

بررسی اثر غنی سازی آرد گندم با آرد لوبیا چیتی بر ویژگی‌های فیزیکی، حسی و ماندگاری کیک اسفنجی

محمد علی حصاری نژاد^{۱*}، زهرا سیر^۲، فرناز رضائیان عطار^۳

۱- استادیار، گروه فراوری مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۲- دانش آموخته کارشناسی مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

در حال حاضر کیک‌ها جایگاه مهمی در تغذیه مردم جهان دارند، به طوری که انواع زیادی کیک با طعم و ارزش غذایی متنوع تولید می‌شود. در این پژوهش به منظور غنی سازی کیک، آرد گندم با آرد لوبیاچیتی با سطوح مختلف (۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد وزنی) جایگزین شد. همچنین برخی ویژگی‌های فیزیکی و حسی خمیر و کیک حاصل از جایگزینی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد لوبیا چیتی، از قوام خمیر و رطوبت کیک بطور معنی‌داری کاسته شد ($P < 0/05$)، در حالی که کمترین حجم مخصوص کیک زمانی حاصل شد که ۱۵ درصد از آرد اولیه با آرد لوبیاچیتی جایگزین شد ($P < 0/05$). در نتایج ارزیابی حسی بالاترین امتیاز پذیرش برای نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاچیتی مشاهده شد. به طور کلی بر اساس نتایج مذکور، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاچیتی بهترین ویژگی‌های کیفی و حسی را داشت. بنابراین می‌توان با جایگزینی ۱۵ درصد آرد گندم با آرد لوبیاچیتی، کیک اسفنجی مغذی با ویژگی‌های حسی و فیزیکی مشابه نمونه شاهد تولید کرد.

کلید واژگان: آرد لوبیاچیتی، آنالیز بافت، ارزیابی حسی، بیانی، کیک اسفنجی.

* مسئول مکاتبات: ma.hesarinejad@rifst.ac.ir

۱- مقدمه

قبیل متونین و سیستین در ترکیب حبوبات کم ولی میزان اسید آمینه لیزین در آن‌ها زیاد است. برطرف کردن نقص پروتئینی غلات از طریق افزودن پروتئین حبوبات، یکی از بهترین راه حل‌های رفع کمبود پروتئین- کالری در کشورهای درحال- توسعه است [۱].

لوبیا چیتی با نام علمی (*Phaseolus vulgaris*) یکی از زیرگونه‌های لوبیای معمولی می‌باشد. مطالعات نشان داده است که مصرف میان‌وعده‌های غذایی حاوی لوبیاچیتی در پیشگیری از سرطان روده بزرگ نقش مهمی دارد [۸]. لوبیاچیتی از نظر مقدار فیبر بسیار غنی است [۹]. مصرف منظم فیبر با کاهش چشمگیر کلسترول مضر و حفظ سلامت بدن ارتباط دارد. فیبر به جذب بهتر مواد مغذی کمک می‌کند و احساس سیری در فرد ایجاد می‌کند. امروزه تلاش برای استفاده از ترکیبات دارای فیبر در غذاهایی مانند نان، کیک و تهیه بیسکویت رو به افزایش است [۱۰]. بنابراین می‌توان جهت بهبود ویژگی‌های کیفی، حسی و تولید محصولی با خواص تغذیه‌ای بالاتر، از ترکیبات دیگری مانند آرد حبوبات به همراه با آرد گندم استفاده کرد. افزودن حبوبات، راهکار مناسبی برای افزایش مصرف حبوبات که سرشار از اسیدآمینه لیزین هستند، می‌باشد [۱۱]. در این پژوهش غنی‌سازی آرد گندم با آرد لوبیاچیتی با هدف بهبود خواص فیزیکی‌شیمیایی و حسی کیک اسفنجی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد نول با درجه استخراج ۷۶ درصد و لوبیاچیتی از فروشگاه‌های در شهر سمنان خریداری شدند. دانه‌های لوبیاچیتی توسط آسیاب چکشی به طور کامل آسیاب شد و از الک با مش ۶۰ عبور داده شد. ترکیبات آرد گندم و آرد لوبیاچیتی مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ ملاحظه می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود، ترکیبات آرد لوبیاچیتی شامل ۸/۵ درصد رطوبت، ۳۱/۵ درصد پروتئین، ۲/۸ درصد خاکستر و ۱/۳ درصد چربی بود [۱۲]. شکر، روغن نباتی، پودر پخت نیز از فروشگاه‌های سطح شهر سمنان تهیه شد. تخم مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد.

غذای اکثر مردم جهان سوم عمدتاً محصولات نشاسته‌ای مانند برنج، گندم، ذرت، ارزن و همچنین گیاهان غده‌ای مثل سیب زمینی است. این محصولات از نظر کیفیت پروتئینی در حد مطلوبی نبوده، به همین دلیل میلیون‌ها نفر انسان در کشورهای درحال توسعه گرفتار سوءتغذیه هستند [۱]. آرد گندم پرمصرف‌ترین و مهم‌ترین نوع آرد در تهیه نان و سایر محصولات مشابه مانند بیسکویت‌ها و انواع کیک‌ها می‌باشد. غنی‌سازی کیک اسفنجی با پروتئین می‌تواند از طریق ترکیب با مواد غنی از پروتئین به دست‌آید [۲].

پروتئین از دو منبع گیاهی و حیوانی قابل تأمین است. پروتئین منابع حیوانی به علت داشتن اسیدهای آمینه ضروری بیشتر، ارزش بالاتری نسبت به پروتئین‌های گیاهی دارد. در بین منابع پروتئینی گیاهی مقدار پروتئین حبوبات به مراتب بیش‌تر از دانه‌های غلات و گیاهان غده‌ای است به گونه‌ای که نسبت پروتئین به نشاسته در حبوبات ۱ به ۳-۲/۵، در غلات ۱ به ۶ و در گیاهان غده‌ای ۱ به ۵ است [۱]. به طور کلی از پروتئین- های گیاهی به عنوان ترکیبات عملگر برای بهبود پایداری و بافت محصولات و همچنین، بهبود ارزش تغذیه‌ای آن‌ها استفاده می‌شود. یکی از مهم‌ترین خواص کاربردی حبوبات، حلالیت پروتئین آنها تحت شرایط مختلف است چرا که این خاصیت به‌طور قابل ملاحظه‌ای ویژگی‌های دیگر نظیر خاصیت امولسیون‌کنندگی، کف‌زدایی و تشکیل ژل را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳].

محصولات کشاورزی تیره بغولات شامل نخود، عدس، لوبیا و نخود فرنگی جزئی از مهم‌ترین منابع پروتئین، نشاسته و لیاف رژیمی در میان غذاها می‌باشند [۴]. به‌طوری‌که این مجموعه از محصولات کشاورزی حاوی ۱۸/۵٪ تا ۳۰ درصد پروتئین، ۳۵ تا ۵۲ درصد نشاسته و ۱۴/۶ تا ۲۶/۳ درصد فیبرهای رژیمی در ماده خشک خود می‌باشند [۵]. لذا در کشورهایی که به دلایل اقتصادی یا مذهبی مصرف گوشت و فراورده‌های دامی پایین است حبوبات می‌توانند با داشتن ۱۸-۳۶ درصد پروتئین نقش مهمی در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان داشته باشند [۶]. حبوبات در تغذیه انسان می‌توانند مکمل غذایی خوبی برای غلات محسوب شوند و از نظر مصرف غذایی بعد از غلات حائز رتبه دوم هستند [۷]. میزان اسیدهای آمینه گوگردی از

Table 1 Composition of wheat flour and *P. vulgaris* seed flour.

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Fat (%)	Fiber (%)
wheat flour	14.10	0.51	10.64	2.35	2.50
<i>P. vulgaris</i> flour	8.50	3.00	31.50	1.15	15.00

۲-۲- روش ها

۲-۲-۱- روش تهیه خمیر

برای تهیه خمیر کیک اسفنجی، ابتدا شکر و روغن با همزن برقی مخلوط شد تا کرمی روشن بدست آید. پس از آن، با افزودن تخم مرغ به مخلوط، عمل همزدن ۴ دقیقه دیگر ادامه یافت. سپس مواد پودری به همراه آرد، الک و به مخلوط اضافه شدند. در پایان، آب اضافه شد و عمل مخلوط کردن تا تهیه خمیر یکنواخت ادامه یافت. به منظور تولید کیک اسفنجی، آرد لوبیاچیته در مقادیر ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد وزنی بر پایه وزن آرد در فرمولاسیون خمیر محاسبه شدند و در ادامه به ترتیب با کدهای PV0، PV15، PV30 و PV45 بیان خواهند شد. شکر، سفیده تخم مرغ، روغن، بکینگ پودر، نمک، وانیل و آب نیز به ترتیب مقادیر ۱۷، ۸، ۵/۲۴، ۰/۸، ۰/۳۲، ۰/۳۴ و ۲/۳ گرم بر مبنای ۵۰ گرم وزن خمیر نهایی، در مخلوط خمیر کیک اضافه شدند. خمیرها پس از تهیه با وزن مشخص ۵۰ گرم در قالب‌های مخصوص ریخته شده و فرآیند پخت توسط فر در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه صورت گرفت. پس از پایان عملیات پخت، کیک‌ها در دمای محیط، سرد و پس از بسته‌بندی در بسته‌بندی‌های از جنس پلی‌اتیلن تا زمان انجام آزمون‌ها نگهداری شدند.

۲-۲-۲- ارزیابی‌های فیزیکی

قوام خمیر کیک در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ۱۰ سانتیمتر و قطر داخلی دهانه باریک ۱/۶ سانتیمتر اندازه گیری شد. برای این منظور، قیف بطور کامل با خمیر پر و وزن خمیر خروجی از قیف طی ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری شد. قوام خمیر بر حسب گرم بر ثانیه گزارش شد [۱۳]. اعداد بزرگتر ثبت شده نشان دهنده قوام کمتر خمیر است [۱۴]. درصد افت وزنی نمونه‌های با استفاده از توزین آن‌ها قبل و بعد از پخت با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد و افت وزنی از تقریبی این دو مقدار بدست آمد [۱۵].

حجم مخصوص کیک نیز با محاسبه نسبت حجم کیک به جرم کیک (یک ساعت پس از پخت) توسط روش جایگزینی دانه-های کلزا [۱۲] صورت گرفت.

رطوبت نمونه‌ها یک روز پس از تولید با استفاده از روش AACC 44-15 [۱۶] محاسبه شد.

بلافاصله پس از تهیه خمیر و ۲۴ ساعت بعد از پخت کیک، شاخص‌های L^* (میزان روشنایی)، a^* (میزان قرمزی) و b^* (میزان زردی) با استفاده از تصویربرداری با دوربین Canon (مدل G1X 14.3M، ژاپن) و انتخاب زمینه $40 \times 40 \text{ mm}$ از ناحیه مرکزی نمونه و تبدیل فضای رنگی RGB به LAB به وسیله نرم افزار ImageJ (نسخه 1.44p) اندازه گیری شد [۱۷].

آزمون بافت‌سنجی توسط بافت‌سنج اینستران (مدل Testometric M350-10CT، ساخت انگلستان) در شرایط آزمون تراکمی به‌کاررفت. به طور خلاصه، ابتدا نمونه‌ها به شکل قطعات مکعبی با ابعاد $2/5 \times 2/5 \times 2/5$ سانتیمتر تهیه و پوسته آن‌ها حذف شد و پس از آن به وسیله پروب صفحه-ای با سرعت 1 mm/s و به میزان ۵۰ درصد فشرده شدند. پارامتر سفتی حاصل از این آزمون (N) به عنوان شاخص سفتی گزارش شد. این آزمون پس از گذشت ۱، ۵ و ۱۰ روز از نگهداری نمونه‌ها انجام گرفت [۱۵]. لازم به ذکر است، نمونه‌های کیک در دمای اتاق نگهداری شدند.

۲-۲-۳- ارزیابی حسی

خصوصیات حسی نمونه‌ها شامل رنگ، طعم، بو، بافت ظاهری، سفتی بافت، خمیری بودن، چسبندگی به دندان و پذیرش کلی، یک ساعت پس از پخت، توسط ۱۲ ارزیاب آموزش دیده با روش امتیازدهی هدونیک ۵ نقطه‌ای ارزیابی شد. در این آزمون، امتیاز ۱ (خیلی بد) و ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته شد [۱۸].

۲-۳- طرح آماری و تجزیه و تحلیل داده ها

در این پژوهش از طرح پایه کاملاً تصادفی تک متغیره در ۲ تکرار استفاده شد. آنالیز واریانس نتایج حاصل با استفاده از نرم

افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۹۵ درصد صورت گرفت. نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel 2007 رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- قوام خمیر کیک

قوام خمیر کیک نشان‌دهنده حفظ حباب‌های هوای به دام انداخته شده طی تهیه خمیر و حجم کیک پخته شده می‌باشد. هرچه حباب‌های هوا بیشتر حفظ شود، حجم کیک افزایش نشان می‌دهد [۱۹]. همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود،

غنی سازی آرد کیک اسفنجی با استفاده از آرد لوبیاچیتی، سبب کاهش معنی‌داری در قوام خمیر نمونه‌ها گردید ($P < 0/05$). کاهش مقدار قوام خمیر با افزایش نسبت جایگزینی آرد لوبیاچیتی می‌تواند به دلیل کاهش پروتئین‌های گلوتنی (رقیق شدن پروتئین‌های گلوتنی)، رقابت بین پروتئین‌های خشک لوبیا و پروتئین‌های آرد گندم در جذب آب و یا احتمالاً به دلیل فعالیت پرتوتولیتیک در آرد لوبیا بوده است [۲۰]. از سوی دیگر با توجه به اینکه پروتئین‌های لوبیاچیتی ویژگی تشکیل خمیر را ندارند و از طرفی باعث مختل شدن تشکیل کمپلکس پروتئین-نشاسته می‌شوند، باعث تضعیف خمیر کیک خواهند شد [۲۱].

Table 2 Enrichment effect of wheat flour with *P. vulgaris* flour on some physicochemical properties of sponge cake

Wheat flour: <i>P.vulgaris</i> flour	physicochemical properties			
	weight loss (%)	Consistency coefficient (g/s)	Moisture content (%)	Specific volume ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)
100:0	1.23±0.12 ^a	2.54±0.02 ^d	0.18±0.01 ^b	1.23±0.12 ^a
85:15	1.33±0.12 ^{ab}	1.66±0.08 ^c	0.18±0.01 ^b	1.18±0.17 ^a
70:30	1.38±0.05 ^{ab}	1.33±0.07 ^b	0.12±0.01 ^a	1.46±0.10 ^b
65:45	1.47±0.11 ^b	0.95±0.10 ^a	0.11±0.01 ^a	1.72±0.13 ^c

Different superscript characters (a-d) represent significant difference at $p < 0.05$ level (for the same item).

کیک‌های با مقادیر جایگزینی ۱۵ و ۳۰ درصد تفاوت کمی با نمونه شاهد مشاهده شد.

۳-۳- رطوبت کیک

کاهش محتوای رطوبتی کیک، موجب ایجاد بافتی سفت‌تر و خشک‌تر می‌گردد [۲۴]. در حالی که حفظ و نگهداری آب در کیک، می‌تواند باعث نرمی بافت کیک و تعویق بیاتی آن گردد [۲۵]. همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، جایگزینی آرد گندم با آرد لوبیاچیتی سبب کاهش معنی‌داری در رطوبت کیک نمونه‌ها گردید ($P < 0/05$). به طوری که با افزایش نسبت آرد لوبیاچیتی از مقدار رطوبت کیک کاسته شد. این درحالی-است که بین نمونه شاهد و نمونه با ۱۵ درصد جایگزینی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. ظرفیت جذب آب یک محصول به توانایی برقراری پیوند با آب تحت شرایط کمبود آب تعریف می‌شود [۲۶] که فاکتور مهمی برای تولید محصولات خاص، مشروط کردن محصول، تبلور مجدد نشاسته و تأخیر در بیاتی می‌باشد. طبق نظر هوج و عثمان [۲۷] آردهای با جذب آب بالا دارای ترکیبات آب دوست بیشتری نظیر پلی‌ساکاریدها هستند. پروتئین‌های موجود در آردها نیز می‌توانند در ایجاد ظرفیت جذب آب بیشتر، نقش

۳-۲- افت وزنی کیک

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، افت وزنی کیک تحت تأثیر فرمولاسیون خمیر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P < 0/05$). از آنجا که جذب آب به میزان ترکیبات هیدروفیلیک و پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های موجود در فرمولاسیون بستگی دارد [۲۲]، مقایسه میانگین بین سطوح مختلف جایگزینی آرد لوبیاچیتی نشان داد که بیشترین افت وزنی کیک هنگامی مشاهده می‌شود که بالاترین نسبت جایگزینی صورت گرفته است و ۴۵٪ از آرد اولیه با آرد لوبیاچیتی جایگزین شده بود. همچنین نشاسته و پروتئین در فاز خمیر و فاز پخت جذب آب یکسان و ثابتی ندارند به عبارت دیگر، پروتئین در فاز خمیر آب زیادی جذب کرده و در فاز پخت آب از دست می‌دهد. در حالی که میزان آبرگیری نشاسته در فاز پخت بیشتر از فاز خمیر است و آب بیشتری را در فاز پخت حفظ می‌کند [۲۳]. از آنجا که میزان پروتئین آرد لوبیاچیتی بالاتر از آرد گندم بوده و از طرفی قابلیت تکنولوژیکی گلوتن را ندارد، دلیل این پدیده احتمالاً کاهش قابلیت حفظ آب آرد لوبیاچیتی به دلیل عدم قابلیت اتصال با مقدار زیادی آب می‌باشد. همچنین لازم به ذکر است که بین

و شیمیایی مختلفی از جمله تغییر در بافت، انتقال آب، رتروگراداسیون و برهم‌کنش میان اجزای تشکیل دهنده مشخص می‌شود [۳۵]. به این معنی که این فرآیند با ایجاد تغییراتی در ویژگی‌هایی مانند طعم، مزه، عطر و قابلیت جویدن، منجر به کهنه‌شدن این محصولات می‌گردد [۳۵]. بیاتی در محصولاتی مانند کیک، مرتبط با رطوبت محصول بوده، به طوری که بالا بودن رطوبت کیک در نرم‌تر شدن مغز کیک موثر می‌باشد [۳۶]. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، افزودن آردلویباجیتی به کیک باعث افزایش سفتی محصول و نیروی لازم برای فشردن آن‌ها شد ($P < 0/05$)، به طوری که نمونه حاوی بالاترین میزان آردلویباجیتی دارای بالاترین سفتی و نمونه حاوی ۱۵ درصد آردلویباجیتی و نمونه شاهد دارای نرم‌ترین بافت کیک بودند. گومز و همکاران (۲۰۰۸) نیز در مطالعه خود روی تولید کیک با استفاده از آردنخود و گندم به این نتیجه رسیدند که آردنخود با محتوای پروتئینی بالا در فرمولاسیون کیک سبب افزایش سفتی می‌گردد [۳۷].

همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که در تمام نمونه‌ها با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان سفتی نمونه افزایش یافت. لازم به ذکر است که روند افزایش سفتی در نمونه حاوی آردلویباجیتی آهسته‌تر از سایر نمونه‌ها بود. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد، سفتی بافت تاثیر قابل توجهی بر عمر ماندگاری کیک خواهد داشت [۳۸]. با توجه به نتایج آزمون بافت در ۱، ۵ و ۱۰ روز پس از تولید، کیک شاهد از بالاترین و کیک حاوی ۴۵ درصد آردلویباجیتی از پایین‌ترین میزان بیاتی برخوردار بود. علت اصلی سفت‌شدن بافت کیک را می‌توان به کریستال شدن اجزاء نشاسته به ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری کیک‌ها نسبت داد. همچنین مهاجرت رطوبت کیک از مغز بافت به قسمت‌های سطحی و پوسته کیک باعث ایجاد مغز سفت و پوسته چرمی در محصول می‌شود [۱۱]. بنابراین با توجه به نتایج مشاهده شده در شکل ۱، استفاده از آرد لویباجیتی در کاهش نرخ بیاتی موثر بوده که دلیل آن می‌تواند مقادیر بالای ترکیبات فیبری در آردلویباجیتی و جذب آب و حفظ آن می‌باشد. مشابه این نتایج توسط اعلائی و همکاران [۱۱]، راسل و همکاران [۳۹] و گومز و همکاران [۳۷] گزارش شده است. آن‌ها بیان کردند که وجود گروه‌های هیدروکسیل موجود در ترکیبات فیبری از طریق پیوندهای

کمی ایفا کنند. بالا بودن میزان جذب آب کیک حاوی آردگندم نسبت به مقادیر مختلف جایگزینی آردلویباجیتی می‌تواند به خاطر بالا بودن مقدار سیستین و یا توانایی اسیدهای آمینه قطبی برای ایجاد اتصالات جانبی باشد [۲۸].

۳-۴- حجم مخصوص کیک

حجم مخصوص کیک، اندازه‌گیری مقدار هوای تثبیت شده در کیک می‌باشد. عوامل نگهدارنده‌ی آب و افزودنی‌های مشارکت کننده در فرآیند پخت، تعیین کننده این صفت هستند [۲۹]. جدول ۲ گویای این مطلب است که، جایگزینی آردگندم با آردلویباجیتی سبب اختلاف معنی‌داری در دانسیته کیک نمونه‌های با مقادیر آرد لویباجیتی بالا گردید ($P < 0/05$). مقایسه میانگین نشان داد که کمترین حجم مخصوص کیک زمانی مشاهده شد که ۱۵٪ از آرد اولیه را آردلویباجیتی تشکیل داده بود. این مقدار با حجم مخصوص نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد. به‌طور کلی، دانسیته و ساختار داخلی کیک به چندین فاکتور شامل مقدار پروتئین، عوامل حجم دهنده مانند بیکنینگ پودر و تبخیر آب طی پخت بستگی دارد. بخار آب که طی پخت تولید می‌گردد، به تشکیل حباب‌های بیشتر هوا و به تولید کیک‌های دارای ساختار داخلی متخلخل و مطلوب و دارای دانسیته‌ی کم کمک می‌کند [۳۰]. در تایید نتایج حاصل از تحقیق حاضر، رستمیان [۳۱] و ناطقی [۲۰] نیز گزارش کرد که به ترتیب با افزودن آردنخود و آردلویباجیتی به فرمولاسیون نان، حجم مخصوص افزایش یافت که احتمالاً به دلیل مقدار بالاتر پروتئین در نخود و لویباجیتی و ایجاد شبکه شبه گلوئن توسط آرد آن‌ها بوده است. پژوهشگران مختلف دیگری نیز بیان کردند که حجم نهایی کیک تنها به مقدار اولیه هوا در خمیر بستگی ندارد، بلکه به ظرفیت حفظ آن طی پخت نیز بستگی دارد. در حقیقت، ویسکوزیته بالاتر، سرعت پخش گاز را کاهش می‌دهد و به حفظ آن طی مراحل اولیه پخت و هنگام تشکیل پوسته کیک اجازه می‌دهد [۳۲، ۳۳].

۳-۵- بافت کیک

آزمون اندازه‌گیری بافت کیک در روز دهم بیانگر بیاتی محصول می‌باشد. محصولات صنایع پخت پس از پخت، متحمل تغییرات فیزیکوشیمیایی شده که در بیان کلی، آن را بیاتی می‌نامند. بیات شدن محصولات نانوائی دلالت بر کاهش پذیرش توسط مصرف کننده به دلیل تغییرات رخ داده در مغز محصول دارد [۳۴]. فرایند بیات‌شدن توسط پدیده‌های فیزیکی

روشنایی در کیک حاوی ۴۵ درصد آرد لوبیاچیتی مشاهده شد. کاهش روشنایی پوسته احتمالا به دلیل مقدار بالاتر پروتئین در نمونه‌های حاوی آرد لوبیاچیتی به دلیل محتوی پروتئین بالاتر در مقایسه با نمونه شاهد بود که می‌تواند سبب واکنش‌های قهوه‌ای شدن (مایلارد) بیشتری گردد که رنگدانه‌های قهوه‌ای بیشتری را تولید می‌کنند. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات اعلائی و همکاران [۱۱] و گومز و همکاران [۳۷] نیز مطابقت داشت. لونت و بیلگزی [۴۲] نیز گزارش کردند که افزودن آرد لوبیای لوبین و باکویت به دلیل محتوی بالای پروتئین و تسریع واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد باعث تیره‌تر شدن رنگ پوسته کیک می‌شوند. همچنین با افزایش نسبت آرد لوبیاچیتی، فاکتور a^* (قرمزی نمونه‌ها) و فاکتور b^* (زردی نمونه‌ها) در تمام بخش‌های مورد بررسی شامل خمیرکیک، پوسته و مغز کیک افزایش یافت ($P < 0.05$). روشن‌ترین مغز کیک در نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاچیتی و نمونه شاهد مشاهده شد، احتمالا دلیل این موضوع، وجود رنگدانه‌های کاروتنوئید و فلاونوئید موجود در آرد لوبیاچیتی می‌باشد و بنابراین آرد گندم رنگ روشن‌تری در مقایسه با آرد لوبیاچیتی خواهد داشت که بالتبع آن مغز کیک روشن‌تری را تولید می‌کند. نقی پور و همکاران [۴۳] نیز مشاهده کردند که با افزودن جوانه گندم آرد سویا به فرمولاسیون کیک، میزان L^* به دلیل دارا بودن ۱۰ تا ۱۲ درصد فیبر و قابلیت حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت، افزایش و میزان a^* کاهش یافت. البته آن‌ها گزارش کردند که آرد سویا و جوانه گندم به ترتیب به دلیل حضور آنزیم لیپوکسیژناز که سبب تجزیه گزانتوفیل موجود در آرد گندم می‌شود و حضور پیگمان‌های زرد رنگ موجود در جوانه گندم مخصوصا گزانتوفیل سبب کاهش و افزایش میزان مولفه b^* نمونه‌های تولیدی شد.

هیدرژنی سبب جذب آب بیشتر و به تعویق افتادن بیاتی می‌شود [۳۹].

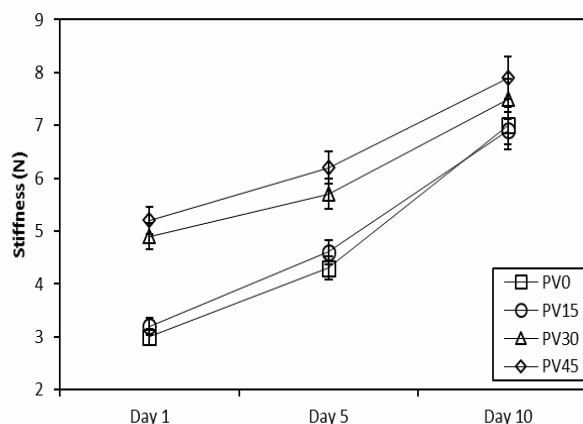


Fig 1 Substitution effect of wheat flour with *P. vulgaris* flour on on stiffness during storage (Wheat flour: *P.vulgaris* flour ratios of 100:0, 85:15, 70:30 and 65:45 are shown as PV0, PV15, PV30 and PV45, respectively)

۳-۶- رنگ خمیر، پوسته و مغز کیک

رنگ کیک به عوامل مختلفی از جمله برهمکنش‌ها و یا تغییرات اجزاء، و تغییرات رنگ ایجاد شده طی فرآیند مرتبط می‌باشد [۴۰]. عواملی چون رطوبت پوسته کیک، شدت واکنش میلارد و وجود ترکیبات رنگی در فرمولاسیون بر رنگ پوسته کیک موثر می‌باشد. البته ترکیبات موجود در فرمولاسیون کیک، غالبا بر رنگ مغز کیک موثرند [۴۱]. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، جایگزینی آرد لوبیاچیتی با آرد گندم منجر به کاهش معنی‌داری در شاخص‌های L^* ، a^* و b^* خمیر کیک گردید ($P < 0.05$). در نمونه‌های مورد بررسی، نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاچیتی دارای بالاترین روشنایی (L^*) بودند. همچنین کمترین میزان

Table 3 Enrichment effect of wheat flour with *P. vulgaris* flour on color of dough, crust and crumb of cake

Wheat flour: <i>P.vulgaris</i> flour	Cake crumb				Cake crust			Cake dough		
	b^*	a^*	L^*	b^*	L^*	b^*	a^*	L^*		
100:0	7.45 ^a	7.09 ^a	50.18 ^b	7.00 ^a	100:0	70.13 ^b	3.62 ^a	4.15 ^a	38.81 ^b	
85:15	8.04 ^{ab}	8.15 ^{ab}	46.90 ^{ab}	10.53 ^b	85:15	64.20 ^b	5.21 ^b	6.77 ^b	33.79 ^{ab}	
70:30	10.29 ^b	10.63 ^b	44.11 ^a	13.80 ^c	70:30	51.66 ^{ab}	5.44 ^b	7.05 ^b	29.95 ^a	
65:45	10.97 ^b	10.79 ^b	43.82 ^a	19.14 ^d	65:45	45.19 ^a	5.79 ^b	8.00 ^c	28.01 ^a	

Different superscript characters (a-d) represent significant difference at $p < 0.05$ level (for the same column).

۳-۷- ویژگی‌های حسی کیک

به‌طور کلی، خصوصیات حسی؛ فیزیکوشیمیایی و حمل و نقلی غذاها به طور عمده‌ای به ساختار مغز بستگی دارد، زیرا ساختار مغز، ظاهر مغز، حجم و بافت محصولات نانویی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۴۴]. همان‌طوری‌که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، از نظر آماری ویژگی‌های حسی کیک در نسبت‌های بالای جایگزینی آرد لوبیاجیتی کاهش یافت ($P < 0.05$). نتایج ارزیابی حسی نشان داد که تیمار حاوی ۴۵ درصد آرد لوبیاجیتی، کمترین نمره ارزیابی حسی را در بین نمونه‌ها به خود اختصاص داد. این درحالی‌که بین امتیازهای طعم، بافت، رنگ، ظاهر، بو و پذیرش کلی نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاجیتی و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). بنابراین با توجه به نتایج آزمون‌های قبلی، همان‌طور که مورد انتظار بود، این سطح جایگزینی از جذابیت‌های خوراکی محصول نکاست و بر ذائقه ارزیاب‌ها تاثیر نامطلوب نگذاشت. به عبارت دیگر، با این سطح از جایگزینی توسط آرد لوبیاجیتی می‌توان کیک مغذی تهیه نمود که هم از نظر پروتئینی غنی باشد و هم از نظر پذیرش حسی همانند نمونه شاهد مورد پذیرش ارزیابان باشد. در بررسی اوزیب و همکاران [۴۵] نیز مشخص شد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ ارزیابی حسی بین نمونه‌های حاصل از آرد کامل گندم با آردهای ترکیبی گندم و نخودچی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

۴- نتیجه گیری

در پژوهش حاضر به بررسی تاثیر غنی‌سازی کیک اسفنجی با آرد لوبیاجیتی پرداخته شد. ویژگی‌های حسی و فیزیکی شامل قوام خمیر، افت وزنی، رطوبت، حجم مخصوص و سفتی بافت کیک، همچنین رنگ خمیر، پوسته و مغز کیک مورد اندازه‌گیری و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج تحقیق، افزودن آرد لوبیاجیتی به کیک اسفنجی باعث کاهش قوام و محتوی رطوبت و افزایش حجم مخصوص و افت وزنی کیک گردید ولی ویژگی‌های نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاجیتی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. همچنین با افزایش سطوح آرد لوبیاجیتی، حجم مخصوص و مولفه‌های رنگی a^* و b^* افزایش و L^* کاهش نشان دادند. از سوی دیگر افزایش سطوح بکارگیری آرد لوبیاجیتی باعث تأخیر در بیاتی کیک‌های حاوی آرد لوبیاجیتی گردید. نتایج ارزیابی حسی نیز بالاترین امتیاز پذیرش را برای نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد لوبیاجیتی نشان داد. در مجموع مشاهده شد که در میان فرمولاسیون‌های مورد بررسی در این مطالعه، با استفاده از جایگزینی ۱۵ درصد آرد گندم با آرد لوبیاجیتی می‌توان کیک اسفنجی مغذی با ویژگی‌های حسی و فیزیکی مشابه نمونه شاهد تولید کرد.

۵- منابع

- [1] Majnoon hosseini, N. 1996. Legumes in Iran. ACECR press. Mashhad, Iran.
- [2] Salehi, F., Kashaninejad, M., Asadi, F., Najafi, A. 2016. Improvement of quality attributes of sponge cake using infrared dried button mushroom. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3), 1418-1423.
- Meshkani, S. M., Pourfallah, Z., Mohammadi, M. and Nahardani, M. 2012. The effect of ascorbic acid and DATEM on bread dough rheological properties by response surface methodology. The second national seminar on food security. Islamic Azad University of Savadkooh. Code: 2726. [in Persian].
- [3] Moure, A., Sineuro, J., Dominguez, H. & Parajo, J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Journal Food Research International*. 39, 945-963.
- [4] Perez-Hidalgo, M.A., Guerra-Hernandez, E., Garcia-Villanova, B., 1997. Dietary fiber in three raw legumes and processing effect

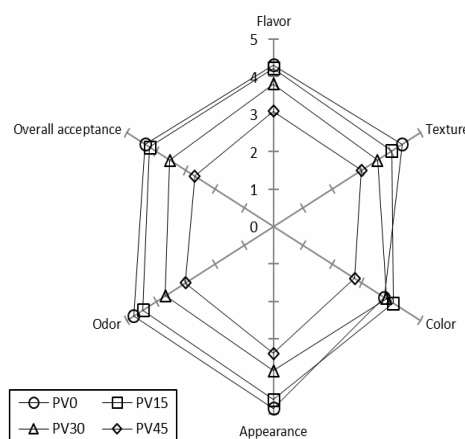


Fig 2 Substitution effect of wheat flour with *P. vulgaris* flour on sensory properties of cake (Wheat flour: *P. vulgaris* flour ratios of 100:0, 85:15, 70:30 and 65:45 are shown as PV0, PV15, PV30 and PV45, respectively)

- and sensory properties of muffin cake. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 29 (8), 81-88.
- [16] AACC, 1999. Approved method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Ins.
- [17] Afshari-Jouybari, H., & Farahnaky, A. (2011). Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *Journal of Food Engineering*, 106(2), 170-175.
- [18] Larmond, E. 1970. Method for sensory evaluation of food. Food Research Institute. Central Experimental Farm. Ottawa, Canada. Department of Agriculture Publication. 1284, 27-30.
- [19] Shao, Y., Kuan-Hung L., and Yung-Hsin C. 2015. Batter and product quality of eggless cakes made of different types of flours and gums. *Journal of Food Processing and Preservation*. ISSN 1745-4549.
- [20] Nateghi, L. 2018. The effect of carboxymethyl cellulose and diethyl tartaric acid on physicochemical, sensory, and shelf-life of toasted enriched by chickpea and bean flour. *Innovation in Food Science and Technology*, 9 (2), 41-59.
- [21] Funami, T. 2009. Functions of food polysaccharides to control the gelatinization and retrogradation behaviors of starch in an aqueous system in relation to the macromolecular characteristics of food polysaccharides. *Food science and technology research*, 15(6): 557-568.
- [22] Khatami, E., Aalami, M., Maghsoudlou, Y., and Kadivar, M. 2015. Application of rice and sorghum flour in the formulation of gluten free cake. A thesis of M.Sc. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- [23] Rajabzadeh, N. 2014. Technology of Cereal and Cereal Products. University of Tehran Press, 35-70.
- [24] Cauvain, S., and Young, L. 2000. Bakery Food Manufacture and quality, Blackwell Science.
- [25] Majzoobi, M., Boostani, S., Farahnaky, A. 2013. Improvement of box cake quality using instant wheat starch. *Journal of Food Research (Agricultural Scienc)*, 22(4), 421-429.
- [26] Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Dolan, K. D. & Butt, M. S. (2009). Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. on chick peas by an enzymatic-gravimetric method. *J. Food Compos. Anal.* 10, 66-72.
- [5] Wang, N., Hatcher, D.W., Toews, R., Gawalko, E.J., 2009. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culi-naris*). *LWT Food Sci. Technol.* 42, 842-848.
- [6] Parchami, F., Ataye Salehi, E., Seyedin Ardebili, M., Mohamadi Sani, A. 2011. An investigation on the effect of adding Faba bean flour to wheat flour on the rheological properties of dough and chemical composition of bread. *Innovation in Food Science and Technology*, 3(3), 1-5.
- [7] Kaur, M. & Singh, N. 2005. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Journal food chemistry*, 91, 403-411.
- [8] Ribotta, P. D. and Le Bail, A. 2007. Thermo-physical assessment of bread during staling. *LWT-Food Science and Technology*, 40(5): 879-884.
- [9] Barcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19(6):1037-1043.
- [10] Salehi, F., Kashaninejad, M., Akbari, E., Sobhani, S. M., & Asadi, F. (2016). Potential of sponge cake making using infrared-hot air dried carrot. *Journal of texture studies*, 47(1), 34-39.
- [11] Alaei, M., Movahhed, S., Ahmadi Chenarbon, H. 2018. Evaluation of adding chickpea flour on quality Properties of oil and sponge cakes. *Journal of Food Science and Technology*, 14 (73), 279-287.
- [12] AACC, 2000, Approved methods of the American association of cereal chemist. 10th ed., Vol II, American Association of Cereal Chemist. St.Paul,Minn.
- [13] Pierce, M. M., and Walker, C. E. 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chemistry*. 64: 222-225.
- [14] Shakouie, B. E., Peighambardoust, S. H., Azadmard, D. S., Hesari, J., & Rafat, S. A. (2013). Effects of different levels of xylitol on physical and sensory characteristics of sugar-free cake. *Journal of Food Research*, 23 (3), 435-444.
- [15] Ayoubi, A., Habibi, N. M., & Karimi, M. (2011). Effect of different levels of whey protein concentrate on the physicochemical

- [37] Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., & Fernández, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1701-1709.
- [38] Ronda, F., Gomez, M., Blanco, C.A. and Caballero, P.A. 2005. Effects of polyols and non digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chem.* 90, 549-555.
- [39] Rosell, C. M., Rojas, J. and Benedito de Barber, C. 2001. Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Hydrocolloids*, 15 (1): 75-81.
- [40] Ratnayake, W.S., Geera, B., and Rybak, D.A. 2012. Effects of egg and egg replacers on yellow cake product quality. *Journal of food processing and preservation*. ISSN 1745-4549. 21-29.
- [41] Hosney, R.C. 1994. *Principals of Cereal Science and Technology*. 2nd Ed, American Association of Cereal Chemists Inc, St. Paul, Minnesota.
- [42] Levent, H., and Bilgicli, N. 2011. Effect of Gluten-Free Flours on Physical Properties of Cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1, 354-360.
- [43] Naghipour F, Mazaheri Tehrani M, Sahraiyani B, Sheikholeslami Z, Soleimani M. 2013. Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8 (2): 211-220.
- [44] Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocoll.* 24, 755-762.
- [45] Ouazib M, Dura A, Ziadi F and Rosell CM, 2016. Effect of Partial Substitution of Wheat Flour by Processed (Germinated, Toasted, Cooked) Chickpea on Bread Quality. *International Journal of Agricultural Science and Technology* 4: 8-18.
- International Journal of Food Properties, 12, 1–11.
- [27] Hodge, J. C. & Osman, E. M. (1976). Carbohydrates. In R. O. Fennema (Ed.), *Principles of food science, Part I. food chemistry* (pp. 97–200). New York: Marcel Dekker.
- [28] Heywood, A. A. (2001). *Characterization and Utilization of Extruded- Expelled Soy Flours*, Iowa State University Thesis, Ames, IA
- [29] Noormohammadi, A., Peighambari, H., Oulad-Ghafari, A., Azadmard, S., Hesari, J. 2011. *Journal of Food Research*, 21 (2), 155-165.
- [30] Rahmati, N. F., and Mazaheri Tehrani, M. 2014. Replacement of egg in cake: Effect of soy milk on quality and sensory characteristics. *Journal of Food Preservation*. ISSN 1745-4549.
- [31] Rostamian, M., Milani, J., Maleki, G. 2012. Utilization of maize and chickpea flour for gluten-free bread making. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 1(2), 117-128.
- [32] Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P.A., Blanco, C.A., and Rosell, C.M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloids*. 21, 167-173.
- [33] Zhou, J., Faubion, J.M. and Walker, C.A. 2011. Evaluation of different types of fats for use in high-ratio layer cakes. *LWT – Food Sci. Technol.* 44, 1802-1808.
- [34] Hesarinejad, M.A., Rezaeiyan Attar, F., Mosaffa, O., Shokrollahi Yancheshmeh, B. 2017. The effect of incorporation of *Chlorella Vulgaris* into cake as an egg white substitute on physical and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*, 14 (68), 61-72.
- [35] Nasehi, B., Azizi, M.H., Hadian, Z. 2009. Different approaches for determination of bread staling. *Journal of Food Science and Technology*, 6 (20): 53-63.
- [36] Whitehurst, R. J. (Ed.). 2008. *Emulsifiers in food technology*. John Wiley & Sons.

Investigating the effect of wheat flour enrichment with *Phaseolus vulgaris* flour on the physical, sensory and shelf-life characteristics of sponge cake

Hesarinejad, M. A.^{1*}, Siyar, Z.², Rezaiyan Attar, F.³

1. Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran
2. Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Semnan University, Semnan, Iran
3. Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran

(Received: 2018/06/24 Accepted:2019/01/29)

Nowadays, cakes play an important role in feeding the people around the world, so that the wide types of cakes with the variety of flavors and nutritional value are produced. In this study, wheat flour was substituted with *Phaseolus vulgaris* flour at different levels (0, 15, 30 and 45 wt%) in order to enrich the cake. Also, some physical and sensory properties of the dough and cake were evaluated. The results showed that with increasing the level of *P. vulgaris* flour, the consistency of the dough and the moisture content of the cake samples were significantly reduced ($P < 0.05$), while the minimum specific volume of the cakes was obtained when 15% of the wheat flour was replaced with *P. vulgaris* flour. According to the sensory evaluation results, the highest acceptance points were obtained for the control sample and the sample containing 15% *P. vulgaris* flour. Based on the results of this study, the sample containing 15% *P. vulgaris* flour had the best qualitative and sensory characteristics. Therefore, by replacing 15% wheat flour with *P. vulgaris* flour, a nourishing sponge cake with sensory and physical characteristics similar to the control sample could be produced.

Key words: *Phaseolus vulgaris* flour; Texture analysis; Sensory evaluation; Staling; Sponge cake.

* Corresponding Author E-Mail Address: ma.hesarinejad@rifst.ac.ir