The results of colorimetry (L*a*b*) indicated that the addition of DSP and reducing its particle size significantly ($p<0.05$) reduced the color index of L * and * b, while increased the a* value of crumb color. The cake samples with higher levels of DSP were significantly harder and gummier ($p<0.05$). Moreover, with the addition of DSP, the porosity and crust color score of the cakes significantly reduced; and the DSP with larger particle size significantly ($p<0.05$) decreased the texture and flavor score of the cakes. Overall, the addition of up to 30% DSP with small particle size can be used in the production of gluten-free cakes with suitable sensory attributes.

Keywords: Potato Starch, Date Seed, Gluten- free Cake, Physical Properties.

*Corresponding Author: ansari.fse@gmail.com