مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سیزدهم، شماره 4، زمستان 1397، صفحات 127-117

بهینه‌یابی فرمول کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج، کینوا و برگ گیاه خرفه

شیما جلدانی[1]، بهزاد ناصحی[2]، عادیه انور[3]

1- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

2- نویسنده مسئول: دانشیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران. پست الکترونیکی: Nasehi.b@pnum.ac.ir

3- گروه مهندسی ماشین‌های صنایع غذایی، دانشگاه رازی، همدان، ایران

تاریخ دریافت: 96/6/17 تاریخ پذیرش: 96/10/12

چکیده

سابقه و هدف: بیماری سلیاک نوعی بیماری التهاب روده کوچک بوده که به دلیل عدم تحمل گلوتن گندم ایجاد می‌شود و درمان مؤثر آن پایبندی به یک رژیم غذایی بدون گلوتن است. در این پژوهش تأثیر افزودن آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه به عنوان منبع غنی از فیبر، املاح و اسیدهای چرب، بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش اثر متغیر آرد کینوا (100-0 درصد) و پودر برگ گیاه خرفه (10-0 درصد) بر خصوصیات شیمیایی، رنگ، بافت، حجم، دانسیته، افت پخت و تخلخل و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بررسی شد. مدل سازی بر اساس روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر و با استفاده از نرم افزار مینی تب انجام شد.

یافته‌ها: نتایج آنالیز واریانس نشان داد مدل درجه دوم برازش شده برای پاسخ‌ها معنی‌دار ($p<0/05$) و شاخص عدم برازش آنها غیر معنی‌دار ($p>0/05$) بود و یافته‌های این پژوهش از R^2 و $R^2(adj)$ متناسب، بالا و معنی‌دار برخوردار بوند. بنابراین مدل‌ها از صحت لازم برای برازش اطلاعات برخوردار هستند. همچنین با افزودن آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه، مقدار خاکستر، رطوبت، حجم، فیبر، دانسیته، سفتی و صمغیت نمونه‌ها افزایش و افت پخت، شاخص‌های رنگی، تخلخل، پیوستگی و ویژگی‌های حسی آنها کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که استفاده از آرد کامل کینوا و پودر برگ گیاه خرفه برای تولید کیک بدون گلوتن امکان پذیر است، به‌طوری‌که نمونه بهینه از افزودن 61/61 درصد آرد کینوا و 1/81 درصد پودر برگ گیاه خرفه به دست آمد.

واژگان کلیدی: سلیاک، شبه غلات، گیاه دارویی

• مقدمه

بیماری‌های گوارشی در بین جوامع انسانی به خصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. سلیاک یکی از این بیماری‌ها است که نوعی بیماری التهاب روده کوچک بوده که به وسیله‌ی عدم تحمل مصرف گلوتن موجود در گندم، جو و چاودار ایجاد می‌شود. در این بیماری مخاط روده آسیب دیده برای جذب مواد مغذی مشکل پیش می‌آید. تنها درمان مؤثر برای این بیماری پایبندی به یک رژیم غذایی بدون گلوتن در طول عمر بیمار است. امروزه از هر 100 نفر، یک نفر به بیماری سلیاک مبتلا است به همین دلیل اهمیت تولید محصولات تجاری بدون گلوتن نسبت به گذشته افزایش یافته است (1).

کیک به عنوان یک از محصول صنایع آردی دارای تنوع بالایی بوده و در بین افراد جامعه به خصوص کودکان و نوجوانان طرفداران زیادی دارد. این فرآورده نوعی شیرینی با بافتی نرم است و مواد اصلی آن را آرد، روغن، شکر و تخم مرغ تشکیل می‌دهد. اگرچه گلوتن ترکیب اصلی تعیین کیفیت کیک می‌باشد و در گندم، جو، چاودار و یولاف به وفور وجود دارد، ولی در بیماران سیلیاکی ایجاد مشکل می‌نماید. جایگزینی گلوتن، یکی از مسایل چالش برانگیز در صنعت غذا است، زیرا تهیه مواد غذایی بدون گلوتن که از کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب برخوردار باشند، دشوار است. پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، امولسیفایرها و یا ترکیبی از این موارد به

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

منظور بهبود خواص فیزیکی محصولات بدون گلوتن استفاده می‌شوند. این بیماران بایستی از مصرف برخی پروتئین‌های ذخیره‌ای (پرولامین‌ها) که در گندم (گلیادین)، چاودار (سکالین) و جو (هوردئین) وجود دارند، اجتناب کنند (2).

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات مورد مصرف نیمی از مردم جهان است و منبع اصلی تولید انرژی می‌باشد و پس از گندم مهم‌ترین غله مصرفی دنیا به شمار می‌آید. بر اساس آمار FAO ارزش پروتئین آن از گندم نیز بالاتر است و به‌دلیل نداشتن اجزاء گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک مناسب می‌باشد. برنج دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فرد، بی رنگ، طعم دلپذیر و حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و مقدار زیاد کربوهیدرات با قابلیت هضم بالاست. از این رو، استفاده از آن در غذای کودک، پودینگ‌ها و غذای بیماران مبتلا به سلیاک افزایش یافته است (3).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinova Willd* یکی از محصولات مهم کشاورزی است که در طی هزاران سال در آمریکای جنوبی کشت شده است. به دلیل خصوصیات فوق‌العاده کینوا، سازمان خوار و بار جهانی سال 2013 را به نان کینوا نامگذاری کرد (4). از آنجایی که شبه غلاتی مانند آمارانت، گندم سیاه و کینوا گلوتن ندارند، جایگزین مناسبی برای غلات در فرمول محصولات بدون گلوتن می‌باشند. آنها دارای خصوصیات تغذیه‌ای بسیار خوب، کیفیت پروتئین بالا، فیبر و اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشند. کینوا به دلیل میزان گلوکز بالاتر در مقایسه با برنج و آرد، بستری مناسب برای هوادهی خمیر با استفاده از مخمر هستند. همچنین دارای اسیدهای آمینه ضروری به ویژه لیزین بوده که در بیشتر غلات و حبوبات به عنوان اسیدآمینه محدود کننده شناخته شده است. علاوه بر آن سرشار از فیبر، ویتامین B، C و E بوده و دارای املاح معدنی آهن، روی، منیزیم و پتاسیم می‌باشد (5).

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L گیاهی است که در مناطق مرطوب ایران رشد کرده و به عنوان غذا و دارو مصرف می‌شود. خرفه به صورت خام، پخته و سالاد و ترشی در غذا استفاده می‌شود. همچنین اثرات دارویی این گیاه در درمان سوختگی، سردرد و بیماری‌های مربوط به روده، کبد، معده، سرفه، تنگی نفس، و ورم مفاصل اثبات شده است. از آن به عنوان یک ملین، مقوی قلب، شل کننده عضلانی و ضد التهاب هم استفاده می‌شود. خرفه منبع بسیار خوبی از اسید آلفا لینولنیک است که یک اسید چرب امگا 3 است و نقش مهمی در رشد انسان و جلوگیری از بیماری‌ها دارد (6).

Gularte و همکاران (2012)، با بررسی جایگزینی 20 درصد از آرد برنج با سبوس جو در کیک لایه‌ای بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که کاربرد سبوس جو در کیک لایه‌ای بدون گلوتن باعث افزایش حجم و بهبود رنگ پوسته و مغز محصول نهایی شد (7). از سوی دیگر Onyango و همکاران (2011) به بررسی تولید نان بدون گلوتن با استفاده از نشاسته ذرت، سیب‌زمینی، کاساوا و برنج پرداختند و نشان دادند که افزایش میزان نشاسته در فرمول، خصوصیات کیفی پوسته و مغز نان را بهبود می‌دهد (8). علاوه بر این Ronda و همکاران (2011) به بررسی اثر آرد برنج و نشاسته ذرت، سیب زمینی و گندم و پروتئین ایزوله شده سویا در سطوح صفر، 10 و 20 بر خواص خمیرکیک بدون گلوتن پرداختند. بیشترین حالت الاستیک مربوط به خمیر حاوی آرد برنج و سطح 10 درصد پروتئین ایزوله شده سویا بود که این نمونه خواص رئولوژیکی مشابه با خمیر حاوی آرد گندم از خود نشان داد و به لحاظ کمیت و کیفیت با نمونه شاهد برابری داشت (9). بررسی کیفیت کیک اسفنجی بدون گلوتن تهیه شده از تفاله هویج، نشان داد که افزایش سطح تفاله هویج سبب کاهش دانسیته کیک و سختی آن گردید. همچنین اثرات مثبت تفاله هویج بر خصوصیات فیزیکی و تغذیه‌ای کیک بدون گلوتن مربوط به مقدار بالای فیبر، پروتئین، قند و خاکستر آن می‌باشد (10).

بررسی اثر کینوای برشته بر خواص حسی و فیزیکی کیک بدون گلوتن نشان داد که استفاده از آن سبب بهبود شاخص‌های رنگ، رطوبت، نرمی و فعالیت آبی شد. استفاده از کینوای برشته در مقایسه با کینوای معمولی، پذیرش حسی کمتری را نشان داد (11).

هدف از انجام این پژوهش بررسی افزودن آرد کامل کینوا و پودر برگ خرفه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج بود.

• مواد و روش‌ها

مواد اولیه کیک شامل آرد برنج از شرکت پودرینه شمال، پلی ساکارید محلول در آب سویا از شرکت فوجی اویل ژاپن، روغن آفتابگردان با نام تجاری اویلا، تخم مرغ از شرکت سیمرغ، بیکینگ پودر با نام تجاری هرمین و وانیل و شکر از فروشگاه‌های مواد غذایی اهواز تهیه شد. آرد کامل کینوا از آسیاب بذر کینوا با واریته سانتاماریا (Santa Maria) تهیه شد. برگ گیاه خرفه پس از تهیه از بازار محلی اهواز، شستشو و خشک کردن، با استفاده از آسیاب به صورت پودر درآمد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

روش تهیه کیک: فرمول پایه کیک حاوی 100 گرم آرد برنج، 57 گرم روغن، 72 گرم شکر، 72 گرم تخم مرغ، 1/34 گرم بیکینگ پودر، 1 گرم پلی‌ساکارید محلول در آب سویا ، 0/5 گرم وانیل و 25 گرم آب بود. آرد کینوا در سطح 0 تا 100 درصد و پودر برگ گیاه خرفه در سطح 0 تا 10 درصد در فرمول کیک جایگزین آرد برنج شد. خمیر کیک به روش شکر- خمیر تولید و درون قالب برای پخت به مدت 30 دقیقه درون فر با دمای 175 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. کیک‌ها پس از خروج از فر و سرد شدن به مدت 20 دقیقه در دمای محیط درون جعبه قرار گرفتند. آزمون‌های مربوطه در فواصل زمانی دو ساعت پس از پخت کیک بر روی آن‌ها انجام گرفت (12).

آزمون‌های شیمیایی کیک: رطوبت نمونه‌ها براساس روش شماره 44-16، خاکستر روش شماره 01-08 و میزان فیبرخام با روش شماره 10-32 استاندارد AACC اندازه‌گیری شد (13).

ویژگی‌های کیفی کیک: جهت تعیین افت پخت اختلاف وزن خمیر و نیز وزن کیک 20 دقیقه بعد از پخت اندازه‌گیری شد (12). شاخص حجم طبق روش 10-91 AACC اندازه‌گیری شد (13). دانسیته نمونه‌های کیک با استفاده از روش جابجایی دانه ارزن به دست آمد (5).

بافت: بررسی ویژگی‌های بافتی شامل سفتی، پیوستگی، چسبندگی نمونه‌های کیک طی نگهداری در فواصل زمانی 2 ساعت بعد از پخت توسط دستگاه بافت سنج مدل TA-XT-PLUS (Micro stable system، ساخت انگلستان انجام شد. با توجه به داده‌های به‌دست آمده از دستگاه، ویژگی‌های مختلف مربوط به بافت محاسبه شد. نیرو در نقطه ماکزیمم پیک اول منحنی نیرو-فاصله به عنوان سفتی بافت در نظر گرفته شد. با استفاده از منحنی نیرو-فاصله، مساحت پیک مثبت دوم به پیک مثبت اول به عنوان پیوستگی کیک در نظر گرفته شد و میزان چسبندگی از حاصل‌ضرب سفتی در پیوستگی به دست آمد (14).

رنگ پوسته: در این پژوهش به منظور ارزیابی رنگ پوسته و مغز نمونه‌های کیک از دستگاه رنگ‌سنج Konica Minolta (مدل CR-400، ژاپن) استفاده شد. شاخص*L معرف میزان روشنی، شاخص*a میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز و شاخص *b میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد (15).

تخلخل: به منظور ارزیابی میزان تخلخل از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور تصاویری به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متری از مغز نمونه‌های کیک توسط دوربین دیجیتال کانن (مدل powershot A3400 IS) در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، گرفته شد. سپس با فعال کردن قسمت 8 بیت (bit) نرم افزار Image J، تصاویر سطح خاکستری ایجاد شد. برای تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی ، پس از بهبود تباین، تصاویر آستانه گیری شده و عملیات بخش بندی بر اساس الگوریتم اتسو صورت پذیرفت و سپس قسمت دودویی نرم افزار فعال شد. در نهایت تصاویر به صورت نقاط تیره و روشن درآمدند. که هرچقدر نسبت قسمت روشن به تاریک بیشتر باشد به این معناست که میزان حفرات موجود در کیک بیشتر است (16)

ارزیابی حسی: در این مطالعه، پذیرش کلی ویژگی‌های حسی توسط ده نفر ارزیاب آموزش دیده به روش Ronda و همکاران (2005) انجام شد (9).

آنالیز آماری: از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر با دو متغیر و 5 تکرار در نقطه مرکزی جهت تعیین اثر متغیرهای مستقل کینوا (X_1) در دامنه 100-0 درصد و پودر برگ گیاه خرفه (X_2) در دامنه 10-0 درصد بر خصوصیات کیک بدون گلوتن استفاده شد. برای طراحی آزمایش، آنالیز نتایج و بهینه‌یابی و مقایسه میانگین به روش فیشر از نرم‌افزار مینی تب (نسخه 16) استفاده شد. پس از اجرای آزمون‌های آزمایشی، آنالیز رگرسیون بر اساس داده‌های آزمایشی انجام و با استفاده از رابطه زیر برای هر یک از پاسخ‌ها یک مدل چندجمله‌ای درجه دوم برازیده شد.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_0 x_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} \beta_{ij} x_i x_j$$

در این رابطه Y پاسخ برآورد شده و عبارات β0، βi، βii وβij به ترتیب ثابت معادله (عرض از مبدأ)، ضریب اثرات خطی، ضریب اثرات درجه دوم و ضریب اثرات متقابل و همچنین، xi و xj سطوح متغیرهای مستقل می‌باشند. با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ، عبارات معنی‌دار (p <0/0001، p <0/001، p<0/01 p <0/05) مشخص شد. معنی‌داری ضرایب مدل با استفاده از آنالیز واریانس برای هر پاسخ تعیین شد. کفایت مدل با استفاده از R و R اصلاح شده و آزمون Lack of fit مورد بررسی قرار گرفت. در یک مدل مناسب R و R اصلاح شده باستی بالا (0/80<) و آزمون عدم برازش غیرمعنی‌دار باشد (16).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

• یافته‌ها

بررسی تغییرات همه ویژگی‌های مورد ارزیابی در جدول 1 و 2 نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در این پژوهش از R^2 و $R^2(adj)$ متناسب، بالا و معنی‌دار برخوردار هستند. همچنین آزمون عدم برازش آن‌ها غیر معنی‌دار می‌باشد که نشان دهنده کارآیی مدل ارائه شده می‌باشد.

خاکستر: تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد خاکستر محصول نهایی به صورت نمودار سه بعدی سطح پاسخ در شکل 1-a نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود آرد کامل کینوا تأثیر زیادی بر تغییرات میزان خاکستر داشته است. نتایج نشان داد که با افزایش درصد آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه میزان خاکستر افزایش یافت.

رطوبت: نمودار سطح پاسخ تأثیر متغیرها بر رطوبت در شکل 1-b نشان می‌دهد که همگام با افزایش آرد کامل کینوا، مقدار رطوبت زیاد شده است. این در حالی است که تاثیر افزودن پودر برگ خرفه بر این شاخص معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل این دو متغیر نیز دارای اثر معنی‌داری نبود.

فیبر: یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که آرد کامل کینوا و پودر برگ خرفه به طور معنی‌داری مقدار فیبر را افزایش می‌دهند.به طوری که بیشترین میزان فیبر در نمونه حاوی بالاترین درصد جایگزینی کینوا (100 درصد) و کمترین میزان آن در نمونه بدون کینوا مشاهده شد (شکل 1-c).

دانسیته: بررسی شکل 1-d حاکی از آن است که آرد کامل کینوا سبب افزایش دانسیته و پودر برگ خرفه موجب کاهش این ویژگی شده است.

جدول 1. ضرایب رگرسیون و آنالیز واریانس ویژگی‌های کیک بدون گلوتن

منبع	خاکستر	رطوبت	فیبر	پذیرش کلی	افت پخت	L پوسته	a پوسته	b پوسته
β_0	6/57*	83/08****	3/50****	3/96****	3/31****	47/69****	0/62****	14/17****
β_1	0/001***	2/01****	0/68****	-0/18^{ns}	0/23***	-2/40**	0/20**	0/46^{ns}
β_2	0/07***	0/03^{ns}	0/24**	-0/39**	-0/15**	-5/96****	0/13**	-0/97*
$\beta_1\beta_1$	6/42*	-3/41****	-0/33**	-0/56****	0/24**	-0/76^{ns}	0/13**	2/67****
$\beta_2\beta_2$	0/0004^{ns}	-1/21****	-0/25*	-0/23^{ns}	-0/02^{ns}	-0/24^{ns}	0/08^{ns}	3/10****
$\beta_1\beta_2$	-8/00*	0/38^{ns}	-0/09^{ns}	0/10^{ns}	0/06^{ns}	1/17^{ns}	0/11^{ns}	2/46**
Model (P-value)	0/002**	0/0000****	0/001***	0/004***	0/002**	0/001***	0/01**	0/0000****
Lack of fit (P-value)	0/35^{ns}	0/16^{ns}	0/07^{ns}	0/11^{ns}	0/14^{ns}	0/093^{ns}	0/13^{ns}	0/92^{ns}
R^2	90/17	96/91	93/45	88/47	90/34	91/41	89/31	93/95
Adj-R^2	83/15	94/70	88/78	80/24	83/45	85/27	81/97	89/63
CV (%)	18/41	2/66	22/05	17/47	9/16	11/86	19/67	22/05
PRESS	0/19	9/388	2/39	2/88	0/63	186/60	0/89	11/54

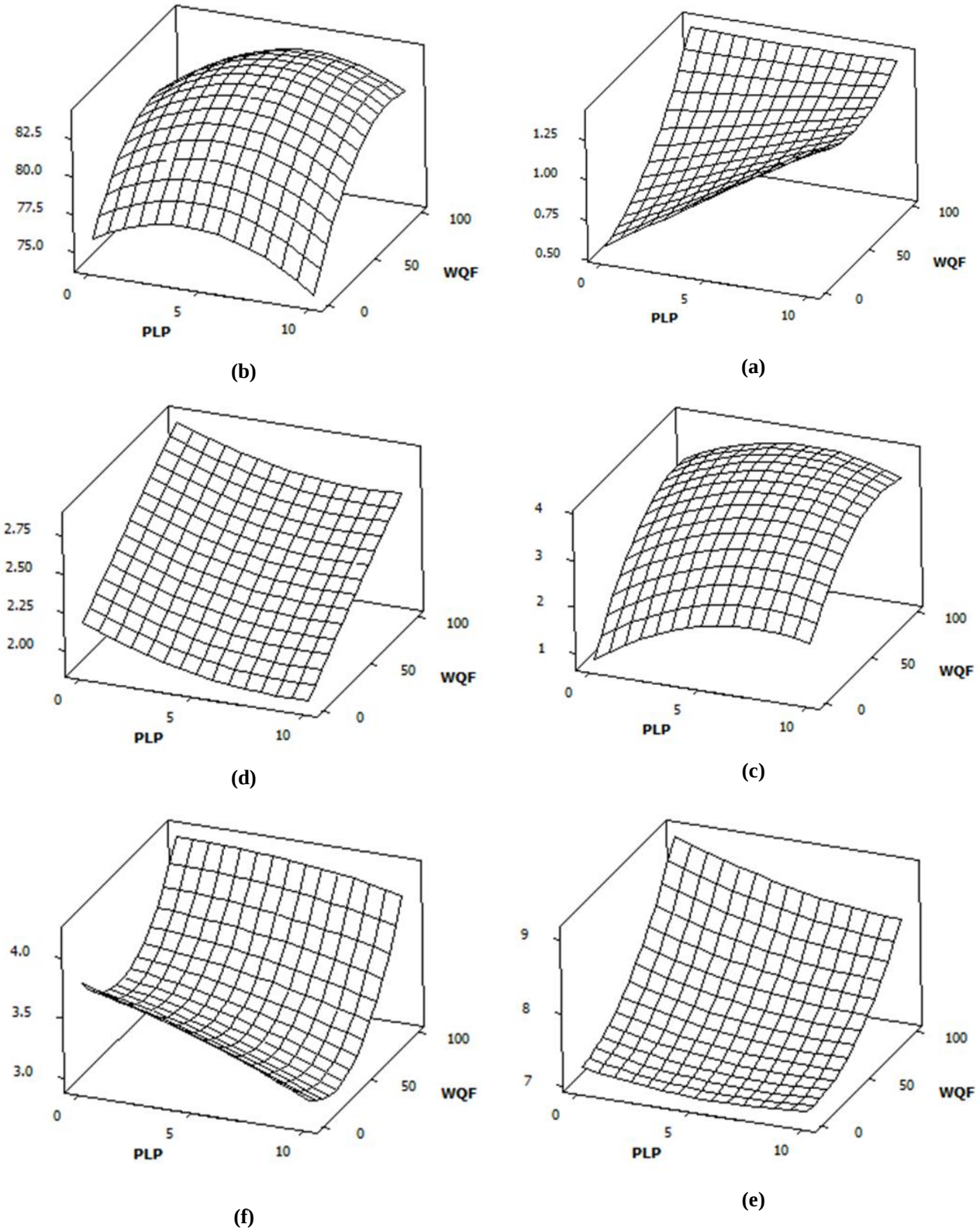
^{ns}، *، **، *** و **** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح $p<0/05$ ، معنی‌داری در سطح $p<0/01$ ، معنی‌داری در سطح $p<0/001$ و معنی‌داری در سطح $p<0/0001$ می‌باشند.

جدول 2. ضرایب رگرسیون و آنالیز واریانس ویژگی‌های بافتی کیک بدون گلوتن

منبع	سفتی	پیوستگی	چسبندگی	دانسیته	حجم	تخلخل
β_0	0/43****	0/62****	0/27****	2/15****	7/42****	13/86****
β_1	0/064****	0/056****	0/063****	0/007****	0/55****	-2/09***
β_2	-0/003**	0/0005^{ns}	-0/02**	-0/06**	-0/13^{ns}	-0/95*
$\beta_1\beta_1$	-0/003^{ns}	-0/02*	-0/007^{ns}	-7/70^{ns}	0/20*	0/74^{ns}
$\beta_2\beta_2$	0/01^{ns}	0/008^{ns}	0/018*	0/003^{ns}	0/05^{ns}	-1/02*
$\beta_1\beta_2$	-7/69^{ns}	-0/007^{ns}	0/006**	4/00^{ns}	-0/06^{ns}	-1/30*
Model (P-value)	0/0000****	0/002**	0/0000****	0/002**	0/001***	0/002**
Lack of fit (P-value)	0/08^{ns}	0/38^{ns}	0/06^{ns}	0/07^{ns}	0/061^{ns}	0/06^{ns}
R^2	93/90	90/15	94/24	90/57	94/93	90/12
Adj-R^2	89/54	83/12	90/13	83/83	91/31	83/07
CV (%)	14/75	8/60	20/99	5/09	9/69	17/49
PRESS	0/01	0/01	0/01	72/23	0/19	41/25

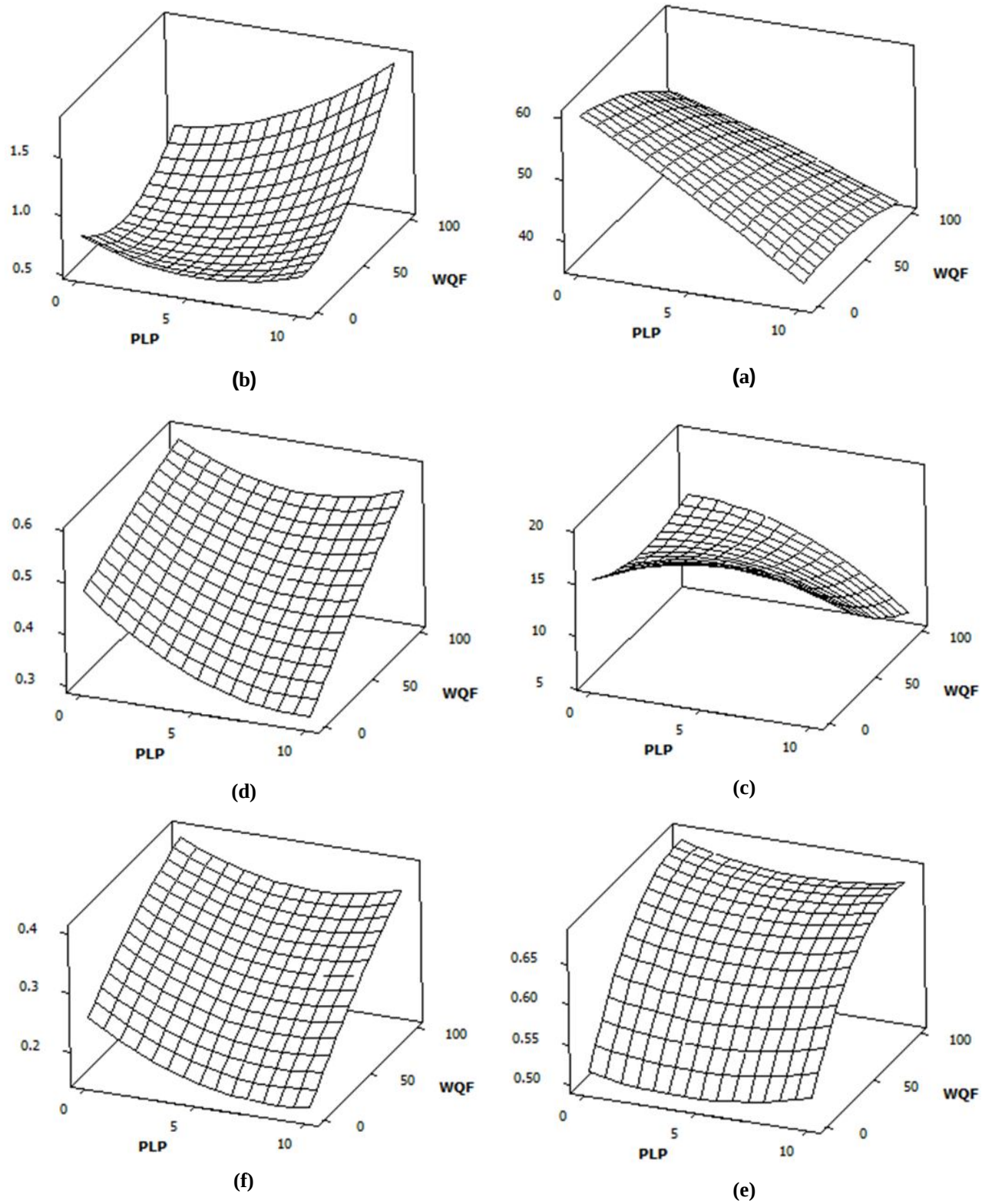
^{ns}، *، **، *** و **** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح $p<0/05$ ، معنی‌داری در سطح $p<0/01$ ، معنی‌داری در سطح $p<0/001$ و معنی‌داری در سطح $p<0/0001$ می‌باشند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]



شکل 1. نمودار سطح پاسخ تاثیر آرد کامل کینوآ (WQF) و پودر برگ خرفه (PLP) بر ویژگی‌های (a): خاکستر، (b): رطوبت، (c): فیبر، (d): دانسیته، (e): حجم و (f): افت پخت تیمارها

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]



شکل 2. نمودار سطح پاسخ تاثیر آرد کامل کینوآ (WQF) و پودر برگ خرفه (PLP) بر ویژگی‌های (a): شاخص*L ، (b): شاخص *a ، (c): تخلخل، (d): سختی، (e): پیوستگی و (f): چسبندگی تیمارها

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

حجم: روند تغییرات حجم کیک بدون گلوتن حاوی آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه در نمودار سطح پاسخ در شکل 1-e بیان می‌کند که افزودن آرد کینوا تأثیر عمده‌ای بر افزایش حجم کیک بدون گلوتن داشته است. این در حالی است که افزودن پودر برگ خرفه اثر معنی‌داری نشان نداد. .

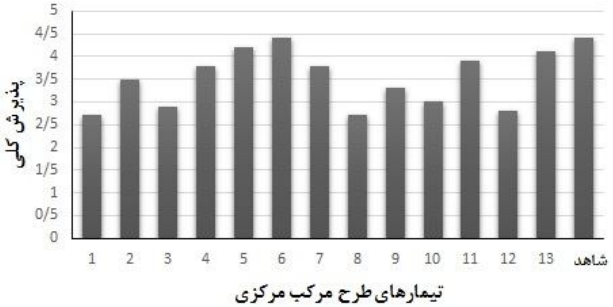
افت پخت: یافته‌های جدول 2 و شکل 1-fنشان می‌دهد که آرد کینوا سبب افزایش افت پخت می‌شود، در حالی که پودر برگ گیاه خرفه موجب بهبود این شاخص شده است. به گونه‌ای که بیشترین افت پخت مربوط به تیماری با 100 درصد آرد کینوا و 5 درصد پودر برگ گیاه خرفه و کمترین میزان افت پخت در نمونه حاوی 14/64 درصد آرد کینوا و 8/53 درصد پودر برگ گیاه خرفه مشاهده شد.

رنگ سنجی پوسته: بررسی یافته‌های جدول 1 نشان می‌دهد که هردو متغیر اثر معنی‌داری بر کاهش مقدار روشنایی کیک‌ها داشتند، با ین حال همان‌طوری که در شکل a– 2، آشکار است پودر برگ خرفه کاهش بیشتری را سبب شده است. بیشترین روشنایی مربوط به تیمار بدون پودر برگ گیاه خرفه و آرد کینوا بود و کمترین روشنایی در تیماری با حداکثر میزان پودر برگ گیاه خرفه (10 درصد) تعیین شد. از سوی دیگر، هردو متغیر سبب افزایش معنی‌دار شاخص قرمزی تیمارها شدند که همان طوری که در شکل b– 2، ملاحظه می‌شود نقش افزودن آرد کامل کینوا مهم‌تر است. بیشترین میزان فاکتور *a در تیماری با 85/35 درصد آرد کینوا و 8/53 درصد پودر برگ گیاه خرفه و کمترین آن در تیماری با 14/64 درصد آرد کینوا و 1/46 درصد پودر برگ گیاه خرفه مشاهده شد. بررسی نتایج در جدول 1، حاکی از آن است که افزودن آرد کامل کینوا بر مقدار فاکتور *b تاثیر معنی‌داری نداشته است. با این حال پودر برگ خرفه به مقدار جزئی مقدار زردی را کاهش داده است.

تخلخل: تأثیر متغیرهای مستقل بر درصد تخلخل محصول نهایی در جدول 2، نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه میزان تخلخل به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. به طوری که نقش آرد کامل کینوا مهم‌تر است. به طوری که کمترین میزان تخلخل در تیماری با 85/35 درصد آرد کینوا و 8/53 درصد پودر برگ گیاه خرفه و بیشترین تخلخل در تیماری با جایگزینی 14/64 درصد آرد کینوا و 1/46 درصد پودر برگ گیاه خرفه با آرد برنج مشاهده شد (شکل c-2).

ویژگی‌های بافتی: بررسی یافته‌های جدول 2، نشان داد که آرد کامل کینوا به طور معنی‌داری سبب افزایش سفتی تیمارها شده است، این در حالی است که پودر برگ خرفه به مقدار ناچیزی این ویژگی را کاهش داده است. به گونه‌ای که بیشترین سفتی در نمونه‌های حاوی 100 درصد آرد کینوا و 5 درصد پودر برگ گیاه خرفه مشاهده شد (شکل d–2). اما در مورد پیوستگی نتایج جدول 2 نشان می‌دهد که آرد کامل کینوا سبب افزایش معنی‌دار آن شده است. همچنین ارزیابی شکل e–2 حاکی از آن است که با افزایش سطح جایگزینی آرد کینوا، میزان پیوستگی نمونه‌ها افزایش یافت. از سوی دیگر، ارزیابی یافته‌های چسبندگی نشان داد که آرد کامل کینوا بر خلاف پودر برگ خرفه اثر معنی‌داری بر افزایش این شاخص داشته است. به این صورت که با افزایش سطح جایگزینی آرد کینوا با آرد برنج، میزان چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافت و کمترین میزان مربوط به تیمار بدون آرد کینوا و 5 درصد پودر برگ گیاه خرفه بود (شکل f–2).

ارزیابی حسی: آنالیز واریانس نتایج تأثیر متغیرهای مستقل بر خصوصیات حسی کیک بدون گلوتن در جدول 2 آورده شده است. تقریباً تمامی‌تیمارها از لحاظ ویژگی‌های حسی امتیازی مشابه نمونه شاهد دریافت کردند. با این حال، نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که افزودن آرد کینوا دارای اثر خطی منفی غیر معنی‌داری بر پذیرش کلی است، در حالی که اثر درجه دوم آن منفی معنی‌دار (در سطح $p<0/0001$) بود. افزودن پودر برگ خرفه اثر منفی معنی‌دار خطی (در سطح $p<0/01$) بر مقدار پذیرش کلی داشت ولی اثر درجه دوم آن معنی دار نشد. اثر متقابل این دو متغیر نیز معنی‌دار نشد. در بین نمونه‌ها، تیمارهای حاوی درصد بالای پودر برگ گیاه خرفه، رنگ سبز مشخصی نسبت به سایر تیمارها داشتند. نمودار پذیرش کلی تیمارها در شکل 3 نشان داده شده است. بر اساس این نمودار تیمار شماره 6 که حاوی 50 درصد آرد کینوا و صفر درصد پودر برگ گیاه خرفه بود از نظر ارزیاب‌ها تفاوتی با نمونه شاهد نشان نداشت، اما سایر تیمارها امتیاز کمتری از نمونه شاهد، از ارزیاب‌ها دریافت کردند.



شکل 3. نمودار پذیرش کلی تیمارها در طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

بهینه یابی: بهینه‌یابی برای فرمول کیک بدون گلوتن با استفاده از متغیرهای آرد کینوا و پودر برگ گیاه خرفه بر روی پارامترهای مورد اندازه‌گیری با استفاده از بهینه‌یابی عددی نرم افزار مینی‌تب انجام شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه‌یابی مشخص و سپس پاسخ‌ها و متغیرهای مستقل تنظیم شد. برای این منظور ویژگی‌های سفتی، چسبندگی، افت پخت و شاخص *a در وضعیت کمینه و مقدار حجم، تخلخل، رطوبت، پذیرش کلی، فیبر و شاخص *L در وضعیت بیشینه تعیین شدند. در این شرایط کیک بهینه تیماری بود که دارای 61/61 درصد آرد کینوا و 1/81 درصد پودر برگ گیاه خرفه بود. ویژگی‌های چنین نمونه‌ای شامل خاکستر، رطوبت، حجم، افت پخت، سفتی، پیوستگی، صمغیت، فیبر، تخلخل و پذیرش کلی به ترتیب 0/97، 82/45 درصد ، 7/82 سانتی‌متر مکعب ، 3/51 درصد، 0/5 نیوتن، 0/65 نیوتن، 0/32 ، 3/28 درصد، 13/97 درصد و 3/97 بود.

• بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی: افزایش میزان خاکستر در نمونه‌ها ناشی از استفاده از آرد کامل کینوا و وجود سبوس در کیک تولیدی بوده است. چرا که درصد املاح معدنی در سبوس بیش از سایر قسمت‌های دانه می‌باشد. Chahartagh و همکاران (2017) نشان داد که با افزودن پودر استویا به فرمول کیک، میزان خاکستر در نمونه‌های نهایی افزایش یافت (12). در مطالعه دیگری Hafez و همکاران (2012) مشخص کردند که با افزایش عصاره گیاه مرزنجوش به آرد کیک میزان خاکستر افزایش پیدا کرد (17). افزایش میزان رطوبت نمونه‌ها همگام با افزایش افزودن آرد کامل کینوا به دلیل شمار زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آن است که سبب جذب و حفظ مولکول‌های آب در فرآورده طی پخت باشد (15). افزایش حجم کیک‌های غنی شده ناشی از ایجاد ویسکوزیته بیشتر توسط آرد کینوا به دلیل بهبود توزیع آب و توزیع گاز در خمیر و به دام انداختن مقدار بیشتری حباب گاز در کیک است (18). این در حالی است که پودر برگ خرفه به دلیل محتوای بالای فیبر نامحلول اثری بر افزایش حجم ندارد. ارزیابی یافته‌ها در خصوص مقدار فیبر حاکی از آن است که هردو افزودنی سبب افزایش میزان فیبر شده‌اند، با این حال آرد کینوا تأثیر بیشتری بر این ویژگی داشت. افزودن پودر تفاله هویج (10) و سیاه دانه و چای سبز (19) در فرمول کیک بدون گلوتن نیز سبب افزایش میزان فیبر خام نمونه‌ها شد. همچنین نتایج جایگزینی آرد کینوا و صمغ زانتان در نان بربری نشان داد که با افزایش سطح آرد کینوا، میزان فیبر خام در نمونه‌های نان بربری افزایش می‌یابد (15).

ویژگی‌های کیفی: افت پخت کیک به دلیل استفاده از آرد کامل کینوا که دارای سبوس است افزایش یافت. اگرچه میزان جذب آب خمیر افزایش یافته اما به دلیل عدم استحکام دیواره تشکیل شده به وسیله کینوا، هنگام پخت با افت وزنی بیشتری همراه می‌شود. بررسی جایگزینی آرد کامل کینوآ در فرمول نان بربری نشان داد که با افزایش درصد این افزودنی افت پخت زیاد شده است (5). ارزیابی رنگ پوسته تیمارها حاکی افزایش تیرگی همراه با افزایش افزودنی‌هاست. آرد کینوا به دلیل حضور سبوس و رنگدانه بتالانین در آن تیره‌تر از آرد برنج است که زمینه کاهش روشنایی تیمارها را فراهم می‌کند. از طرفی حضور قند کاهنده و اسید آمینه‌هایی مانند لیزین در کینوا باعث می‌شود تا در طی فرایند پخت، قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی میلارد رخ دهد که خود باعث تیرگی رنگ نمونه‌ها می‌شود (14). همچنین استفاده از پودر برگ گیاه خرفه به دلیل رنگ سبز تیره آن، سبب کاهش میزان روشنایی و افزایش فاکتور *a (سبزی و قرمزی) شده است. بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش سطح کنجاله بادام (20) و آرد سورگوم (21) مولفه *L کیک بدون گلوتن کاهش می‌یابد. مطالعه افزودن شاهدانه و چای سبز بر ویژگی‌های کراکر بدون گلوتن نشان داد که با افزودن 40 درصد چای سبز به فرمول کراکر، میزان *L و *b کاهش و *a افزایش یافت (22). از سوی دیگر، به دلیل عدم توانایی در تشکیل شبکه گلوتن توسط آرد کینوا و نگهداری مناسب گاز، میزان تخلخل در محصول نهایی کاهش می‌یابد. ارزیابی اثر افزودن آمارانت و کینوا به نان بدون گلوتن نشان داد که استفاده از هر دو آرد سبب کاهش تعداد حفرات و در نتیجه میزان تخلخل در نمونه نهایی نسبت به نمونه شاهد گردید (23). جایگزینی آرد کینوا در سطح 100-40 درصد در فرمول نان بدون گلوتن نشان داد که با افزایش جایگزینی میزان تخلخل کاهش یافت که می‌تواند به علت وجود سبوس و دخالت آن در تشکیل شبکه نان و نگهداری صحیح گاز باشد (18، 14).

ویژگی‌های بافتی: بافت از ویژگی‌های کیفی مهمی است که تجربه حسی مصرف کننده نسبت به یک محصول را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (24). افزایش سفتی فرآورده‌های غلات در نتیجه افزودن فیبرهای خوراکی در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (25). افزودن سبوس و مواد بدون گلوتن به فرمول فراورده‌های غلات نظیر نان و کیک، سبب سست شدن شبکه گلوتنی و عدم نگهداری گاز شده و در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

نتیجه بافت این فراورده‌ها سفت‌تر می‌شود (26). به طوری که پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزودن پودر گیاه استویا (12)، کینوای برشته (11) و کنجاله بادام (20) در فرمول کیک، سبب افزایش سفتی بافت نمونه‌ها شده است. افزایش خاصیت پیوستگی تیمارها به توان ترکیبات فرمول در جذب و نگهداری آب مربوط است به طوری که بررسی ویژگی‌های کیک بدون گلوتن نشان داد که پیوستگی، با افزایش مقدار جایگزینی افزایش و کیک با بافت سفت‌تری تولید شد (27). افزایش چسبندگی تیمارها در اثر اعمال متغیرها، به دلیل افزایش ویسکوزیته، گرانروی و استحکام خمیر است (10). به طوری که در پژوهشی دیگر نیز تأثیر روغن، صمغ زانتان و نشاسته پری ژلاتینه یک اثر سینرژیستی را بین صمغ زانتان و نشاسته بر ویژگی صمغیت بافت کیک نشان داد (24).

ارزیابی حسی: به طور کلی بررسی نظر داوران نشان می‌دهد که از پذیرش کلی تیمارها، همگام با افزایش متغیرها کاسته شده است. البته افت ویژگی‌های حسی به دلیل تاثیر مخرب مواد فیبری این دو افزودنی بخصوص در مقادیر بالای جایگزینی دور از انتظار نبود. از سوی دیگر رنگ نامناسب فراورده‌ها نیز تاثیر زیادی بر نظر داوران بخصوص در مقادیر بالای پودر برگ خرفه داشت. سایر پژوهش‌ها نیز نشان دادند که نان‌های غنی شده با آرد خرفه (28) و یا میسلیوم قارچ (29)، با افت کیفیت حسی نمونه‌ها به دلیل رنگ نامناسب آن مواجه شده بود.

• References

1. Schuppan D, Junker Y, Barisani D. Celiac disease: from pathogenesis to novel therapies. Gastroenterology. 2009 Dec 31; 137(6):1912-33.
2. Saeidi Z, Nasehi B, Jooyande J. Statistical Optimization the formula of gluten-free cake enriched with pomegranate seed powder. Journal of food science and technology. 2018; 55(8): 3110-3118.
3. Gujral HS, Guardiola I, Carbonell JV, Rosell CM. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. J Agr Food Chem. 2003 Jun 18; 51(13):3814-8.
4. United Nations (2012). United Nations Resolution adopted by the General Assembly 66/221 International Year of Quinoa, 2013.
5. Jaldani S, Nasehi B, Barzegar H, Optimization of physical and imaging properties of flat bread enriched with quinoa flour" Nutrition and Food Sciences Research, 2018; 5 (3): 41-50
6. Oliveira I, Valentão P, Lopes R, Andrade PB, Bento A, Pereira JA. Phytochemical characterization and radical scavenging activity of Portulaca oleraceae L. leaves and stems. Microchem J. 2009 Jul 31; 92(2):129-34.
7. Gularte MA, de la Hera E, Gómez M, Rosell CM. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. LWT-Food sci Tech. 2012 Oct 31; 48(2):209-14.
8. Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. LWT- Food sci Tech. 2011 Apr 30; 44(3):681-6.
9. Ronda F, Oliete B, Gómez M, Caballero PA, Pando V. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. J Food Eng. 2011 Feb 28; 102(3):272-7.
10. Majzoobi M, Poor ZV, Jamalian J, Farahnaky A. Improvement of the quality of gluten-free sponge cake using different levels and particle sizes of carrot pomace powder. Int J Food Sci Tech. 2016 Jun 1; 51(6):1369-77.
11. Rothschild J, Rosentrater KA, Onwulata C, Singh M, Menutti L, Jambazian P, Omary MB. Influence of quinoa roasting on sensory and physicochemical properties of allergen-free, gluten-free cakes. Int J Food Sci Tech. 2015 Aug 1; 50(8):1873-81.
12. Chahartagh, F, Nasehi, B. and Barzegar, H. Optimization characteristics of low calorie Cake enriched with stevia leaf powder. J of Food Sci Tech. 2017, 69 (14), 31-41.
13. AACC. 1999. Approved method of the American association of cereal chemists. 9th ed. Methods 08-01, 16-44, 38-10, 46-12, 02-52. St. Paul, MN, USA
14. Ghasemzadeh S, Nasehi B, Noshad M. Optimization the properties of gluten free bread produced from quinoa, corn and rice flours. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2017. 12 (1): 59-68.
15. Jaldani, Sh., Nasehi, B., Barzegar, H. & Sepahvand, N. The effects of adding quinoa flour and xanthan gum on the chemicaland sensory properties of Barbari bread using Response Surface Methodology. J of Food Sci Tech. 2017. 70 (14): 79-89. [In Persian].
16. Nouri M, Nasehi B, Samavati V, Mehdizadeh SA. Optimizing the effects of Persian gum and carrot pomace powder for development of low-fat donut with high fibre content. Bioact Carbohydr Dietary Fibre. 2017 Jan 10.
17. Hafez AA. Physico-chemical and sensory properties of cakes supplemented with different concentration of marjoram. Aust. J Basic Appl Sci. 2012; 6 (13):463-70.
18. Elgeti D, Nordlohne SD, Föste M, Besl M, Linden MH, Heinz V, Jekle M, Becker T. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. J Cereal Sci. 2014 Jan 31; 59(1):41-7.
19. Radočaj O, Dimić E, Tsao R. Effects of Hemp (Cannabis sativa L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (Camellia sinensis) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers. J food sci. 2014 Mar 1; 79(3):C318-25.
20. Avazsufiyan A, Aalami M, Sadeghi Mahoonak A, Ghorbani M, Ziaiifar A.M. Application of sweet almond

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. J Res In Food Sci Tech. 2014. 3(2): 185-196. [In Persian].

21. Marston K, Khouryieh H, Aramouni F. Evaluation of sorghum flour functionality and quality characteristics of gluten-free bread and cake as influenced by ozone treatment. Food Sci Tech Int. 2015 Dec; 21(8):631-40.

22. Wang YY, Norajit K, Kim MH, Kim YH, Ryu GH. Influence of extrusion condition and hemp addition on wheat dough and bread properties. Food Sci Biotech. 2013 Feb 1; 22(1):89-97.

23. Alencar NM, Steel CJ, Alvim ID, de Morais EC, Bolini HM. Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. LWT-Food Sci Tech. 2015 Jul 31; 62(2):1011-8.

24. Nazari Z, Sedaghat N, Koocheki A. The modeling and optimization of textural and physicochemical properties of low-calorie microwave baked cake by using response surface methodology (RSM). Iranian J Nutr Sci Food Tech. 2017 May. 63(14): 289-302. [In Persian].

25. Ktenioudaki A, Gallagher E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. Trends Food Sci Tech. 2012 Nov 30; 28 (1):4-14.

26. Koletta P, Irakli M, Papageorgiou M, Skendi A. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. J Cereal Sci. 2014 Nov 30; 60(3):561-8.

27. Gularte MA, Gómez M, Rosell CM. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. Food Bioprocess Tech. 2012 Nov 1; 5(8):3142-50.

28. Fathnejhad KR, Peyghambardoost SH, Azadmard DS, Neamatti M, Rafat SA, Naqvi S. The effect of adding the powder to purslane seeds and chemical characteristics, fatty acid profile, and sensory quality of bread. Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology. 2012; 7 (3): 11-18 [in Persian].

29. Ulziijargal E, Yang JH, Lin LY, Chen CP, Mau JL. Quality of bread supplemented with mushroom mycelia. Food Chemistry. 2013; 138(1): 70-76.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]

Formulation Optimization of Gluten-free Cake Based on Rice, Quinoa Whole Flour and *Portulaca oleracea* Powder Using Response Surface Methodology

Jaldani Sh[1], Nasehi B[2], Anvar A[3]*

1- MSc Graduated of Food Science and Technology, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

*2-*Corresponding author: Associate Prof, Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Iran. Email: Nasehi.b@pnum.ac.ir*

3- Department of Engineering of Food Industry Machines, Razi University, Iran

Received 8 Sept, 2017 **Accepted 2 Jan, 2018**

Background and Objectives: Celiac disease is an inflammatory disease of the small intestine that is caused by intolerance to gluten wheat. Patients with celiac disease must follow a gluten-free diet. In this research, the effect of replacement quinoa flour (gluten-free Pseudo-cereal) and powdered leaves of purslane as a rich source of fiber, minerals and fatty acids on the chemical characteristics, quality and sensory features of gluten free cakes based on the rice flour, was investigated.

Materials and Methods: The effect of quinoa flour (100-0%) and powdered leaves of purslane (10-0 percent) on the chemical characteristics, color, texture, volume, density, porosity and cooking loss and sensory features of gluten free cakes was investigated. Modeling was done based on RSM and rotatable central composite design using Minitab software.

Results: The results showed significant quadratic model fitted to answer ($p<0.05$) and the index of non-significant lack of fit for these models ($p>0.05$).The proposed model in this study had high the R^2 and R^2 (adj). Therefore, the model was approved for fitting information. Adding flour with quinoa and dried leaves of purslane to gluten free cake increased its ash, moisture, volume, fiber density, hardness, and stikness and decreased cooking quality, colorimetric properties, porosity, cohesiness and sensory characteristics.

Conclusion: The results showed that the use of quinoa flour and powdered leaves of purslane plant for the production of gluten-free cake is possible. Finally, the optimal sample included 61.61% quinoa flour, and the powdered leaves of purslane was 1.81 %.

Keywords: Celiac, Psudo cereal, Herbal medicine

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-21]