مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تأثیر پیش تیمارها و سطوح مختلف جایگزینی آرد دانه عدس بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج

نازنین طریقت خواه[1]، مهدی قره‌خانی [1*]

۱-گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

آرد دانه عدس،

کیک بدون گلوتن،

خیساندن- پوست‌گیری،

پختن،

برشته کردن.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.42.

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iau.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات پیش تیمارهای خیساندن- پوست‌گیری، پختن و برشته کردن دانه عدس بر روی ویژگی‌های عملکردی (قابلیت جذب آب و روغن و امولسیون کنندگی) آرد عدس و سپس انتخاب تیمار بهینه و جایگزینی آن با آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن و بررسی تأثیر آن بر خواص فیزیکی، کیفی و حسی کیک بدون گلوتن انجام شد. جایگزینی آرد دانه عدس با آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، در سطوح (۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد) انجام شد. بررسی تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف نشان داد که آرد عدس پخته شده دارای بالاترین مقدار جذب آب (۲/۰۰ درصد)، جذب روغن (۱/۳۸ درصد) و ظرفیت امولسیون کنندگی (٤٤/٦٠ درصد) بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده آرد عدس پخته شده به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب و در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش مقدار جایگزینی آرد عدس دانسیته و قوام خمیر، میزان رطوبت، پروتئین و شاخص a^* کیک‌های تولیدی افزایش ولی میزان سفتی و شاخص‌های L^* و b^* کاهش یافت. از نظر پذیرش کلی، بررسی نتایج ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها نیز موید این امر بود که استفاده از آرد عدس پخته شده تا ۵۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن تغییر قابل ملاحظه‌ای از دید ارزیاب‌ها نداشت به‌همین دلیل و با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان جایگزین نمودن ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده را در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج پیشنهاد داد.

۱-مقدمه

کیک که یکی از محصولات نانوایی مهم به‌شمار می‌رود و تعریف آن در نقاط مختلف دنیا متفاوت است، اما با این حال اصطلاح کیک اشاره به محصولاتی دارد که به‌وسیله فرمولاسیون‌های مبتنی بر آرد گندم، شکر، تخم مرغ و مایعات (مانند شیر و آب) تهیه می‌شود و ممکن است به فرمولاسیون آن‌ها چربی یا روغن نیز اضافه شود. مقدار مایعات افزوده شده به فرمولاسیون کیک در حدی است که خمیری با ویسکوزیته پایین نسبت به خمیر نانوایی به دست آید. یک تفاوت کلیدی بین کیک و نان این است که کیک‌ها بیشتر در داخل قالب، ماهی‌تابه یا ظروف خاص به‌منظور نگهداری و شکل‌دهی به خمیر کیک پخته می‌شوند [۱]. کیک‌های بر پایه آرد برنج یکی از غذاهای با نشاسته زیاد محسوب می‌گردند که به صورت سنتی در کشورهای آسیایی مصرف می‌شوند و از اوایل دهه ۱۹۸۰ به‌دلیل مواد تشکیل دهنده آن، کالری کم‌تر و همچنین دارا بودن پروتئین‌هایی که فاقد گلوتن هستند در جوامع غربی در حال توسعه می‌باشد [۲ و ۳]. بیماری سلیاک یک آنتروپاتی (بیماری‌های روده‌ای) خودایمنی است که ناشی از آسیب پرزهای روده کوچک به‌دلیل قرار گرفتن در معرض گلوتن به‌وجود می‌آید، مطالعات نشان داده که بیش از ۰/۵ درصد مردم ساکن آسیا از این بیماری رنج می‌برند. بیماری سلیاک عوارض بالینی متنوعی دارد که گاهی اوقات تشخیص آن را دشوار می‌کند. در حالی که عوارض کلاسیک آن شامل علائم شکمی مانند اسهال مزمن، درد، استفراغ، اتساع و یبوست است، در سال‌های اخیر شاهد شناسایی اشکال غیرکلاسیک و بدون علامت این بیماری نیز بوده‌ایم. این عوارض غیر معمول، از جمله رشد ضعیف، کوتاهی قد، کم خونی، آرتریت و پوکی استخوان، می‌باشند [٤]. به‌طور کلی درمان بیماری سلیاک تنها بر پایه حذف دائمی غلات حاوی گلوتن (گندم، جو، چاودار و یولاف) از رژیم غذایی و استفاده از غذاهای بدون گلوتن در سراسر طول عمر بیماری می‌باشد [۵]. بخش اعظمی از پروتئین گندم را گلوتن تشکیل می‌دهد که این امر استفاده از آن برای تولید محصولات عاری از گلوتن جهت استفاده توسط افراد مبتلا به بیماری سلیاک را محدود می‌کند. کاهش میزان گلوتن گندم با روش‌های به‌نژادی و یا حذف گلوتن از آرد گندم می‌تواند، راهکاری برای استفاده از آن در محصولات عاری از گلوتن باشد اما این امر سبب کاهش کیفیت فرآورده‌های تولید شده از آن می‌گردد [٦]. با توجه به نبود گلوتن در آردهای بدون گلوتن می‌توان از موادی به منظور تقلید از خواص گلوتن و یا تقویت آن به منظور بهبود کمیت و کیفیت این دسته از محصولات استفاده نمود. جایگزینی گلوتن با این ترکیبات، عمده‌ترین مشکل تکنولوژیکی می‌باشد. هیدروکلوئیدهای غذایی یا صمغ‌ها، بیوپلیمرهای هیدروفیلیک با وزن مولکولی بالا می‌باشند که به عنوان ترکیبات عملگرا در صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند و مطالعات متعددی بیان‌گر استفاده از این ترکیبات در صنعت پخت می‌باشند. هیدروکلوئیدها به‌دلیل ویژگی‌های ساختاری و توانایی اتصال با آب، جایگزین مناسبی برای گلوتن، در تولید فرآورده‌های پختی فاقد گلوتن، محسوب می‌شوند. استفاده از غلات دیگر یا شبه غلات برای تولید بیسکوئیت، کیک و کلوچه عاری از گلوتن، راهکار دیگری است که پیشنهاد شده است. به هر حال استفاده از سایر غلات برای تولید اینگونه محصولات نیز می‌تواند خصوصیات و کیفیت فرآورده را تحت تأثیر قرار دهد [۷]. لذا در برخی از مطالعات به بهبود کیفیت این‌گونه محصولات با مکمل‌سازی آن ها توسط ترکیبات مختلف پرداخته شده است [۸]. حبوبات خوراکی که منبع اصلی پروتئین‌های گیاهی در تغذیه انسان هستند، به دلیل ارزان بودن، در دسترس بودن آسان

و ارزش غذایی بالا، جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی است. در میان منابع گیاهی، حبوبات از جایگاه ویژه‌ای در رژیم غذایی انسان برخوردارند، زیرا دو تا سه برابر بیشتر از غلات پروتئین دارند [۹]. حبوبات از بهترین منابع پروتئین، فیبر غذایی و مواد معدنی بوده، در حالی که حاوی گلوتن نمی‌باشند [۱۰ و ۱۱]. عدس یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست می‌باشد که در ایران معمولا به صورت دیم کشت می‌گردد. این گیاه با حدود ۲۸ درصد پروتئین، از حبوبات عمده در کشورهای در حال توسعه بوده و به‌عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می‌شود [۱۲]. طیف وسیعی از تکنیک‌های فرآوری مانند خیساندن، اتوکلاو کردن، پوست‌گیری، جوشاندن، پختن، جوانه‌زنی، تخمیر و فراصوت در تلاش برای افزایش سودمندی حبوبات برای اهدافی مانند افزایش ارزش غذایی و قابلیت هضم حبوبات استفاده می‌شود. خیساندن، جوانه‌زنی، تخمیر و اتوکلاو فرآیندهای اولیه‌ای هستند که بر کاهش یا حذف عوامل ضد تغذیه‌ای تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، عملیات حرارتی کنترل شده تضمین می‌کند که کربوهیدرات‌های موجود در حبوبات تا حدی ژلاتینه شده و قابلیت هضم را افزایش می‌دهد، عوامل ضد تغذیه‌ای را غیرفعال می‌کند و باعث افزایش دسترسی به اسیدهای آمینه ضروری در حبوبات می‌شود [۱۳ و ۱٤]. آرتاش (۲۰۲۱)، بهبود کیفیت کیک با استفاده از لوبیا قرمز با استفاده از روش‌های مختلف فرآوری سنتی را بررسی نمود. این مطالعه با هدف ارزیابی اثرات افزودن آرد لوبیا قرمز در معرض خیساندن با پوست‌گیری، پختن و برشته کردن جایگزین آرد گندم بر خواص عملکردی، فیزیکی، کیفی و حسی کیک و در مقایسه با کیک شاهد انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که روش‌های فرآوری سنتی بر خواص عملکردی آرد لوبیا قرمز تأثیر می‌گذارند، زیرا ظرفیت امولسیونی و ظرفیت کف سازی افزایش ولی ظرفیت جذب روغن کاهش یافت. افزودن آرد لوبیا قرمز باعث افزایش میزان خاکستر و پروتئین و کاهش محتوای کربوهیدرات، چربی و سفتی کیک‌ها گردید[۱۵]. جئونگ و همکاران (۲۰۲۱) نیز از سطوح مختلف آرد حبوبات در کیک استفاده نمودند و گزارشات آنها حکایت از تاثیر مثبت این ترکیبات بر خواص فیزیکوشیمیایی کیک داشت[۱٦]. هدف از این مطالعه تولید کیک بدون گلوتن با خواص کیفی و تغذیه‌ای مطلوب برای بیماران سلیاکی با استفاده از آرد دانه عدس پیش تیمار شده (به‌منظور بهبود خواص عملکردی آن) بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲- ۱- مواد

برای انجام این پژوهش، دانه‌های عدس از بازار محلی شهرستان تبریز و آرد برنج نیز از مجتمع صنایع غذایی و کشاورزی گلها (تهران) خریداری شد.

۲-۲- اعمال پیش تیمارها بر روی دانه‌های عدس

در این تحقیق پیش‌تیمارهای خیساندن و پوست گیری، پخت و برشته کردن روی دانه عدس اعمال شد. برای پیش‌تیمار خیساندن و پوست گیری: ۱۰۰ گرم دانه عدس در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت خیسانده شد، آب خیسانده دور ریخته شده و دانه‌ها با دست پوست شدند و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت در آون الکتریکی (Memmert، آلمان) خشک گردیدند. برای پیش‌تیمار پختن: ۱۰۰ گرم دانه عدس در آب جوش ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت یک ساعت پخته شد و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در آون با هوای گرم به مدت ۲٤ ساعت خشک شد. برای پیش تیمار برشته کردن: ۱۰۰ گرم دانه عدس با هم زدن مداوم به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱٦۰ درجه سانتی‌گراد برشته شد. سپس تمامی دانه‌های عدس تیمار شده به‌دست آمده از سه روش فوق در آسیاب چکشی آزمایشگاهی آسیاب و الک (<۵۰۰ میکرومتر) شد[۱۷ و ۱۸].

۲-۳- بررسی ویژگی‌های عملکردی آردهای پیش تیمار شده

۲- ۳- ۱- ظرفیت جذب آب (WHC[1]) و ظرفیت جذب روغن (OHC[2])

برای اندازه گیری ظرفیت جذب آب و روغن به‌طور خلاصه ۰/۱ میلی‌گرم نمونه با ۱ میلی لیتر آب مقطر یا روغن مخلوط شد. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط هم زده شد و نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در ٦۰۰۰ g سانتریفوژ (Thermo، ژاپن) شدند. پس از خروج سوپرناتانت، لوله‌ها به مدت ۲۵ دقیقه با زاویه ٤۵ درجه درون آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا آب‌هایی که جذب سطحی شده‌اند، خارج شوند. با استفاده از اختلاف وزنی، درصد ظرفیت جذب آب یا روغن بر اساس گرم آب یا روغن جذب شده به ازای واحد گرم نمونه محاسبه شد [۱۹ و ۲۰].

۲- ۳- ۲- ظرفیت امولسیون کنندگی (EC[3])

محلول حاصل از آرد عدس - آب مقطر (به نسبت ۱:۱۰ وزنی - وزنی) با دور٤۰۰۰ به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. حجم مساوی از مایع رویی و روغن آفتابگردان به مدت ۵ دقیقه با سرعت کم در مخلوط کن مخلوط و همگن شدند. مخلوط هموژن شده به یک استوانه اندازه گیری منتقل شد. ظرفیت امولسیون‌کنندگی به صورت درصد حجم لایه امولسیون شده و ارتفاع کل محتوای استوانه بیان شد [۲۱].

۲- ٤- آماده سازی نمونه‌های کیک بدون گلوتن

در ابتدا به‌منظور تهیه خمیر کیک، روغن، پودر شکر و تخم مرغ با استفاده از یک همزن برقی با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در مدت زمان ٦ دقیقه مخلوط شدند تا یک کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد گردد. سپس آب و شربت اینورت به آن اضافه شد و عمل همزدن به مدت ٤ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد بیکینگ پودر و وانیل به آرد برنج (حاوی درصدهای مختلف آرد عدس) اضافه گردید و مخلوط حاصل به صورت تدریجی به کرم افزوده شد. در نهایت با استفاده از یک قیف پارچه‌ای ۵۰ گرم از خمیر تهیه شده، درون کاغذهای مخصوص کیک که درون قالب‌ها قرار گرفته بودند، ریخته شد. سپس عمل پخت در فر آزمایشگاهی با هوای داغ در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۲۲]. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش برای تهیه نمونه‌های کیک بدون گلوتن در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1- The treatments used in this study

Abbreviations	Types of treatments
Control	Gluten-free cake made with rice flour
70R30L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 70: 30 rice flour: lentil flour
50R50L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 50: 50 rice flour: lentil flour
20R80L	Gluten-free cake prepared with a ratio of 20: 80 rice flour: lentil flour

۲- ۵- تعیین ویژگی‌های خمیر کیک

۲- ۵- ۱- تعیین دانسیته خمیر

بلافاصله بعد از تهیه خمیر کیک، حجم ۳۰ گرم از نمونه با استفاده از استوانه مدرج تعیین شد و میزان دانسیته خمیر از تقسیم وزن بر حجم خمیر محاسبه شد [۲۳].

۲- ۵- ۲- تعیین قوام خمیر

1 -Water holding capacity

2 -Oil holding capacity

3 -Emulsifying capacity

برای اندازه‌گیری قوام خمیر کیک، خمیر در قیفی با قطر داخلی دهانه گشاد ریخته شد. قیف بطور کامل با خمیر پر شده، سپس وزن خمیر خارج شده از قیف در مدت زمان ۱۵ ثانیه اندازه‌گیری و قوام خمیر برحسب گرم بر ثانیه گزارش شد [۲۳]. اعداد بزرگتر ثبت شده نشان دهنده قوام کمتر خمیر است.

۲-٦- تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های کیک بدون گلوتن

۲- ٦- ۱- اندازه‌گیری مقدار رطوبت

برای تعیین مقادیر رطوبت نمونه‌های کیک بدون گلوتن از روش AACC 44-15A و دستگاه آون الکتریکی استفاده شد [٢٤].

۲- ٦- ۲- اندازه‌گیری مقدار پروتئین

پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش کجلدال AACC 46-12اندازه‌گیری شد. بدین منظور یک گرم از نمونه‌های کیک در ظرف مخصوص هضم توزین شده و ۲۵ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد برای هضم نمونه افزوده شد و هضم کامل نمونه تا رسیدن به رنگ سبز شفاف ادامه یافت. پس از هضم کامل، تقطیر ازت انجام گرفت، برای این منظور ۳۰۰- ۲۵۰ میلی لیتر آب و ۵۰ میلی لیتر NaOH به همراه پرل شیشه‌ای برای ممانعت از انفجار به محلول هضم شده، افزوده شد. یک ارلن حاوی ۵۰ میلی لیتر اسید بوریک و چند قطره معرف متیل رد در انتهای دستگاه تقطیر به نحوی که قسمت انتهایی دستگاه تقطیر به شکل کامل در اسید غوطه ور باشد، قرار داده شد و تقطیر تا رسیدن به حداقل حجم ۲۵۰ میلی لیتر انجام گرفت. محلول حاصل با استفاده از اسید سولفوریک ۰/۱ N تا رسیدن به رنگ صورتی تیتر و درصد پروتئین کل از رابطه ی ۱، محاسبه شد[٢٤].

رابطه ۱) $$\text{مقدار پروتئین}\% = \frac{\text{میلی لیتر اسید مصرفی} \times \text{نرمالیته اسید سولفوریک} \times 1.4007 \times 6.25}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

۲- ٦- ۳- تعیین حجم نمونه‌های تولیدی

جهت اندازه‌گیری حجم از روش جابه‌جایی دانه کلزا 05-10 AACC استفاده شد. در این روش دانه کلزا تا خط نشانه در محفظه فلزی ریخته و حجم آن یاداشت گردید. سپس هر یک از نمونه‌های کیک بدون گلوتن داخل محفظه خالی قرار داده و با سرعتی یکنواخت دانه کلزا درون آن ریخته و تا خط نشانه پر شد. باقیمانده دانه‌ها که نشان دهنده اختلاف حجم است، درون استوانه مدرج ریخته و حجم بر حسب میلی‌لیتر به‌دست آمد[٢٤].

۲- ٦- ٤- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی نمونه‌ها

به منظور رنگ سنجی نمونه‌های کیک بدون گلوتن از روش عکس‌برداری دیجیتال استفاده شد. به این صورت که نمونه-های کیک که به صورت عرضی با ضخامت ۳ سانتی‌متر بریده شده بودند درون دستگاه شبیه ساز هانترلب با دیواره سفید(٦٠×٥٠×٥٠) که دو لامپ فلورسنت مخصوص با نور سفید درون آن قرار گرفته بود و توزیع نور کاملا یکنواختی در آن وجود داشت، قرار گرفتند. عکس‌برداری توسط دوربین دیجیتالی در موقعیت عمود بر نمونه (با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) انجام گرفت. تصاویر به‌دست آمده به نرم افزار فتوشاپ (Adobe Photoshop CC2018) منتقل و مولفه-های رنگ آن‌ها محاسبه شد که درآن (L^*) از رنگ سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، (a^*) از سبز (مقادیر منفی تا ۱۲۰-) تا قرمز (مقادیر مثبت ۱۲۰+)، و b^* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشد[۲۵].

۲- ٦- ۵- بررسی سفتی بافت

ویژگی‌های بافتی به‌صورت آزمون آنالیز پروفایل بافت بر روی مغز نمونه‌های کیک بدون گلوتن انجام گرفت. برای انجام آزمون آنالیز پروفایل بافت، از دستگاه بافت‌سنج و پروب استوانه‌ای استفاده شد. نمونه‌های کیک پس از برش به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه فشرده شدند و سپس سفتی مغز کیک در روزهای اول بعد از تولید مورد ارزیابی قرار گرفت [٢٦].

۲- ٦- ٦- ارزیابی حسی نمونه‌های تولیدی

برای تعیین پذیرش کلی نمونه‌های کیک بدون گلوتن، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. بدین ترتیب که نمونه‌های کیک، در روز اول پخت توسط تعدادی از ارزیاب‌های حسی آموزش دیده (۱۰نفر) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای انجام این آزمون در حد فاصل آزمون تیمارهای مختلف از آب جهت درک بهتر ویژگی‌های حسی استفاده شد. در این آزمون عدد (۱) نشان دهنده پایین‌ترین امتیاز و عدد (۵) نشان دهنده بالاترین امتیاز است [۲۲].

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق در وهله اول تاثیر پیش تیمارهای مختلف (خیساندن و پوست‌کنی، پختن و برشته کردن) بر ویژگی‌های عملکردی دانه‌های عدس در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در وهله دوم آرد عدس بهینه انتخاب شده در فاز اول پژوهش به عنوان متغیر مستقل در سه سطح ۳۰، ۵۰ و ۸۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن به عنوان جایگزین آرد برنج مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه‌ی میانگین‌ها به‌ترتیب با جدول ANOVA و آزمون دانکن توسط نرم‌افزار SAS ورژن 9.4 انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ورژن ۲۰۱۹ صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ظرفیت جذب آب

نتایج مربوط به جذب آب نمونه‌های آرد عدس پیش تیمار شده مختلف در جدول ۲، آورده شده است. بر پایه نتایج نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر جذب آب نمونه‌های آرد عدس داشت. بیشترین مقدار جذب آب اندازه‌گیری شده با میانگین ۲ درصد مربوط به آرد عدس پخته شده و کمترین مقدار اندازه‌گیری شده با میانگین ۱/۵۸ درصد مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست کنی شده بود. به نظر می‌رسد در فرایند خیساندن و نیز پوست کنی خروج فیبر از ساختار دانه‌های عدس سبب کاهش در مقدار ظرفیت جذب آب نمونه‌ها شده است. از ویژگی‌های مهم فیبر، ظرفیت نگهداری آب آن است. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده اعمال فرایند حرارتی سبب افزایش در مقدار ظرفیت جذب آب نمونه‌ها شده است. با اعمال فرایندهای حرارتی (مرطوب و خشک) پروتئین‌های الیگومریک به واحدهای کوچکتر تجزیه شده و این واحدهای کوچکتر ظرفیت جذب آب بیشتری نسبت به پروتئین‌های الیگومریک دارند. نتایج مشابهی توسط وانی و همکاران (۲۰۱۷) در ارتباط با افزایش ظرفیت جذب آب شاه‌بلوط شیرین طی فرآیند برشته کردن در تابه و مایکروویو مشاهده شد[۲۷]. در پژوهشی دیگر جوگیهالی و همکاران (۲۰۱۷) افزایش ظرفیت جذب آب نخود طی فرآیند برشته کردن با مایکروویو را گزارش کردند[۲۸].

Table 2- The effect of the type of pretreatment on the measured characteristics of lentil flour

Characteristics	Soaked and peeled	Cooked	Roasted
%WHC	1.58±0.03^{c}	2.00±0.13^{a}	1.71±0.04^{b}
%OHC	1.10±0.01^{b}	1.38±0.02^{a}	1.35±0.06^{a}
%EC	37.30±0.25^{b}	44.60±0.21^{a}	44.42±0.16^{a}

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳- ۲- ظرفیت جذب روغن

نتایج مربوط به ظرفیت جذب روغن نمونه‌های آرد عدس تیمار شده با فرایندهای مختلف در جدول ۲، آورده شده است. بر پایه نتایج به‌دست آمده نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر ظرفیت جذب روغن نمونه‌های آرد عدس داشت. بیشترین مقدار ظرفیت جذب روغن اندازه‌گیری شده مربوط به آرد عدس پخته شده بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه برشته شده نداشت ($p>0/05$) و کمترین مقدار اندازه‌گیری شده ظرفیت جذب روغن نیز مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست کنی شده بود. در

مطالعات پیشین نیز گزارش شده است که فرآیندهای حرارتی باعث افزایش مقادیر ظرفیت جذب آب در شاه‌بلوط شیرین [۲۷] و ماش سبز، لوبیای چشم‌بلبلی، عدس و نخود [۲۹] می‌شود. همچنین در پژوهش انجام شده توسط ارتاش (۲۰۲۱) در ارتباط با تأثیر پیش‌تیمارهای خیساندن و پوست‌کنی، پختن و برشته کردن بر قابلیت جذب آب لوبیا قرمز، نتایج مشابه با این پژوهش به‌دست آمد. این پژوهشگر افزایش در ظرفیت جذب روغن را به تغییرات ساختاری در پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های آردها در اثر حرارت نسبت دادند که به ایجاد منافذ و فضاهای خالی در ساختار آردها کمک نموده و این فضاها می‌توانند روغن را به‌طور موثرتری جذب کنند [۱۵].

۳- ۳- ظرفیت امولسیون کنندگی

جدول ۲، مشخص نمود که نوع پیش تیمار تأثیر معنی‌داری بر پارامتر ظرفیت امولسیون کنندگی نمونه‌های آرد عدس داشت. بیشترین مقدار ظرفیت امولسیون کنندگی اندازه‌گیری شده مربوط به آرد عدس پخته شده بود که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه برشته شده نداشت ($p>۰/۰۵$) و کمترین مقدار ظرفیت امولسیون کنندگی نیز مربوط به نمونه آرد عدس خیسانده و پوست کنی شده بود. عواملی که بر توانایی امولسیون پروتئین‌ها تأثیر می‌گذارند شامل حلالیت، pH، تغییر شکل و غلظت هستند. این عوامل به‌طور مستقیم می‌توانند ویژگی‌های امولسیون پروتئین‌ها را تغییر دهند. پروتئین‌ها برای تشکیل امولسیون‌های پایدار باید در محیط مایع حل شوند. پروتئین‌های محلول بیشتر قادر به تشکیل امولسیون‌های بهتر هستند زیرا می‌توانند به طور یکنواخت در فاز مایع پخش شوند. pH محیط نیز بر توانایی امولسیون پروتئین‌ها تأثیر دارد. تغییرات pH می‌تواند باعث تغییر شکل پروتئین‌ها شود و ویژگی‌های امولسیون آن‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. تیمارهای گرمایی می‌توانند ساختار پروتئین‌ها را باز کنند و پروتئین‌های اولیگومر را به واحدهای کوچکتر تجزیه کنند. این تغییرات می‌توانند منجر به بهبود حلالیت و ویژگی‌های امولسیون پروتئین‌ها شوند [۳۰]. غلظت پروتئین نیز بر توانایی امولسیون آن‌ها تأثیر دارد. غلظت بالاتر پروتئین‌ها می‌تواند منجر به تشکیل امولسیون‌های پایدارتر شود. در مطالعه‌ای که توسط اوکاکا و پوتر انجام شد، نشان داده شد که تیمارهای گرمایی می‌توانند با تجزیه پروتئین‌های بزرگ به واحدهای کوچکتر، بهبود حلالیت و ویژگی‌های امولسیون را به دنبال داشته باشند. همچنین، گلتا و همکاران (۲۰۱۹) گزارش داده‌اند که حذف پوست می‌تواند باعث افزایش در ظرفیت امولسیون پروتئین‌های نخود و باقلا نسبت به نمونه‌های خام شود. بنابراین، حلالیت، pH، تغییر شکل و غلظت پروتئین‌ها همگی به عنوان عوامل کلیدی در توانایی امولسیون پروتئین‌ها شناخته می‌شوند و هر یک به نحوی می‌توانند بر کیفیت و پایداری امولسیون‌ها تأثیر بگذارند[۳۱].

۳-٤- دانسیته خمیر کیک

نتایج حاصل از بررسی تغییرات دانسیته خمیر در نتیجه جایگزینی آرد برنج با آرد عدس پخته شده که در جدول ۳، آورده شده است حاکی از آن بود که با افزایش درصد آرد عدس در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان دانسیته خمیر افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط گومز و همکاران (۲۰۰۸)، مطابقت دارد. این محققین گزارش کردند که به کار بردن فیبر سبب افزایش دانسیته خمیر می‌شود و این افزایش به میزان پودر اضافه شده بستگی دارد[۳۲]. لو و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که افزایش دانسیته خمیر با افزایش درصد جایگزینی را می‌توان به افزایش فیبر موجود در سبوس مربوط دانست، بنابراین با افزایش ظرفیت نگهداری آب سبوس، دانسیته خمیر کیک افزایش می‌یابد[۳۳]. روندا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند قوام و دانسیته بالا باعث می‌شود مقدار هوای کمتری در خمیر حفظ شود[۳٤]. مجذوبی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با افزایش مقدار سبوس به خمیر کیک، دانسیته خمیر افزایش می‌یابد[۳۵]. همچنین افزایش دانسیته خمیر کیک با به کار بردن فیبر جودوسر توسط مجذوبی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است که ممکن است به دلیل به دام افتادن مقدار حباب‌های هوای کمتری در خمیر باشد[۳٦].

۳-۵- قوام خمیر

جدول ۳، نشان داد که جایگزینی آرد عدس پخته شده با آرد برنج سبب ایجاد تغییرات معنی‌داری در مقدار قوام خمیر شد. کمترین مقدار قوام خمیر مربوط به نمونه شاهد و بیشترین این مقدار مربوط به نمونه حاوی ۸۰ درصد آرد عدس پخته شده بود به‌عبارت دیگر با افزایش آرد عدس پخته شده در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی قوام خمیر افزایش یافت. میزان پروتئین و فیبر بالا در آرد عدس پخته شده و نیز تعداد زیاد گروه هیدروکسیل موجود در ساختار فیبر، از طریق پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب واکنش داده و با جذب آب موجود در فرمولاسیون خمیر باعث افزایش قوام خمیر می‌شود [۳۷]. محققین دیگری نیز افزایش شاخص قوام و کاهش شاخص جریان پذیری خمیر را با افزایش درصد جایگزینی آردهای حاوی مقادیر فیبر بالا، مشاهده و ظرفیت نگهداری آب ناشی از افزایش میزان فیبر را، دلیل اصلی این اتفاق معرفی کردند [۳۳ و ۳۸].

Table 3- The effect of lentil flour percentage on some characteristics of cake Batter

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
Batter density(g/cm^3)	0.924±0.003^c	0.950±0.008^b	0.960 ±0.007^b	0.994 ±0.007^a
Batter consistency (N.S)	0.41±0.02^b	0.42±0.02^b	0.46±0.03^a	0.48±0.01^a

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳- ٦- میزان رطوبت کیک‌های تولیدی

جدول ٤، نشان داد که با افزایش درصد آرد عدس در فرمولاسیون کیک‌های تولیدی میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی افزایش یافت. این افزایش را می‌توان به دلیل محتوای بالای فیبر و پروتئین آرد عدس نسبت داد که توانایی نگهداری آب بیشتری دارند. دلیل دیگر این امر را می‌توان به تجزیه پروتئین‌ها در حین فرایند حرارتی و تولید پپتیدهای با قابلیت جذب آب بیشتر و نیز اسیدهای آمینه هیدروفیلیک نسبت داد [۳۹ و ٤٠]. این افزایش رطوبت می‌تواند به بهبود بافت کیک‌ها و افزایش تازگی آن‌ها منجر شود. با این حال، باید توجه داشت که افزایش رطوبت ممکن است تأثیراتی بر دیگر ویژگی‌های کیک مانند طعم، بافت و زمان ماندگاری داشته باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتر دارد. آرتاش و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر افزودن آرد لوبیا به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، افزایش در محتوای رطوبتی نمونه‌های کیک را گزارش نمودند[۱۵].

جدول ٤، مشخص نمود که با افزایش درصد آرد در فرمولاسیون کیک میزان پروتئین نمونه‌ها افزایش یافت. آرد عدس به دلیل داشتن محتوای پروتئین بالا، می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین مغذی برای آرد برنج در محصولات بدون گلوتن استفاده شود. آرد برنج بیشتر به دلیل محتوای نشاسته بالای خود شناخته می‌شود و معمولاً پروتئین کمتری نسبت به آردهای دیگر دارد. محتوای پایین پروتئین در کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد برنج می‌تواند به کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی منجر شود. آرد عدس علاوه‌بر پروتئین بالا، دارای اسیدهای آمینه ضروری نیز می‌باشد که به ارزش تغذیه‌ای کیک می‌افزاید [٤١ و ٤٢]. جایگزینی نسبی آرد برنج با آرد عدس باعث بهبود ویژگی‌های تغذیه‌ای کیک شده و می‌تواند به عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش محتوای پروتئین در محصولات بدون گلوتن مورد استفاده قرار گیرد. افزایش در مقدار پروتئین محصولات بدون گلوتن با افزودن موادی نظیر باکویت [٤٣] و چیا [٤٤] نیز گزارش شده است.

۳- ۷- میزان پروتئین نمونه‌های تولیدی

Table 4- The effect of lentil flour percentage on some characteristics of cake

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
Moisture content (%)	17.90±0.30^c	18.50±0.26^b	18.83 ±0.37^b	20.36 ±0.25^a
Protein content (%)	6.12±0.08^c	6.94±0.15^b	7.15±0.05^b	7.73±0.14^a
Volum (cm^3)	105.60±0.69^c	111.00±1.51^b	115.30±0.74^a	110.31±1.12^b
Hardness (N)	5.18±0.58^a	3.21±0.38^b	2.02±0.31^c	1.97±0.38^c

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳- ۸- حجم نمونه‌های کیک بدون گلوتن

نتایج حاصل از تحقیقات نشان داد که یک خمیر کیک خوب، برای جلوگیری از به سطح آمدن و خروج حباب‌های هوای وارد شده به خمیر در طی فرآیند مخلوط سازی و گاز دی-اکسید کربن تولید شده از پودر نانوایی مورد استفاده در فرمولاسیون در مراحل اولیه پخت، باید ویسکوزیته و قوام مناسبی داشته باشد. همچنین تشکیل کیک باید به‌گونه‌ای باشد که حباب‌های هوا زمان کافی برای توسعه مناسب و انبساط از طریق گاز دی اکسید کربن و بخار آب، ناشی از مایعات فرمولاسیون را داشته باشند. بنابراین کیک حاصل ساختار بسیار متخلخل و مطلوبی خواهد داشت [٤٥]. با توجه به جدول ٤، نتایج حاصل از مقایسه تغییرات حجم موید وجود تغییرات معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی بود ($P<0.05$). مقادیر حجم در محدوده ۱۱۵/۳۰ cm^3- ۱۰۵/٦۰ قرار داشت که کمترین مقدار با میانگین ۱۰۵/٦ cm^3 مربوط به تیمار شاهد بود، در حالی که بیشترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار حاوی ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده با میانگین ۱۱۵/۳۰ cm^3 بود. حجم کیک نشان دهنده میزان گاز دی اکسید کربن و آمونیاک تولید شده در اثر افزودن عوامل حجم دهنده شیمیایی مورد استفاده در فرمول خمیر و گستره تغییرات آن‌ها در مغز کیک در طول پخت می‌باشد. ترکیبات جاذب الرطوبه و افزودنی‌های شرکت کننده در فرایند پخت کیک تعیین کننده این ویژگی می‌باشند. به علت خاصیت حفظ آب توسط فیبرهای موجود در آرد عدس پخته شده، سفتی خمیر کیک کم شده و در نتیجه حباب‌های هوای بیشتری قادر به ورود به کیک هستند و در نتیجه تا تیمار ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده حجم کیک افزایش یافته است [٤٢]. همچنین علاوه بر این گومز و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که حجم نهایی حاصل از کیک‌ها اساساً بستگی به مقدار هوای اولیه در کیک ندارد بلکه به توانایی سیستم خمیر در نگهداری هوا، طی مرحله پخت نیز وابسته است. بر این اساس افزایش مقدار پروتئین در محصولات بدون گلوتن باعث ایجاد استحکام کافی در محصول گشته و در حین پخت با انبساط مناسب از پاره شدن دیواره حبابچه‌های گازی جلوگیری کرده و منجر به بهبود حجم و حجم‌ویژه نان‌های تولیدی می‌گردد[۳۲]. آرتاش (۲۰۲۱) نتایج مشابه با این پژوهش را گزارش کرد. این پژوهشگران با بررسی تأثیر استفاده از آرد دانه لوبیا پخته شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، افزایش در حجم کیک-های تولیدی را گزارش نمودند[۱۵].

۳- ۹- ارزیابی سفتی بافت نمونه‌های کیک بدون گلوتن

شاخص سفتی بیانگر بیشینه نیرو در حالت فشردگی و یا مقاومت مغز کیک به تغییر شکل می‌باشد. که به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم بافتی مطرح است. این شاخص بیانگر ثبات و استحکام مغز کیک است و درجه این استحکام و افزایش آن با گذشت زمان عامل مهمی در ارزیابی بیاتی آن است[٤٦]. به احتمال زیاد علت اصلی بیاتی محصولات بدون گلوتن کاهش رطوبت و مهاجرت آسان‌تر آن از مغز به پوسته که در نتیجه عدم حضور گلوتن است می‌باشد، و عوامل نگهدارنده و افزایش دهنده رطوبت در محصول تولیدی می‌تواند اثر قابل توجهی در به تأخیر انداختن بیاتی داشته باشد [٤٧]. نتایج آنالیز داده‌ها (جدول ٤) نشان داد که استفاده از آرد عدس پخته شده در کیک بدون گلوتن تا سطح ۵۰ درصد جایگزینی باعث کاهش معنی‌داری در مقادیر سفتی مغز نمونه‌های کیک شد. کاهش سفتی بافت کیک در اثر افزودن آرد عدس پخته شده دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد. تیمارهای با حجم بالاتر مقدار سفتی کمتری را نشان دادند. در نتیجه یک ارتباط منفی بین حجم و سفتی بافت مغز کیک مشاهده شد و سفتی خیلی زیاد منعکس کننده حجم خیلی کم نمونه‌هاست. علت این امر اختلال در فرآیند تخمیر و شبکه نگهدارنده گاز و به طبع آن کاهش حجم و فشرده شدن بافت محصول نهایی می‌باشد که به موجب آن نیروی لازم جهت پاره شدن بافت نمونه افزایش می‌یابد. با توجه به حجم بالاتر نمونه‌های حاوی آرد عدس پخته شده، یکی از دلایل کاهش در مقدار سفتی در این تیمارها، حجم بالاتر آن‌ها بود. تغییرات ساختاری که در مغز رخ می‌دهد به واکنش‌های متقابل بین نشاسته و دیگر ترکیبات مرتبط است. در محصولات پخت بر پایه گندم نقش اصلی را گلوتن بازی

می‌کند اما در محصولات بدون گلوتن ترکیبات پلی ساکاریدی نقش اساسی‌تری در ساختار کیک نسبت به پروتئین دارند [۴۸]. استفاده کردن از آرد و یا افزودنی‌های حاوی مقدار فیبر بالا موجب افزایش ظرفیت جذب آب و متورم شدن سلول‌های خمیر در حین پخت می‌گردد [۴۹].

۳- ۱۰- پارامترهای رنگی کیک‌های تولیدی

رنگ یکی از مهمترین پارامترهای کیفی می‌باشد که منعکس کننده نوع ترکیبات اولیه به‌کار رفته در تهیه محصول و نیز شرایط اعمال شده جهت فراوری آن می‌باشد [۵۰]. به دلیل استفاده از مواد اولیه ارزان قیمت (انواع نشاسته‌های به‌دست آمده از منابع گیاهی) در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن، این محصولات فاقد رنگ مورد پسند از دیدگاه مصرف‌کننده می‌باشد [۵۱]. نتایج مربوط به اندازه‌گیری مولفه‌های رنگی پوسته کیک‌های بدون گلوتن در جدول ۵، آورده شده است. مقدار آرد عدس پخته شده موجود در فرمولاسیون باعث ایجاد تغییرات رنگ محسوسی در پارامترهای رنگی پوسته نمونه‌های کیک بدون گلوتن شد. بررسی نتایج به‌دست آمده در مورد پوسته کیک‌های بدون گلوتن نشان داد که افزودن آرد عدس پخته شده باعث کاهش در مقادیر اندیس روشنایی (L^*) و اندیس زردی (b^*) و افزایش در اندیس قرمزی (a^*) گردید. رنگ نهایی محصولات آردی، حاصل واکنش‌های فیزیکوشیمیایی پیچیده بین پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در حین پخت می‌باشد. علاوه بر این فرمولاسیون کیک بدون گلوتن نیز یک عامل تاثیرگذار در رنگ نهایی محصول است. با توجه به ماهیت رنگی آرد عدس پخته شده که نسبت به آرد برنج مورد استفاده در فرمولاسیون دارای رنگ تیره‌تری می‌باشد، بروز تغییرات رنگی محسوس تا حد زیادی قابل پیش‌بینی بود. بنابراین علت کاهش در مقدار روشنایی نمونه‌ها با افزایش درصد آرد عدس پخته شده را می‌توان به تیره بودن رنگ آرد عدس نسبت به آرد برنج نسبت داد. یکی از واکنش‌های تأثیرگذار در تشکیل رنگ پوسته محصولات آردی، واکنش میلارد (قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی) می‌باشد. با توجه به محتوای بالاتر مقدار پروتئین آرد عدس پخته شده نسبت به آرد برنج، تشدید در واکنش نیز تا حدودی می‌تواند علت تغییرات رنگی در پوسته نمونه‌های کیک بدون گلوتن حاوی آرد عدس پخته شده نسبت به نمونه کنترل باشد. در ارتباط با پارامتر a^* که نشان‌دهنده طیف رنگ از قرمز تا سبز است. با توجه به استفاده از آرد عدس پخته شده، مطابق انتظار مقدار a^* به سمت مقادیر منفی حرکت نمود. این امر در واقع نشان‌دهنده متمایل شدن رنگ کیک به سمت سبز است. با افزایش درصد آرد عدس پخته شده، شدت این سبزی بیشتر گردید، زیرا ترکیبات رنگی موجود در آرد عدس پخته شده به ترکیب رنگ کلی کیک افزوده می‌گردد. همچنین این تغییرات رنگی می‌تواند به‌علت حضور رنگدانه‌های کلروفیل در آرد عدس پخته شده باشد که به رنگ سبز و تیره‌تر شدن نمونه کیک بدون گلوتن کمک می‌کند. آرد عدس پخته شده معمولاً رنگی زردتر یا متمایل به سبز دارد، بنابراین جایگزینی آرد برنج با آرد عدس سبز باعث افزایش مقدار b^* در نمونه‌های کیک بدون گلوتن شد و کیک به رنگ زردتر یا سبزتر متمایل گردید. این تغییرات به ویژه در درصدهای بالاتر آرد عدس پخته شده (۵۰ و ۸۰ درصد) قابل توجه‌تر بود. گولهان و کاراکا (۲۰۲۳) در بررسی پارامترهای رنگی نمونه‌های کیک مافین، نتایج مشابه با پژوهش حاضر را گزارش نمودند[۵۲].

Table 5- The effect of lentil flour percentage on cake color parameters

Characteristics	Control	70R30L	50R50L	20R80L
L^*	51.00±2.00^a	38.44±1.52^b	32.27 ±2.08^c	27.66 ±1.57^d
a^*	3.33±1.48^d	8.24±1.00^c	10.54±0.48^b	16.70±1.52^a
b^*	29.00±1.64^a	25.33±1.78^b	21.33±1.52^c	14.00±1.00^d

Different lowercase letters within a row indicate significant differences in %5 level

۳- ۱۱- پذیرش کلی

در صنعت غذا پذیرش و مقبولیت یک فرآورده از سوی مصرف کنندگان، تضمین کننده تولید آن فرآورده و تداوم

حضور آن در بازار مصرف است. بنابراین ارزیابی ویژگی‌های حسی در انتخاب بهترین فرمولاسیون، نقش اساسی دارد. از نظر پذیرش کلی، بررسی نتایج ارزیابی حسی توسط ارزیاب‌ها نیز موید این امر بود که استفاده از آرد عدس پخته شده تا ۳۰ درصد در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن توانست امتیاز بیشتری از ارزیاب‌های حسی دریافت کند که اختلاف آماری معنی‌داری با نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد آرد عدس و نمونه شاهد نداشت (شکل ۱). گولهان و کاراکا (۲۰۲۳) نیز مشابه نتایج این بخش بیان داشتند که افزودن آرد عدس تا سطح ۳۰ درصد به فرمولاسیون مافین‌های تولیدی تغییر قابل ملاحظه‌ای بر خواص حسی محصولات تولیدی از دید ارزیاب‌ها نداشت[۵۲].

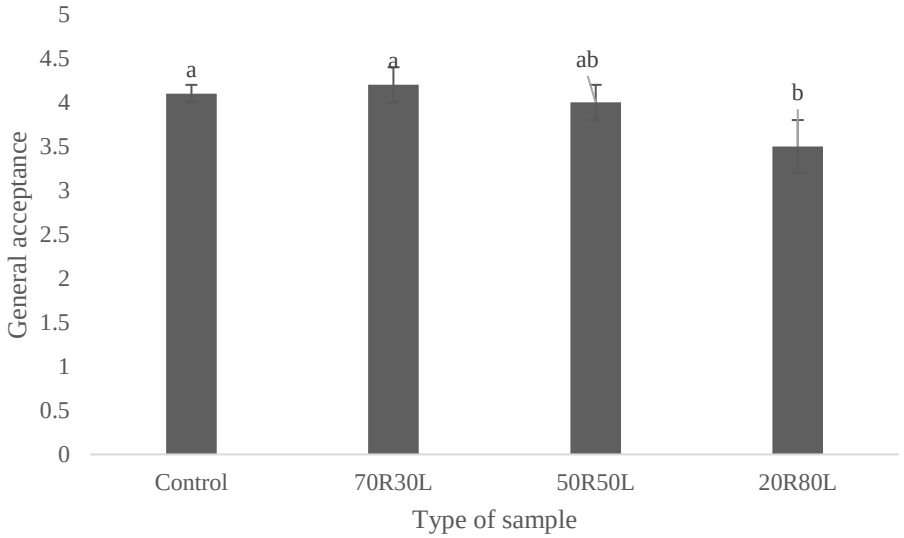

Figure 1- The effect of the percentage of lentil flour on the general acceptance of gluten-free cakes based on rice flour

٤- نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اهداف این مطالعه، در ارتباط با پیش تیمارهای انجام شده روی دانه‌های عدس که شامل خیساندن و پوست‌گیری، پختن و برشته کردن، نتایج به‌دست آمده نشان داد که پیش‌تیمارهای پختن و برشته کردن (اعمال فرایند حرارتی مرطوب و خشک) در مقایسه با فرایند خیساندن و پوست‌گیری سبب بهبود ویژگی‌های عملکردی آرد دانه عدس از نقطه نظر جذب آب و روغن و ظرفیت امولسیون کنندگی شد. بعد از بررسی خواص عملکردی، آرد دانه عدس پخته شده به عنوان تیمار بهینه انتخاب و در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن در سطوح مختلف مورد استفاده قرار گرفت. بررسی خواص خمیر کیک بدون گلوتن حاکی از این بود که افزایش درصد جایگزینی آرد دانه عدس پخته شده در سطوح مختلف به جای آرد برنج سبب افزایش در دانسیته و قوام نمونه‌های خمیر شد. از نظر ویژگی‌های تغذیه‌ای نیز نتایج نشان داد که جایگزینی آرد عدس پخته شده به جای آرد برنج در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن به طور موثری می‌تواند محتوای پروتئین محصول نهایی را افزایش دهد. بررسی ویژگی‌های تکنولوژیکی نیز نشان داد که استفاده از تا ۵۰ درصد آرد عدس پخته شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن می‌تواند سبب بهبود خواص کیفی و پذیرش کلی نمونه‌ها گردد.

۵-منابع

[1] Cauvain, S.P. 2003. Nature of cakes. Campden a Chorleywood Food Research Association. 751-756.
[2] Gujral, H.S., Haros, M. and Rosell, C.M. 2003. Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread. Cereal Chemistry. 80(6): 750-754.
[3] Kum, J. 2001. Globalism and commercialization of Korean traditional rice products. Food Industry and Nutrition. 6(3): 11-22.
[4] Shah, S., Shahzad, F., Hashim, M., Saba, N. E., Haq, R. U. and Haq, I. U. 2024. Celiac disease with exocrine pancreatic insufficiency and dilated cardiomyopathy in pediatric patient: A rare case report. Gastroenterology & Endoscopy. 2(4): 153-156.
[5] Elke, K. A. and Dal Bello, F. 2008. The gluten free cereal products and beverages. Elsevier Inc, pp. 385-394.
[6] Rai, S., Kaur, A. and Chopra, C.S. 2018. Gluten-free products for celiac susceptible people. Frontiers in nutrition. *5*, 116.
[7] Arendt, E. K. and Dal Bello, F. 2008. Gluten-free cereal products and beverages. Academic Press.
[8] Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids. 22*: 305-312.
[9] Arnoldi, A., Boschin, G., Zanoni, C. and Lammi, C. 2015. The health benefits of sweet lupin seed flours and isolated proteins. *Journal of Functional Foods. 18*: 550–563.
[10] Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Ganje, M., Dolatabadi, Z. and S. Carvalho, I. 2017. Modelling of the selected physical properties of the Fava bean with various moisture contents Using Fuzzy logic design. Journal of Food Process Engineering, 40(2), e12366.
[11] Duodu, K.W. and Minnaar, A. 2011. Legume composite flours and baked goods: Nutritional, functional, sensory, and phytochemical qualities. In V. R. Preedy, R. R. Watson, & V. B. Patel (Eds.), *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 193-203). New York: Academic Press.
[12] Gharekhani, M. And Mostafazadeh, B. 2021. Optimization of Producing Gluten Free Brotchen Bread Based on Corn Containing Lentils Flour and Mucilage to the Quince Seeds. Innovation in Food Science and Technology (Journal of Food Science and Technology). 13(2): 119-133. (In Persian).
[13] 13- Ertaş, N. and Bilgiçli, N. 2014. Effect of different debittering processes on mineral and phytic acid content of lupin (Lupinus albus L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology. 51*(11): 3348–3354.
[14] 14- Rehman, Z. and Shah, W. H. 2005. Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry. 91*(2): 327–331.
[15] 15- Ertaş, N. 2021. Improving the cake quality by using red kidney bean applied different traditional processing methods. Journal of Food Processing and Preservation. 45(6), e15527.
[16] 16- Jeong, D., Hong, J.S., Liu, Q., Choi, H.D. and Chung, H. J. 2021. The effects of different levels of heat-treated legume flour on nutritional, physical, textural, and sensory properties of gluten-free muffins. Cereal Chemistry. 98(2): 392-404.
[17] 17- Liberal, Â., Fernandes, Â., Ferreira, I.C., Vivar-Quintana, A.M. and Barros, L. 2024. Effect of different physical pre-treatments on physicochemical and techno-functional properties, and on the antinutritional factors of lentils (Lens culinaris spp). Food Chemistry. 450: 139293.
[18] 18- Ozolina, K., Beitane, I., Radenkovs, V., Straumite, E., Valdovska, A. and Muizniece-Brasava, S. 2023. The Evaluation of Roasted Lentils (L. culinaris L.) Quick Meals as An Alternative to Meat Dishes. Foods. 13(1):99. doi: 10.3390/foods13010099.
[19] 19- de la Hera, E., Gomez, M. and Rosell, C.M. 2013. Particle size distribution of rice flour affecting the starch enzymatic hydrolysis and hydration, properties. Carbohydrate Polymers. 98: 421–427.
[20] 20- Dehghani, M. and Zamindar, N. 2023. Optimization of Water and Oil Absorption Capacity of Bilesavar Lentil Protein by Response Surface Method. Journal of food science and technology (Iran). 19(133): 69-78.

[21] Badia-Olmos, C., Sánchez-García, J., Laguna, L., Zúñiga, E., Haros, C.M., Andrés, A.M. and Tarrega, A. 2024. Flours from fermented lentil and quinoa grains as ingredients with new techno-functional properties. Food Research International. 177, 113915.

[22] Ghaemi, P., Arabshahi Delouee, S. and Alami, M. 2022. Effect of whey protein concentrate, soy protein isolate and basil seed gum on some physicochemical and sensory properties of rice flour based gluten-free batter and cake." Journal of food science and technology (Iran) .127: 139-154.(In Persian).

[23] Pierce, M.M. and Walker, C.E. 1987. Addition of sucrose fatty acid ester emulsifiers to sponge cakes. *Cereal Chemistry*. *64*(4): 222-225.

[24] AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC (10th ed.).

[25] Sarmasti, M., Mojani-Qomi, M.S. and Zolfaghari, M.S. 2023. Preparation and quality characteristics of gluten-free sponge cake using alfalfa seed (Medicago sativa L.) flour. Journal of Food and Bioprocess Engineering. 6(1): 43-48.

[26] Ghaemi, P., Arabshahi-Delouee, S., Aalami, M. and Hosseini Ghaboos, S.H. 2024. The Effect of Whey Protein Concentrate, Soy Protein Isolate, and Xanthan Gum on Textural and Rheological Characteristics of Gluten-Free Batter and Cake. Journal of Food Processing and Preservation. 2024(1): 5571107.

[27] Wani, I.A., Hamid, H., Hamdani, A.M., Gani, A. and Ashwar, B. A. 2017. Physico-chemical, rheological and antioxidant properties of sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) as affected by pan and microwave roasting. Journal of Advanced Research. 8(4): 399-405.

[28] Jogihalli, P., Singh, L. and Sharanagat, V.S. 2017. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (Cicer arietinum). LWT-Food Science and Technology. 79: 223-233.

[29] Ghavidel, R.A. and Prakash, J. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(8), 1189-1195.

[30] Peng, W., Kong, X., Chen, Y., Zhang, C., Yang, Y. and Hua, Y. 2016. Effects of heat treatment on the emulsifying properties of pea proteins. Food Hydrocolloids. 52: 301-310.

[31] Geleta, G. A. and De Meulenaer, B. 2019. The effect of peeling and cooking processes on nutrient composition of Oromo dinich (Plectranthus edulis) tuber. Food Research International. 116: 387-396.

[32] Gomez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V. and Fernandez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*. *41*: 1701-1709.

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

[34] Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A. and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering. 102(3): 272-277.

[35] Majzoobi, M., Sharifi, S., Imani, B. and Farahnaky, A. 2013. The effect of particle size and level of rice bran on the batter and sponge cake properties. Journal of Agricultural Science and Technology. 15: 1175-11834.

[36] Majzoobi M., Habibi M., Hedayati S., Ghiasi F., and Farahnaky A., Effects of commercial oat fibre on characteristics of batter and sponge cake, Journal of Agriculture Science and Technology. 17: 99–107.

[37] Pasqualone, A., Costantini, M., Labarbuta, R. and Summo, C. 2021. Production of extruded-cooked lentil flours at industrial level: Effect of processing conditions on starch gelatinization, dough rheological properties and techno-functional parameters. *LWT-Food Science and Technology*. 147. 111580.

[38] Fendri, L. B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S.E. and Ghribi-Aydi, D. 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread

quality. *LWT-Food Science and Technology*. 73: 584-591.

[39] Najib, T., Heydari, M.M., Tu, K., Vu, M. and Meda, V. 2023. Protein structural changes in lentil flour during soaking/germination and thermal treatments: Indication of nutritional and functional properties. Food Chemistry Advances. 3, 100475.

[40] Aghababaei, F., McClements, D.J., Pignitter, M. and Hadidi, M. 2024. A comprehensive review of processing, functionality, and potential applications of lentil proteins in the food industry. Advances in Colloid and Interface Science,. 103280.

[41] Koubaier, H.B.H., Snoussi, A., Essaidi, I., Chabir, M. and Bouzouita, N. 2015. Cake quality evaluation made of wheat–lentil flour blends. Journal of New Sciences. 29(17): 937-942.

[42] de la Hera, E., Ruiz-París, E., Oliete, B. and Gómez, M. 2012. Studies of the quality of cakes made with wheat-lentil composite flours. *LWT-Food Science and Technology*. 49(1): 48-54.

[43] Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L. and Merendino, N. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. Food chemistry. 165: 232-240.

[44] da Costa Borges, V., Fernandes, S. S., da Rosa Zavareze, E., Haros, C. M., Hernandez, C. P., Dias, A. R. G. and de las Mercedes Salas-Mellado, M. 2021. Production of gluten free bread with flour and chia seeds (Salvia hispânica L). Food Bioscience. 43. 101294.

[45] Asamoah, E.A, Le-Bail, A., Oge, A., Queveau, D., Rouaud, O. and Le-Bail, P. 2023. Impact of Baking Powder and Leavening Acids on Batter and Pound Cake Properties. Foods. 12(5):946. doi: 10.3390/foods12050946.

[46] Dou, X., Lv, M., Ren, X., He, Y., Liu, L., Zhang, G. and hua Yang, C. 2023. Test conditions of texture profile analysis for frozen dough. Italian Journal of Food Science. 35(4): 58-68.

[47] El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S. and Joye, I. J. 2018. A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. Nutrients. 10(10): 1410.

[48] Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L. and Korus, J. 2013. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. Food Hydrocolloids. 32(2): 213-220.

[49] Liu, N., Ma, S., Li, L. and Wang, X. 2019. Study on the effect of wheat bran dietary fiber on the rheological properties of dough. Grain & Oil Science and Technology. 2(1): 1-5.

[50] Spence, C., Levitan, C.A., Shankar, M.U. and Zampini, M. 2010. Does food color influence taste and flavor perception in humans? Chemosensory perception. 3: 68-84.

[51] Santos, F. G., Fratelli, C., Muniz, D.G. and Capriles, V.D. 2018. Mixture design applied to the development of chickpea-based gluten-free bread with attractive technological, sensory, and nutritional quality. Journal of food science. 83(1): 188-197.

[52] Gülhan, M.E. and Karaça, A.C. 2023. Effects of lentil flour on the quality of gluten-free muffins. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 25(74): 287-302.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of pretreatments and different levels of lentil seed flour replacement on the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cake based on rice flour

Nazanin Tarighatkhah [1], Mehdi Gharekhani[1*]

1-Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/10/10

Accepted:2024/12/11

Keywords:

lentil seed flour,
gluten-free cake,
soaking-peeling,
cooking,
roasting.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.42.

*Corresponding Author E-

m.gharekhani@iau.ac.ir

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effects of pre-treatments such as soaking-peeling, cooking, and roasting lentil seeds on the functional characteristics (water and oil absorption, and emulsification) of lentil flour. The optimal treatment was then selected and replaced with rice flour in gluten-free cake formulation to investigate its effects on functional, physical, qualitative, and sensory properties of the cake. Lentil seed flour was replaced with rice flour at levels of 30%, 50%, and 80%. The examination of different pretreatments revealed that cooked lentil flour exhibited the highest water absorption (2.00%), oil absorption (1.38%), and emulsification capacity (44.60%). Cooked lentil flour was chosen as the optimal treatment and incorporated into the gluten-free cake formulation. Results showed that increasing the amount of lentil flour replacement led to higher density, consistency of the dough, moisture, protein, and a* index of the cakes, while hardness, L* and b* indices decreased. Sensory evaluation results indicated that up to 50% replacement with cooked lentil flour did not significantly alter general acceptance. Therefore, based on the study's findings, it is suggested to replace 50% of rice flour with cooked lentil flour in gluten-free cake formulation.