www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۶، جلد ۶، شماره ۳، صفحات ۲۷۶-۲۶۱
Doi: 10.22101/JRIFST.2017.11.18.634

JRIFST

بررسی تأثیر آرد اُکارا و آنزیم پروتئاز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بیسکویت نیمه‌شیرین

سعیده زمانی بروجنی[۱]، هاجر عباسی[۲*]

۱- دانش آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
* نویسندهٔ مسئول (H.abbasi@Khuisf.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۱۴

واژه‌های کلیدی
ارزش تغذیه‌ای
دانسیته
سختی بافت
مؤلفه‌های رنگی
نسبت پهن‌شدگی

چکیده

اُکارا، محصول ثانویهٔ ارزشمند صنعت شیر سویاست که منبع مناسبی از پروتئین، ترکیبات فیبری و ریزمغذی‌های فراوان و مناسب ازنظر تغذیه‌ای است. ازاین‌رو کاربرد آن در صنعت غذا به‌منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی و همچنین افزایش ارزش افزودهٔ صنایع تبدیل سویا مناسب است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با اُکارا (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به‌منظور بهره‌مندی از ویژگی‌های مناسب تغذیه‌ای آن و استفاده از آنزیم پروتئاز (۰، ۶۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام) جهت بهبود خصوصیات کیفی بیسکویت بود. دراین‌راستا ویژگی‌های کیفی شامل ابعاد، نسبت پهن‌شدگی، دانسیته، سختی، رنگ و خصوصیات حسی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش درصد اُکارا، ضخامت، دانسیته و سختی افزایش یافت. این در حالی بود که افزودن آنزیم پروتئاز اثر معکوس بر فاکتورهای مذکور داشت. همچنین قطر میانگین و نسبت پهن‌شدگی نمونه‌ها با افزودن اُکارا روند کاهشی و با افزودن آنزیم پروتئاز روند افزایشی نشان دادند. افزایش درصد جایگزینی اُکارا و آنزیم پروتئاز بر شاخص‌های رنگ، دارای اثرات هم‌راستا با یکدیگر بودند و موجب افزایش فاکتورهای قرمزی و زردی و کاهش روشنایی محصول شدند. طبق نتایج آنالیزهای حسی و دستگاهی، نمونهٔ دارای ۲۰ درصد اُکارا و ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید. درنهایت ارزیابی خصوصیات تغذیه‌ای بهترین نمونه، افزایش معنی‌دار محتوای پروتئین، فیبرخام، ترکیبات فنولیک تام و املاح کلسیم، منیزیم، روی و پتاسیم و کاهش معنی‌دار کربوهیدرات‌ها نسبت به نمونهٔ شاهد را نشان داد.

مقدمه

فراورده‌های قنادی از محصولات غذایی پرمصرف در جامعه بشمار می‌آیند. ازاین‌رو انجام پژوهش‌هایی به‌منظور بهبود کیفیت آنها و تولید فراورده‌هایی باارزش غذایی بالاتر و سالم‌تر ضرورت دارد (مجذوبی و همکاران، ۱۳۹۲). باتوجه‌به ارتقای سطح آگاهی مصرف‌کنندگان، محصولات بر پایهٔ سویا، یک بخش اصلی و مهم در صنعت غذاهای فراسودمند را به خود اختصاص می‌دهند (Wang *et al*., 2014). در دانهٔ سویای خشک، حدود ۶۰ درصد از وزن آن را پروتئین و چربی تشکیل می‌دهد. سویا تقریباً دارای ۴۰ درصد پروتئین حاوی آمینواسیدهای ضروری می‌باشد. لازم

به ذکر است که پروتئین سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی بالاترین رتبه‌بندی را از لحاظ قابلیت هضم اسیدآمینه‌ها دارا می‌باشد. روغن سویا حاوی مقادیر زیادی اسیدهای چرب غیراشباع است که در این میان در حدود ۲۲/۸ درصد اسید چرب تک غیراشباعی و ۵۷/۷ درصد اسید چرب چند غیراشباعی وجود دارد. ازاین‌رو روغن سویا به‌دلیل دارابودن مقادیر چشمگیری اسیدهای چرب امگا ۳ به‌عنوان یک چربی سالم شناخته شده است. از دیگر ترکیبات ارزشمند سویا می‌توان به وجود املاحی مانند کلسیم، فسفر و ویتامین‌ها خصوصاً ویتامین‌های گروه آ و ب اشاره کرد (Genta *et al*., 2002).

اُکارا مهم‌ترین محصول جانبی تولیدشده طی فرایند تولید توفو و شیر سویا است. بر طبق آمار، در طی تولید صنعتی مواد غذایی بر پایهٔ سویا، سالانه حدود ۲۰ میلیون تن اُکارای مرطوب تولید می‌گردد (Zhang *et al*., 2004). اُکارای تازه یک پالپ نسبتاً سفید رنگ و شامل رطوبت نسبی بالا (حدود ۸۰ درصد) می‌باشد. این فراوردهٔ ثانویهٔ صنعت فراوری سویا منبع غنی از آمینواسیدها بوده و شامل حدوداً ۲۷-۲۰ درصد پروتئین، ۱۵-۱۰ درصد روغن و ۵۸-۵۲ درصد فیبرهای خام رژیمی مرکب از سلولز، همی‌سلولز و لیگنین، املاح معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد (Katayama & Wilson, 2008). تحقیق‌ها حاکی از آن است که اُکارا دارای قابلیت پیشگیری از دیابت (Xu *et al*., 2008)، چربی خون (Villanueva *et al*.,2011)، چاقی (Matsumoto *et al*., 2007) و دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Amin & Mukhrizah, 2006) می‌باشد که استفاده از آن به‌عنوان یک ترکیب فراسودمند، حافظ سلامت بدن است. به‌سبب محتوای بالای فیبر رژیمی، هزینهٔ اندک و دسترسی آسان این محصول جانبی که می‌تواند ماهیت آردی هم داشته باشد، یک انتخاب مناسب جهت غنی‌سازی فراورده‌های غذایی ازجمله محصولات بر پایهٔ غلات بشمار می‌رود. به‌علاوه، عدم وجود طعم و رنگ در فیبر موجود در اُکارا، آن را جهت استفاده در محصولات غذایی، بدون ایجاد تغییری در کیفیت، برخلاف اکثر فیبرهای مورد استفاده ازجمله فیبرهای گندم، مناسب کرده است (Rinaldi *et al*., 2000). فیبرهای موجود در اُکارا عملکرد فیزیولوژیکی قابل توجهی در کاهش سطح کلسترول، کنترل فشار خون و پیشگیری از تصلب شرایین، کاهش زمان ماند غذا در روده و به‌دنبال آن تأخیر در جذب قندها و جلوگیری از افزایش سریع قند خون پس از صرف غذا را دارند، لذا، مصرف این ترکیبات در کنترل دیابت افراد مبتلا مؤثر می‌باشد (Zhang *et al*., 2004). اُکارا به‌عنوان یک منبع غذایی در چین و ژاپن شناخته می‌شود. عطروطعم ملایم اُکارا باعث می‌شود که بدون اثر منفی در عطروطعم در محصولات آردی قابل استفاده باشد. به‌دلیل داشتن محتوای چربی و رطوبت بالا، این ترکیب به‌منظور افزایش بازده محصولات گوشتی مناسب است و همچنین جهت تولید نان، بیسکویت، پنکیک، غذاهای حجیم، رشته‌های نودل، شکلات، نوشیدنی، سوسیس و آردهای مغذی قابل استفاده است (Li *et al*., 2012). بررسی منابع نشان می‌دهد که مطالعه‌هایی هرچند محدود درزمینهٔ کاربرد این محصول ثانویه در صنعت غذا انجام گرفته است. Dasilva و همکاران (۲۰۰۹) مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد اُکارا را در نان جایگزین آرد گندم کردند و به این نتیجه رسیدند که برای داشتن نانی با ویژگی‌های حسی و مقبولیت تکنولوژیکی، بهترین میزان جایگزینی آرد اُکارا، ۱۰ درصد است و با افزودن آنزیم‌هایی مثل لیپاز[1]، گلوکزاکسیداز[2] و *پنتوزاناز*[3] کیفیت نان تهیه‌شده با اُکارا به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. نودل‌های ظریفی با ۹ درصد اُکارا، ۰/۲۵ درصد سدیم آلژینات و ۴ درصد نمک تهیه شدند که در کنار برخورداری از فیبر رژیمی، کیفیت مناسب پخت را نیز دارا بودند (Li *et al*., 2012). Bedani و همکاران (۲۰۱۴) اثر افزودن آرد اُکارا و اینولین به ماست را بررسی کردند که نتایج تحقیق‌های آنها نشان داد با حضور اینولین در ماست مقبولیت حسی ماست افزایش می‌یابد ولی پس از گذشت ۲۱ روز نامطلوبیت در طعم گزارش شد (Bedani *at al*., 2014).

در ایران ماهانه بالغ بر ۱۵ تن شیر سویا تولید می‌شود (آذری کیا و عباسی، ۱۳۸۷). ازآنجایی‌که در

[1] Lipase
[2] Glucose oxidase
[3] *Pentosanase*

ایران اُکارای تولیدی به نوعی پسماند کارخانهٔ شیرسویا محسوب می‌شود و به‌جز صنعت غذای دام بهره‌برداری شایان ذکری از آن صورت نمی‌پذیرد، آمار دقیق و مشخصی درارتباطبا میزان اُکارای تولیدشده موجود نمی‌باشد و علی‌رغم ارزش غذایی بالای این ترکیب، درحال‌حاضر فراوری و به‌کارگیری این ترکیب در صنعت غذا بسیار اندک است. حلالیت کم پروتئین اُکارا باعث محدودیت استفاده از این ترکیب ارزشمند در سیستم‌های غذایی شده است (Chan & Ma, 1999). برای هموار نمودن این مشکل و بهبود خصوصیات حسی و فیزیکی محصول نهایی حاصل، اعمال تیمارهای مختلف و یا استفاده از افزودنی‌های مناسب می‌تواند مؤثر باشد. در این پژوهش از آنزیم پروتئاز به‌عنوان یک افزودنی و به‌منظور هیدرولیز جزئی پروتئین‌های اُکارا و بهبود خصوصیات عملکردی آنها و به دنبال آن ایجاد تأثیرات مطلوب بخصوص بر بافت بیسکویت نهایی بهره گرفته شد.

پروتئازها در مقیاس وسیع صنعتی در تولید محصولاتی چون نان، محصولات پخت، کراکرها و کلوچه‌ها استفاده می‌شوند. این آنزیم به جهت تأمین اهدافی همچون کاهش زمان مخلوط‌کردن، افزایش پایداری خمیر، اطمینان از یکنواختی خمیر، کنترل بافت نان و بهبود مزه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amal *et al*., 2014). پروتئازها به‌منظور تعدیل قدرت گلوتنی نان و آردهای مورد استفاده در صنایع پخت خصوصاً در تولید انواع بیسکویت و ویفرها قابل استفاده هستند. نرم‌شدن گلوتن مستقیماً به انقطاع اتصالات پپتیدی توسط آنزیم پروتئاز حتی هیدرولیز تعداد اندکی از آنها مربوط است (Pilli *et al*., 2004).

نظر به اینکه امکان جایگزینی اُکارا با آرد گندم به لحاظ تکنولوژیکی مقدور است، هدف از پژوهش حاضر، به‌کارگیری اُکارا در فرمولاسیون بیسکویت‌های رژیمی کم‌شیرین به‌منظور بهره‌مندی از ارزش غذایی بالای پروتئین و فیبر آن و بهبود ویژگی‌های محصول نهایی با استفاده از آنزیم پروتئاز به‌منظور بهبود کیفیت بافتی محصول نهایی است.

مواد و روش‌ها

مواد

اُکارا از شرکت شیر سویای اصفهان (هنگامه) تهیه، خشک و آسیاب گردید و از الک با مش ۴۷۵ عبور داده شد. آرد نول (آرد اطلس)، روغن مخصوص قنادی (نازگل اصفهان)، آنزیم پروتئاز از شرکت Punam (ترکیه)، آسه سولفام پتاسیم و ایزومالت از شرکت Beneno (آلمان)، لسیتین سویا (بهپاک)، پودر شیرخشک بدون چربی (زرین شاد اصفهان)، شکر (نقش جهان اصفهان)، کلریدسدیم (گوهر ناب اصفهان)، بی‌کربنات سدیم (مالان)، وانیل (آرین اسانس)، شیر (پگاه اصفهان) و تخم‌مرغ (تلاونگ) تهیه و در فرمولاسیون این نوع بیسکویت به‌کارگرفته شدند.

جهت انجام آزمون‌های مد نظر در این پژوهش، از پترولیوم اتر و هگزان (پارس شیمی ایران)، اسیدکلریدریک (آرمان سینا ایران)، اتیل الکل (نصر ایران)، سود، معرف فنل فتالئین، اسیدسولفوریک ۹۸ درصد، اکسید سلنیوم، سولفات مس، سولفات پتاسیم، ساکارز، گلایسین، معرف متیل رد، اسیدبوریک، کربنات سدیم و معرف فولین ساخت شرکت مرک آلمان استفاده گردید.

آزمون‌های آرد بیسکویت

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های کیفی، آنالیزهای شیمیایی آرد گندم و اُکارا شامل اندازه‌گیری محتوای پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر خام به‌ترتیب مطابق دستورالعمل‌های ۱۱-۴۶، ۱۰-۳۰، ۰۱-۰۸ AACC (۱۹۹۹) و استاندارد ملی ایران به شمارهٔ ۳۹۶۱ (۱۳۷۶) صورت پذیرفت. اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولیک نمونه‌ها مطابق روش Sudha و همکاران (۲۰۰۷) انجام پذیرفت. به‌این‌منظور، ۱ گرم از نمونهٔ توزین و ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر به آن اضافه شد و به مدت ۱ ساعت در سانتریفیوژ (مدل PIT 320، ایران) در ۲۰۰۰g عصاره‌گیری شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از فاز بالایی برداشته شد و ۵ میلی‌لیتر معرف فولین (۱:۵) و ۴ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم ۱۰ درصد به آن اضافه گردیدند و مخلوط شدند. این محلول به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت و سپس جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

میزان ترکیبات فنولیک کل نمونه‌ها به‌صورت میلی‌گرم گالیک اسید[1] (GAE) در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شده است.

تهیهٔ بیسکویت

خمیر بیسکویت به روش تولید کرم و براساس جدول (۱) تهیه شد (جلی و همکاران، ۱۳۹۲). برای تولید بیسکویت رژیمی، محتوای آرد نول فرمولاسیون بیسکویت نیمه‌شیرین، بین ۱۰ تا ۴۰ درصد کاسته و توسط آرد اُکارای تهیه‌شده جایگزین گردید. جهت مرتفع‌نمودن تأثیر پروتئین‌های دناتوره شدهٔ اُکارا بر بافت و بهبود کیفیت محصول نهایی، آنزیم پروتئاز در سطوح صفر، ۶۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام در مجاورت نیمی از محتوی رطوبت فرمولاسیون به اُکارا اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه به آن جهت فعالیت آنزیم زمان استراحت داده شد. خمیر تولیدشده توسط غلتک‌های مخصوص، به ضخامت ۴/۵ میلی‌متر پهن و توسط قالب‌زن دوّار به دایره‌های کوچکی با قطر ۴۵ میلی‌متر تقسیم شد. پس از آن برش‌های خمیر بلافاصله در داخل فر با میانگین دمای ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۰ تا ۱۲ دقیقه پخته شدند. بیسکویت‌های پخته‌شده پس از خروج از فر به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط (۱۷ تا ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد) سرد شده و درنهایت بسته‌بندی شدند.

جدول ۱- مراحل تهیهٔ خمیر بیسکویت

مواد اولیه	درصد براساس وزن آرد	روش تهیه
روغن مخصوص قنادی	۲۵	مخلوط‌نمودن تا ایجاد حالت یکنواخت (۶ دقیقه)
تخم مرغ	۱۵	
لسیتین سویا	۰/۵	
شکر	۱۸	مخلوط‌نمودن با مواد مخلوط‌شده قبلی تا ایجاد حالت یکنواخت و خامه‌ای(ایجاد کرم) (حدود ۱۰ دقیقه)
ایزومالت	۱۷/۹۷	
آسه سولفام پتاسیم	۰/۰۴	
پودر شیرخشک	۲	
پودر وانیل	۰/۶	
کلرید سدیم	۰/۵	
بیکربنات سدیم	۰/۷۵	حل‌کردن بیکربنات سدیم در شیر و افزودن جزءبه‌جزء طی مراحل تهیهٔ خمیر
شیر	۲۵	
آرد نول	۱۰۰	افزودن به سایر ترکیبات و مخلوط‌نمودن تا زمان به‌دست‌آمدن خمیری یکنواخت با کیفیت مناسب

ارزیابی ویژگی‌های کیفی بیسکویت نیمه‌شیرین

قطر، ضخامت و نسبت پهن‌شدگی

جهت اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌های بیسکویت، ابتدا با استفاده از کولیس دیجیتال میتوتویو[2] (مدل ۱۱۴-۵۰۰، آمریکا) قطر اول اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه با زاویهٔ ۹۰ درجه چرخانیده شد و قطر دوم اندازه‌گیری گردید. با محاسبهٔ میانگین اعداد به‌دست‌آمده، قطر میانگین هر نمونه در ۳ تکرار محاسبه شد. با قراردادن ۵ عدد از هر نمونه بیسکویت روی یکدیگر، میانگین ضخامت آنها نیز در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد. نسبت پهن‌شدگی نمونه‌های بیسکویت از حاصل نسبت قطر نمونه به ضخامت نمونه محاسبه گردید (Sariciban & Tahsin Yilmaz, 2010).

دانسیته

جهت اندازه‌گیری دانسیتهٔ بیسکویت از هر تیمار ۵ عدد بیسکویت توزین و در یک ظرف استوانه‌ای با وزن و حجم مشخص قرار داده شدند. فضای خالی ظرف تا سطح آن توسط دانه‌های کُلزا پر و سپس توزین گردید. بار دیگر ظرف تا قسمت سطحی آن از دانه‌های کُلزا پر و توزین گردید. با استفاده از اختلاف

[1] Galic acid
[2] Mitutoyo

وزن حاصل و دانسیتهٔ دانه‌های کُلزای مورد استفاده، حجم بیسکویت محاسبه و درنهایت با تقسیم وزن نمونه‌ها به حجم آنها، دانسیتهٔ آنها محاسبه گردید (نورمحمدی، ۱۳۹۱).

سفتی بافت

جهت ارزیابی سفتی بافت نمونه‌ها از دستگاه تکسچر آنالایزر[1] ساخت کمپانی بروکفیلد[2] (LFRA 500، آمریکا) استفاده گردید. در ابتدا ارتفاع پایهٔ ثابت دستگاه تنظیم گردید و نمونهٔ بیسکویت روی دو پایهٔ ثابت که فاصلهٔ آنها از یکدیگر به میزان ۳ سانتی‌متر تنظیم شده بود، قرار گرفت. برای انجام این تست از پروپ لاکی نایف اج[3] با پهنای ۶۰ میلی‌متر استفاده گردید. این پروپ با سرعت ۰/۸ میلی‌متر بر ثانیه به قسمت مرکزی بیسکویت فرو رفت و سپس بدون زمان ماند برگشت (Gains, 1991).

مؤلفه‌های رنگی

به‌منظور ارزیابی و مقایسهٔ رنگ بیسکویت‌ها ابتدا نمونه‌ها درون جعبهٔ مخصوص سفید رنگ که درون آن ۲ عدد لامپ مهتابی جهت ایجاد نوری یکنواخت تعبیه شده بود، قرار گرفتند. در این روش در شرایطی یکسان از کارت‌های رنگی استاندارد RAL توسط دوربین عکاسی عکس‌برداری شد و سپس از نمونه‌ها تحت همان شرایط عکس گرفته شد. تصاویر به کمک نرم‌افزار ویرایشگر تصویر ویرایش ۸ تجزیه‌وتحلیل و شاخص‌های RGB استخراج شدند. نمودار استانداردی براساس شاخص RGB کارت‌های رنگی RAL رسم و شاخص RGB تصاویر نمونه‌ها با آن کالیبره شد. درنهایت شاخص RGB کالیبره‌شدهٔ نمونه تبدیل به شاخص LAB گردید (افشاری جویباری و فرحناکی، ۱۳۸۸).

ارزیابی حسی

به‌منظور ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌های مختلف بیسکویت‌های نیمه‌شیرین تهیه‌شده از آرد اُکارای جایگزین‌شده با آرد گندم و همچنین آنزیم پروتئاز، از ۳۰ نفر ارزیاب که ۱۵ نفر آنها ارزیاب آقا و ۱۵ نفر خانم بودند، استفاده شد. جهت بررسی ویژگی‌های رنگ، طعم، بو، تردی، پس‌طعم و پذیرش کلی از فرم‌های ارزیابی هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده گردید.

آزمون‌های شیمیایی بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد

محتوای پروتئین مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۶۳ (۱۳۷۴)، فیبر خام مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۶۱ (۱۳۷۶)، چربی، خاکستر و رطوبت به‌ترتیب طبق دستورالعمل ۱۰-۳۰، ۰۱-۰۸، ۱۵A-۴۴ AACC (۱۹۹۹) ارزیابی گردیدند. میزان کربوهیدرات بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد براساس روش تفاوت (حاصل تفاضل مجموع محتوای پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت و فیبر اندازه‌گیری‌شده در نمونه از عدد ۱۰۰) محاسبه گردید. ترکیبات فنولیک مطابق روش Sudha و همکاران (۲۰۰۷) و املاح کلسیم، مس، آهن، منیزیم، روی و پتاسیم مطابق روش Gupta و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شدند.

آنالیز آماری

در این تحقیق به‌منظور مقایسهٔ تأثیر سطوح مختلف آرد اُکارا (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ درصد) و آنزیم پروتئاز (۰، ۶۰، ۱۲۰ پی‌پی‌ام) بر خواص کیفی بیسکویت، ۱۵ تیمار مورد نظر قرار گرفت. هر تیمار در ۳ تکرار تولید و کلیهٔ پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد نظر نمونه‌ها مورد ارزیابی گرفتند. آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی-آزمون فاکتوریل با نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ انجام گرفت. مقایسهٔ میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD صورت گرفت.

ترکیبات شیمیایی آرد گندم و آرد اُکارا نیز در ۳ تکرار مورد ارزیابی و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسهٔ میانگین آنها توسط آزمون LSD صورت پذیرفت. ارزیابی آماری داده‌های حسی به روش کیفی Kruskal-Wallis انجام شد.

[2] Texture Analyzer
[3] Brookfield
[4] Knife Edge

نتایج و بحث

ارزیابی شیمیایی مواد اولیه

نتایج حاصل از ارزیابی و مقایسهٔ ترکیبات تشکیل‌دهندهٔ آرد گندم و اُکارا در جدول (۲) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند که آرد اُکارا از لحاظ محتوای پروتئین، چربی، خاکستر و فیبر خام به آرد گندم ارجحیت دارد. O'toole (۱۹۹۹) نیز گزارش کرد که سویا غنی از پروتئین، چربی و فیبر می‌باشد و طی فرآیند تولید شیر سویا بخش اعظم این ترکیبات در اُکارا باقی می‌مانند. پژوهش انجام‌شده توسط Riaz (۲۰۰۶) نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. ازنظر ترکیبات فنولی نیز، آرد اُکارا بسیار غنی‌تر از آرد گندم است. اُکارا همانند سویا محصولی غنی از فلاونوئید است که عمدهٔ ترکیبات فنولی آن را ایزوفلاون‌های مالونیل گلیکوزیدها[1] و بتاگلیکوزیدها[2] تشکیل می‌دهند (Barbosa, 2006). Grizotto و همکاران (۲۰۱۰) نیز در ارزیابی بیسکویت‌های قالبی شیرین تهیه‌شده با آرد اُکارا نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی آرد گندم و آرد اُکارا

	خاکستر (درصد)	چربی (درصد)	پروتئین (درصد)	فیبر خام (درصد)	ترکیبات فنولیک تام (میلی‌گرم گالیک‌اسید/۱۰۰گرم نمونه)
آرد گندم	۰/۵۹ ^{b}±۰/۰۰	۰/۶۴^{b}±۰/۰۴	۸/۹۸^{b}±۰/۱۴	۰/۲۹^{b}±۰/۰۲	۱۹/۰۹^{b}±۰/۴۱
آردأکارا	۳/۵۱^{a}±۰/۱۱	۱۶/۲۷^{a}±۰/۱۷	۳۶/۱۴^{a}±۰/۲۷	۱۰/۴۸^{a}±۰/۹	۸۸/۰۳^{a}±۱/۰۲

بررسی ویژگی‌های کیفی محصول

ضخامت، قطر میانگین و نسبت پهن‌شدگی

همان‌طورکه در شکل‌های (۱-الف و ۱-ب) نشان داده شده است با جایگزین‌نمودن آرد اُکارا میزان ضخامت نمونه‌های تهیه‌شده افزایش می‌یابد و افزودن آنزیم پروتئاز اثر کاهشی بر این فاکتور دارد. در جدول (۳) اثرات متقابل اُکارا و آنزیم پروتئاز نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که تا سطح ۲۰ درصد اُکارا با افزودن ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم، کاهش جزئی در ضخامت نمونه‌ها اتفاق می‌اُفتد و پس از آن با افزودن ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم، کاهش معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین در ۲ سطح ۳۰ و ۴۰ درصد اُکارا افزودن آنزیم پروتئاز باعث کاهش ضخامت می‌شود ولی این کاهش معنی‌دار نبود.

همان‌گونه‌که در شکل (۱-ب) نشان داده شده است افزودن اُکارا باعث کاهش قطر میانگین محصول می‌شود. در مقابل، افزایش اندک این فاکتور با افزودن ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز و افزایش معنی‌دار آن در صورت استفاده از ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم مشاهده می‌شود (شکل ۲-ب). مطابق نتایج جدول (۳)، در تمامی سطوح اُکارای افزوده‌شده، با افزودن آنزیم پروتئاز، افزایش قطر میانگین نمونه‌ها مشاهده می‌شود که در بالاترین سطح مصرف آنزیم پروتئاز، میزان این افزایش معنی‌دار است.

اُکارا دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای فیبر رژیمی با ظرفیت بالای جذب آب است که باعث کاهش میزان آب مخلوط‌شده با پروتئین گلوتن و جلوگیری از توسعه و انبساط شبکهٔ گلوتنی آن به‌طور کامل می‌گردد. همچنین ویسکوزیتهٔ خمیر به واسطهٔ وجود فیبر بالا و افزایش جذب آب توسط آن بیشتر می‌شود و به دنبال آن انتشار حباب‌های هوا کاهش می‌یابد. مجموعهٔ این تأثیرات منجربه جمع‌شدگی محصول و کاهش قطر و متعاقباً افزایش ضخامت آن می‌شود. ازطرفی پروتئاز به‌دلیل اثرگذاری بر گلوتن و کاهش الاستیسیتهٔ آن و نیز افزایش هیدرولیز پروتئین‌های دناتوره‌شدهٔ اُکارا و بهبود انحلال آنها، کاهش انقباض و چروکیدگی خمیر پس از قالب‌زنی را باعث می‌شود. نتایج ویژگی‌های فیزیکی محصول در پژوهش حاضر با نتایج ارائه‌شده توسط Amal و همکاران (۲۰۱۴) درخصوص بررسی تأثیر این آنزیم بر ویژگی‌های فیزیکی کوکی مطابقت دارد.

[1] Malonylglucoside
[2] Beta-glucoside

باتوجه‌به رابطهٔ مستقیم نسبت پهن‌شدگی با قطر و رابطهٔ عکس آن با ضخامت محصول، فاکتور نسبت پهن‌شدگی بیسکویت‌ها با افزودن آرد اُکارا کاهش یافت (شکل ۱-ج). ازطرفی با به‌کارگیری پروتئاز و هیدرولیز پروتئین گلوتنین که مسئول اصلی ایجاد الاستیسیتهٔ خمیر هستند، افزایش قابل توجهی در نسبت پهن‌شدگی نمونه‌ها حاصل می‌شود (شکل۲-ج). اختلاف معنی‌دار نسبت پهن‌شدگی تیمار حاوی ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز و بدون اُکارا نسبت به سایر تیمارها مؤید این مطلب است (جدول ۳). در پژوهش انجام‌شده توسط Kara و همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر تأثیر به‌کارگیری آردهای دارای فعالیت پروتئازی بالا و همچنین پروتئازهای تجاری بر کیفیت کوکی نیز نتایج مشابهی گزارش گردید.

دانسیته

همان‌طورکه در شکل (۱-د) نشان داده شده است، با افزایش درصد اُکارا، دانسیته نیز افزایش یافت و کلیهٔ تیمارها با شاهد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. این در حالی است که با افزودن آنزیم پروتئاز میزان دانسیته کاهش یافت به‌طوری‌که میزان این فاکتور در تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد و کمترین میزان دانسیته مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز است (شکل ۲-د).

در جدول (۳) نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل اُکارا و آنزیم پروتئاز بر دانسیتهٔ بیسکویت نشان داده شده است. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود افزودن آنزیم پروتئاز باعث کاهش معنی‌دار دانسیته می‌گردد. کاهش حجم در محصولات حاوی اُکارا به‌دلیل محتوای بالای فیبر رژیمی آن و واکنش متقابل پروتئین گلوتن و پروتئین اُکارا که در طی فرایند تولید به‌صورت دناتوره درآمده است، می‌باشد که منجربه تضعیف قابلیت نگهداری گاز خمیر در طی پخت می‌شود و این موضوع افزایش مشخص دانسیته در محصول نهایی را سبب می‌شود. به‌همین‌دلیل برای بهبود کیفیت محصول نهایی و کاهش اثرات نامطلوب اُکارا، از آنزیم پروتئاز در طی این تحقیق بهره گرفته شد. همان‌طورکه از نتایج این تحقیق مشخص می‌باشد آنزیم پروتئاز منجربه‌کاهش مشخص دانسیته در محصول تولیدی شده است. خصوصیات عملکردی پروتئین‌های اُکارا به واسطهٔ دناتوره‌بودن، محدود می‌باشند و آنزیم پروتئاز به‌دلیل تأثیری که روی پروتئین‌های دناتوره‌شده و تا حدودی نامحلول اُکارا می‌گذارد، با انجام پروتئولیز باعث بهبود عملکرد و افزایش حلالیت این پروتئین‌ها و بهبود قابلیت انتشار گاز در محصول می‌شود و حجم محصول نهایی بیشتر می‌شود.

سختی

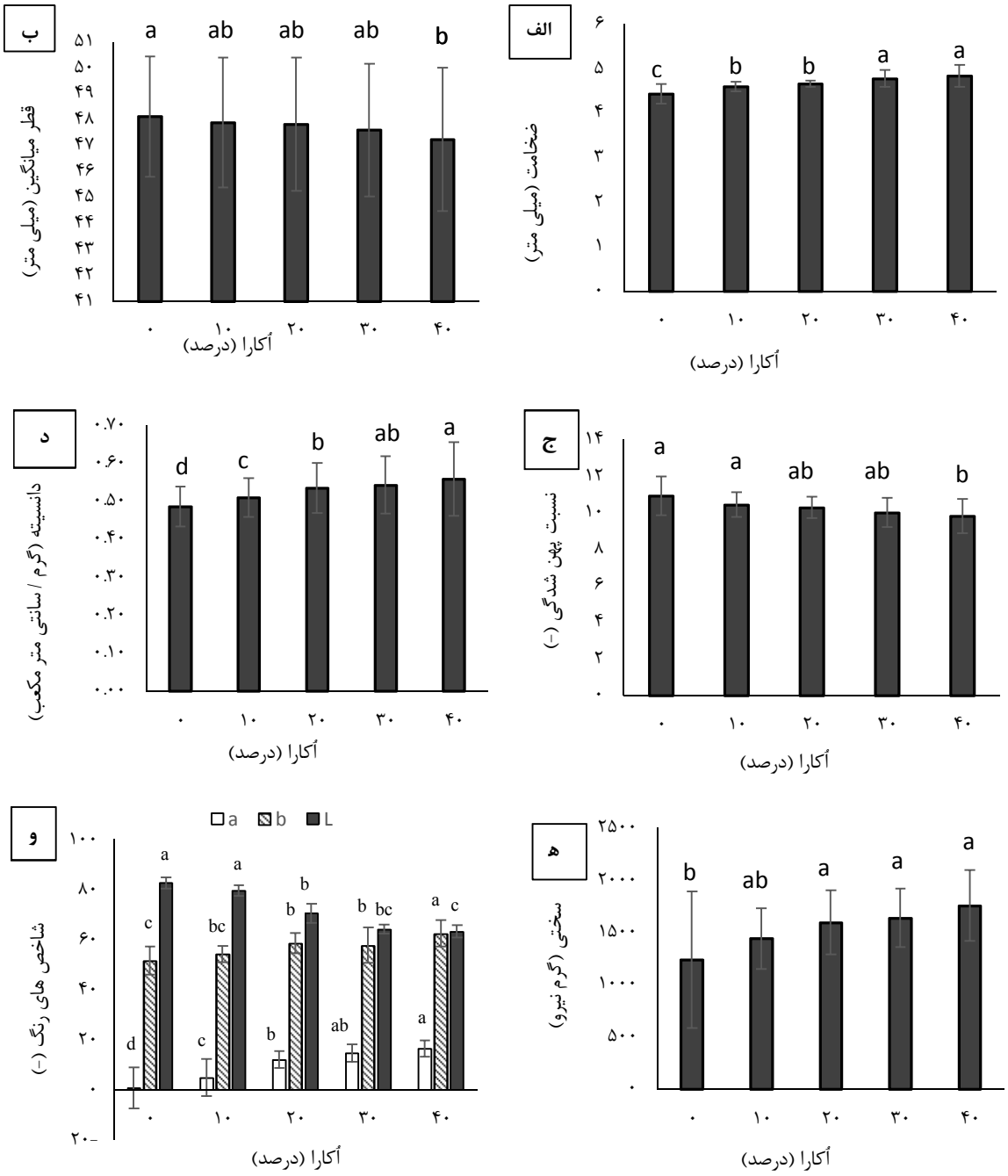
افزودن آرد اُکارا افزایش سختی را در تمامی نمونه‌ها سبب می‌شود. حال آنکه افزودن آنزیم پروتئاز اثری کاهشی بر این فاکتور دارد (شکل‌های ۱-هـ و ۲-هـ).

در جدول (۳) نیز که مربوط به مقایسهٔ اثرات متقابل اُکارا و آنزیم پروتئاز می‌باشد این نتایج نشان داده شده است. ازآنجایی‌که در طی مراحل تولید شیرسویا، فرایند حرارتی اعمال‌شده منجربه دناتوراسیون گستردهٔ پروتئین‌ها می‌شود، با افزایش درصد اُکارای حاصل از این فرایند در تهیهٔ بیسکویت، بافت محصول به تدریج سخت‌تر و فشرده‌تر می‌گردد. چرا که به‌دلیل فقدان شبکهٔ گلوتنی مناسب و درنتیجه کاهش وجود حباب‌های هوا و حفظ آن، فشردگی بافت افزایش می‌یابد. در گزارش‌های Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز، نودل‌های دارای اُکارا، تا سطح ۲۰ درصد، در طی انجام آزمون سفتی روندی افزایشی و در سطوح بالاتر روندی کاهشی را نشان می‌دهند. در نقطهٔ مقابل اُکارا، هیدرولیز پروتئین‌ها توسط آنزیم پروتئاز، انتشار بهتر گاز در محصول و تردی بیشتر آن را سبب می‌شود.

ارزیابی رنگ

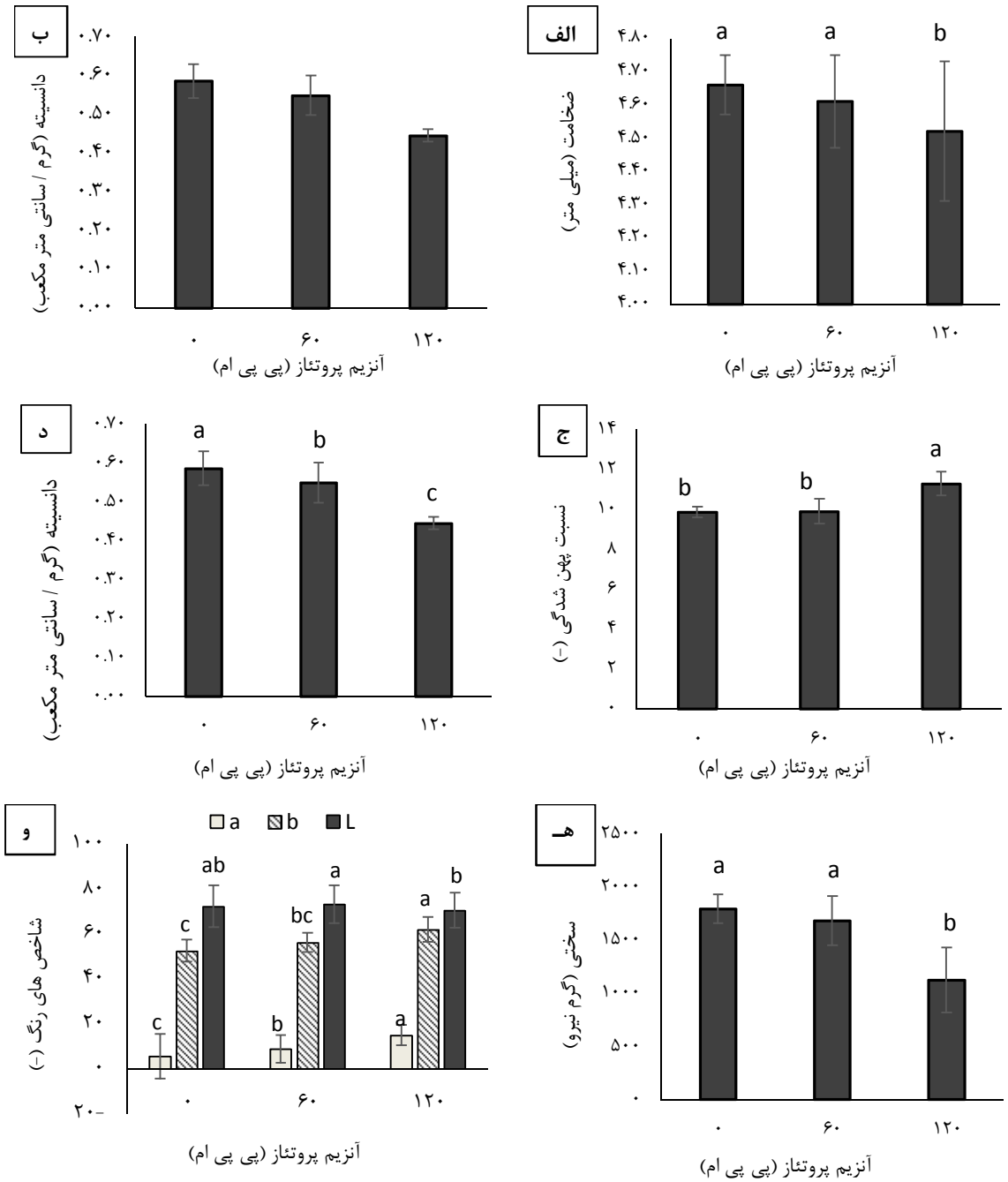
نتایج به‌دست‌آمده از آزمون رنگ نشان می‌دهد که با افزایش درصد جایگزینی اُکارا و آنزیم پروتئاز فاکتورهای a^* و b^* افزایش و فاکتور L^* کاهش یافت (شکل‌های ۱-و و ۲-و). این موضوع با نتایج تحقیق‌های Wichramarathna و Arampath (۲۰۰۳) مبنی بر جایگزینی آرد گندم با آرد اُکارا در نان مطابقت می‌کند. نتایج تحقیق‌های آنها نشان داد که

نان تهیه‌شده با ۱۰ درصد اُکارای جایگزین، دارای مغز قرمزتری در مقایسه با نمونهٔ شاهد دارای مغز سفید رنگ می‌باشد و علت افزایش فاکتور a^* را حضور مقادیر بالای پروتئین در اُکارا عنوان کردند که درنتیجهٔ آن، واکنش مایلارد یا قهوه‌ای‌شدن شدت پیدا می‌کند. ازطرفی پروتئاز نیز به‌دلیل تجزیهٔ پروتئین‌ها به آمینواسید باعث شدت‌بخشی به این واکنش می‌گردد. ضمن آنکه کاهش میزان فاکتور L^* و نیز افزایش میزان فاکتور b^* را به حضور مقادیر بالای رنگدانه‌های کاروتنوئیدی در سویا نسبت دادند. نتایج ارائه‌شده در جدول (۳) مربوط به مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل اُکارا و آنزیم پروتئاز بر شاخص‌های رنگ بیسکویت می‌باشند.



شکل ۱- تأثیر مستقل جایگزینی آرد گندم با اُکارا بر میزان ضخامت (الف)، قطر میانگین (ب)، نسبت پهن‌شدگی (ج)، دانسیته (د)، سختی (ه) و شاخص‌های رنگ پوسته (و) بیسکویت نیمه‌شیرین

میانگین‌ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲- تأثیر مستقل افزودن آنزیم پروتئاز بر میزان ضخامت (الف)، قطر میانگین (ب)، نسبت پهن‌شدگی (ج)، دانسیته (د)، سختی (ه) و شاخص‌های رنگ پوسته (و) بیسکویت نیمه‌شیرین

میانگین‌ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

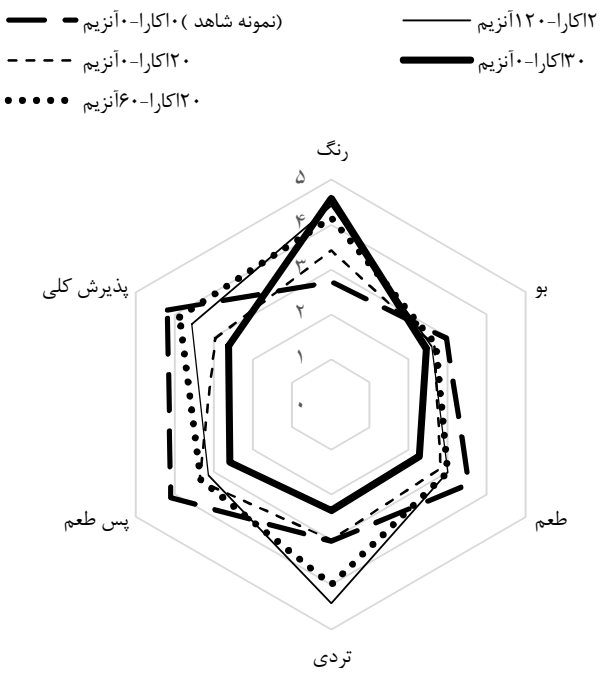
جدول ۳- اثر متقابل آرد اُکارا و آنزیم پروتئاز بر ویژگی‌های فیزیکی و رنگ بیسکویت

تیمارها	اُکارا (درصد)	آنزیم پروتئاز (پی‌پی‌ام)	ضخامت (میلی‌متر)	قطر میانگین (میلی‌متر)	نسبت پهن‌شدگی (-)	دانسیته (گرم/سانتی‌متر مکعب)	سختی (گرم نیرو)	شاخص های رنگ		
								a^*	b^*	L^*
۱	۰	۰	۴/۵۷^{b}±۰/۱۴	۴۶/۲۴^{bc}±۰/۳۲	۱۰/۱۲^{cd}±۰/۳۲	۰/۵۴^{de}±۰/۰۴	۱۶۶۳/۲۵^{bcd}±۱۷۰/۷۶	-۹/۴۴^{h}±۲/۳۶	۴۴/۹۸^{f}±۲/۳۷	۸۳/۹۳^{a}±۱/۹۳
۲	۰	۶۰	۴/۵۶^{b}±۰/۰۶	۴۶/۹۹^{b}±۰/۵۲	۱۰/۳۱^{c}±۰/۱۶	۰/۴۷^{f}±۰/۰۳	۱۴۲۷/۵۰^{def}±۱۱۸/۷۹	۳/۰۱^{fg}±۱/۰۲	۵۳/۴۹^{e}±۱/۹۳	۸۳/۱۶^{a}±۲/۳۵
۳	۰	۱۲۰	۴/۱۶^{d}±۰/۰۵	۱۵/۵۱^{a}±۰/۶۴	۱۲/۳۱^{a}±۰/۱۱	۰/۴۴^{f}±۰/۰۳	۶۲۴/۷۵^{h}±۹۵/۱۰	۸/۳۴^{ef}±۱/۷	۵۵/۸۲^{de}±۳/۸۸	۸۰/۱۷^{ab}±۱/۳۲
۴	۱۰	۰	۴/۵۷^{b}±۰/۰۷	۴۶/۰۶^{bc}±۰/۶۹	۱۰/۰۷^{cd}±۰/۲۸	۰/۵۶^{cd}±۰/۰۳	۱۶۹۶/۰۰$^{a-d}$±۱۴/۱۴	-۱/۴۹^{g}±۲/۰۸	۵۲/۲۸^{e}±۱/۳۹	۸/۹۶^{ab}±۱/۴۳
۵	۱۰	۶۰	۴/۵۴^{bc}±۰/۰۷	۴۶/۵۸^{bc}±۰/۹۹	۱۰/۰۹^{cd}±۰/۳۰	۰/۵۲^{e}±۰/۰۱	۱۵۳۹/۵۰^{cde}±۵۳/۰۳	۲/۱۵^{g}±۳/۳۸	۵۲/۲۹^{e}±۳/۱۸	۷۹/۸۰^{ab}±۲/۷۱
۶	۱۰	۱۲۰	۴/۱۹^{d}±۰/۱۹	۵۱/۱۰^{a}±۰/۸۷	۱۱/۱۹^{b}±۰/۵۹	۰/۴۵^{f}±۰/۰۰	۱۰۸۹/۲۵^{g}±۱۲۹/۷۵	۱۳/۵۲$^{a-e}$±۳/۸۵	۵۷/۶۱^{cde}±۲/۰۶	۷۷/۲۶^{bc}±۰/۲۲
۷	۲۰	۰	۴/۷۰^{a}±۰/۰۰	۴۶/۰۵^{bc}±۰/۹۳	۹/۷۹^{de}±۰/۲۰	۰/۵۸^{bc}±۰/۰۳	۱۸۵۰/۰۰^{ab}±۹۴/۷۵	۱۱/۴۵^{cde}±۱/۸۲	۵۵/۴۳^{de}±۲/۹۲	۶۹/۵۷^{de}±۱/۳۷
۸	۲۰	۶۰	۴/۶۶^{ab}±۰/۱۲	۴۶/۳۵^{bc}±۰/۷۰	۱۰/۰۰^{d}±۰/۱۳	/۵۷^{bcd}±۰/۰۱ ۰	۱۶۸۶/۷۵$^{a-d}$±۲۱۷/۱۴	۸/۷۶^{de}±۲/۷۷	۵۶/۸۹^{cde}±۲/۳۷	۷۳/۷۷^{cd}±۵/۱۶
۹	۲۰	۱۲۰	۴/۲۷^{c}±۰/۰۳	۵۱/۱۰^{a}±۰/۹۴	۱۱/۰۰^{b}±۰/۱۵	۰/۴۵^{f}±۰/۰۱	۱۲۵۴/۲۵^{fg}±۱۷۵/۰۱	۱۵/۴۵^{abc}±۰/۳۷	۶۲/۶۵^{abc}±۲/۸۸	۶۷/۶۰^{ef}±۱/۸۵
۱۰	۳۰	۰	۴/۷۲^{a}±۰/۰۱	۴۶/۰۰^{bc}±۰/۴۳	۹/۷۰^{ef}±۰/۱۰	۰/۶۰^{bc}±۰/۰۲	۱۸۰۸/۲۵^{abc}±۲۴/۳۹	۱۲/۴۶$^{b-e}$±۱/۳۰	۵۲/۰۰^{e}±۴/۹۵	۶۲/۷۲^{gh}±۰/۴۱
۱۱	۳۰	۶۰	۴/۶۹^{ab}±۰/۱۶	۴۶/۰۴^{bc}±۱/۴۷	۹/۸۱^{de}±۰/۴۰	۰/۵۸^{bc}±۰/۰۱	۱۸۲۹/۲۵^{ab}±۱۱۰/۶۶	۱۳/۴۳$^{a-e}$±۲/۴۸	۵۶/۰۹^{cde}±۵/۳۰	۶۳/۱۴^{gh}±۰/۲۰
۱۲	۳۰	۱۲۰	۴/۶۲^{ab}±۰/۱۴	۵۰/۷۸^{a}±۱/۱۳	۱۰/۹۹^{b}±۰/۰۸	۰/۴۴^{f}±۰/۰۰	۱۲۸۲/۵۰^{efg}±۴/۲۴	۱۷/۸۵^{ab}±۴/۳۶	۶۴/۷۴^{ab}±۵/۷۴	۶۶/۰۷^{efg}±۱/۱۸
۱۳	۴۰	۰	۴/۷۳^{a}±۰/۰۲	۴۵/۲۶^{c}±۰/۱۷	۹/۵۹^{f}±۰/۰۸	۰/۶۴^{a}±۰/۰۲	۱۹۵۹/۵۰^{a}±۹۶/۸۷	۱۴/۰۳$^{a-d}$±۴/۵۲	۵۷/۰۰^{cde}±۲/۰۸	۶۳/۴۴^{fgh}±۱/۱۸
۱۴	۴۰	۶۰	۴/۷۱^{a}±۰/۰۲	۴۵/۷۲^{bc}±۱/۴۵	۹/۷۴^{ef}±۰/۳۱	۰/۶^{b}±۰/۰۳	۱۹۳۲/۰۰^{ab}±۲۵۸/۸	۱۶/۵۰^{abc}±۰/۹۷	۶۱/۵۵^{bcd}±۲/۷۱	۶۵/۵۰^{efg}±۱/۳۳
۱۵	۴۰	۱۲۰	۴/۶۳^{ab}±۰/۰۷	۵۰/۷۸^{a}±۰/۲۸	۱۰/۹۷^{b}±۰/۱۰	۰/۴۴^{f}±۰/۰۲	۱۳۷۸/۲۵^{ef}±۲۶۵/۵۱	۱۸/۷۴^{a}±۳/۱۰	۶۸/۴۳^{a}±۰/۱۶	۶۰/۳۸^{h}±۱/۰۵

ارزیابی حسی

پس از انجام ارزیابی‌های کیفی بر نمونه‌ها و بررسی نتایج به‌دست‌آمده، ۵ تیمار که شامل تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۲۰ درصد اُکارا و صفر، ۶۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز و نیز تیمار حاوی ۳۰ درصد آرد اُکارای جایگزین و بدون آنزیم پروتئاز بودند به‌دلیل بیشترین مشابهت ازنظر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده (ابعاد، دانسیته، سختی و شاخص‌های رنگ) با نمونهٔ شاهد، جهت انجام آزمون حسی انتخاب شدند. همان‌طورکه در شکل (۳) مشاهده می‌شود از بین تیمارهای نامبرده کمترین و بیشترین امتیازی که توسط ارزیاب‌ها به رنگ نمونه‌ها داده شده به‌ترتیب به تیمار شاهد و تیمار حاوی ۳۰ درصد آرد اُکارای جایگزین و بدون آنزیم پروتئاز تعلق می‌یابد. ضمن آنکه امتیاز سایر تیمارها نسبت به نمونهٔ شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد. بالاترین امتیاز برای فاکتورهای بو، طعم، پس‌طعم و پذیرش کلی به نمونهٔ شاهد و پس از آن به نمونهٔ حاوی ۲۰ درصد اُکارا و ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز تعلق می‌گیرد که از لحاظ فاکتورهای بو، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری با نمونهٔ شاهد ندارد. نمونهٔ حاوی ۳۰ درصد آرد اُکارا و بدون آنزیم پروتئاز به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونهٔ شاهد کمترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. در مورد تردی نمونه‌ها، تیمار دارای ۲۰ درصد آرد اُکارای جایگزین و ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز به‌طور معنی‌داری بالاترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین تیمار حاوی ۳۰ درصد آرد اُکارای جایگزین کمترین امتیاز تردی را در میان سایر تیمارها دارا می‌باشد.

به‌طورکلی پس از تیمار شاهد، تیمار دارای ۲۰ درصد آرد اُکارای جایگزین و ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز در میان ارزیاب‌ها بیشترین مقبولیت را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۳- مقایسهٔ اثر تیمارهای مختلف روی خصوصیات حسی

مقایسهٔ ترکیبات بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد

میزان فاکتورهای شیمیایی اندازه‌گیری‌شده در بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد بیسکویت در جدول (۴) آورده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود محتوای پروتئین، چربی، فیبرخام، روی و ترکیبات فنولیک تام در بهترین نمونه به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونهٔ شاهد بیشتر می‌باشد و همچنین افزایش بسیار چشمگیر املاحی همچون کلسیم، منیزیم و پتاسیم در بهترین نمونه قابل توجه می‌باشد که باتوجه‌به بالاتر بودن میزان ترکیبات عنوان‌شده در آرد اُکارا نسبت به آرد گندم این نتایج قابل انتظار می‌باشد. ازنظر مقایسهٔ محتوای خاکستر، رطوبت، مس و آهن میان بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد، تفاوت معنی‌داری مشهود نمی‌باشد. محتوای کربوهیدرات بهترین نمونه نیز به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونهٔ شاهد می‌باشد. افزایش قابل توجه پارامترهای تغذیه‌ای بخصوص ازنظر محتوای پروتئین، ترکیبات فنولیک و املاحی همچون کلسیم، منیزیم و پتاسیم در بهترین نمونه حاکی از بهبود ارزش تغذیه‌ای این محصول در مقایسه با محصول تهیه‌شده از آرد گندم می‌باشد.

جدول ۴- مقایسهٔ ترکیبات شیمیایی بهترین نمونه و نمونهٔ شاهد بیسکویت

ویژگی	بهترین نمونه	نمونهٔ شاهد
پروتئین (درصد)	۱۴/۹۴^{a}±۰/۲۷	۸/۷۲^{b}±۰/۱۷
چربی (درصد)	۱۸/۹۴^{a}±۰/۳۴	۱۷/۲۰^{b}±۰/۷۲
رطوبت (درصد)	۴/۲۴^{a}±۰/۱۷	۴/۰۹^{a}±۰/۳۱
خاکستر (درصد)	۱/۰۷^{a}±۰/۱۰	۰/۸۷^{a}±۰/۱۰
فیبر خام (درصد)	۱/۸۳^{a}±۰/۱۳	۰/۵۰^{b}±۰/۰۳
کربوهیدرات (درصد)	۵۸/۹۸^{b}±۰/۱۴	۶۸/۶۲^{a}±۱/۰۸
ترکیبات فنولیک (mgGAE/g)	۲۸/۷۰^{a}±۰/۵	۱۵/۲۰^{b}±۱/۲۵
کلسیم (میلی‌گرم /۱۰۰گرم)	۷۲/۰۲^{a}±۱/۷۶	۳۲/۰۵^{a}±۱/۱۶
مس (میلی‌گرم/۱۰۰گرم)	۰/۳۶^{a}±۰/۰۰	۰/۳۷^{a}±۰/۰۰
آهن (میلی‌گرم/۱۰۰گرم)	۲/۸۱^{a}±۰/۱۷	۲/۱۱^{a}±۰/۲۰
منیزیم (میلی‌گرم/۱۰۰گرم)	۴۰/۳۱^{a}±۰/۲۵	۲۳/۲۷^{b}±۱/۱۱
روی (میلی‌گرم/۱۰۰گرم)	۰/۹۳^{a}±۰/۰۱	۰/۴۹^{b}±۰/۰۶
پتاسیم (میلی‌گرم/۱۰۰گرم)	۲۲۵/۸۸^{a}±۲/۳۴	۱۳۳/۶۹^{b}±۱/۵۷

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های فیزیکی، بافتی و شیمیایی می‌توان به‌منظور غنی‌سازی بیسکویت، بخصوص از لحاظ محتوای فیبر و پروتئین و افزایش اثرات سلامت‌بخش آن از آرد اُکارا استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه به‌کارگیری اُکارا در کاهش ویژگی‌های کیفی و بافتی محصول تأثیر دارد ولی مصرف هم‌زمان آن با آنزیم پروتئاز تأثیرات قابل توجهی را بر بهبود کیفیت بافتی و دیگر خصوصیات محصول دارد. افزایش قابل توجه پروتئین و فیبر خام و همچنین املاحی همچون کلسیم، منیزیم، پتاسیم، روی و نیز افزایش معنی‌دار میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدان در بهترین نمونه نسبت به نمونهٔ شاهد و همچنین بهبود ویژگی‌های حسی از نظر ارزیابان همچون تردی و رنگ در محدودهٔ بهینهٔ متغیرها از آثار مثبت و قابل توجه این پژوهش در تولید بیسکویت‌های نیمه‌شیرین می‌باشد. درنتیجه بهترین سطح جایگزینی که ازنظر ارزیاب‌ها نیز مقبولیت بیشتری داشت، جایگزینی ۲۰ درصد آرد اُکارا برآورد گردید که به جهت برطرف نمودن برخی از آثار نامطلوب آرد اُکارا بر بافت، آنزیم پروتئاز می‌تواند به نحو مؤثری به‌کارگرفته شود. از میان سطوح مختلف آنزیم پروتئاز مورد استفاده در این پژوهش، میزان ۶۰ پی‌پی‌ام از این آنزیم آثار مطلوبی را بر بافت بیسکویت‌های نیمه‌شیرین اُکارا برجای گذاشت. درنهایت می‌توان اذعان داشت که به‌کارگیری اُکارا در صنعت غذا بخصوص صنایع فراورده‌های غلات علاوه‌بر افزایش ارزش افزودهٔ محصول ثانویهٔ صنعت تولید شیر سویا، بهبود ارزش تغذیه محصولات را به همراه دارد. البته دراین‌راستا به‌کارگیری افزودنی‌های مؤثر در کاهش اثرات مخرب این ترکیب بر خصوصیات کیفی همچون ویژگی‌های بافتی محصول نهایی باید مورد نظر قرار گیرد. انجام پژوهش‌هایی در این زمینه به‌منظور افزایش کیفیت تغذیه‌ای و تکنولوژیکی

محصولات و البته افزایش بازده اقتصادی صنایع می‌تواند ارزنده باشد.

منابع

۱- آذری کیا، ف. و عباسی، س. ۱۳۸۷. تعیین شرایط بهینهٔ استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول از اُکارا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۳ (۱): ۴۵-۵۵.

۲- افشاری جویباری، ح. و فرحناکی، ع. ۱۳۸۸. امکان استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ برای اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی: بررسی تغییرات رنگ خرمای مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی. نشریهٔ پژوهش‌های صنایع غذایی ایران، ۵(۱): ۳۷-۴۶.

۳- جلی، ا.، کرامت، ج.، حجت الاسلامی، م. و جهادی، م. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر جایگزینی ساکارز توسط مخلوط سوکرالوز و ایزومالت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بیسکویت قالب غلتکی. فصلنامهٔ علوم و فناوری‌های نوین غذایی ۱ (۱): ۴۹-۶۴.

۴- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۴. روش اندازه‌گیری پروتئین خام غلات و فراورده‌های آن. شماره ۲۸۶۳.

۵- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۶. اندازه‌گیری فیبر خام در فرآورده‌های کشاورزی، خوراکی (روش عمومی). شماره ۳۹۶۱.

۶- مجذوبی، م.، نعمت الهی، ز. و فرحناکی، ع. ۱۳۹۲. تأثیر سبوس گندم تیمارشده به روش هیدروترمال جهت کاهش مقدار اسیدفیتیک بر خصوصیات حسی و فیزیکی بیسکویت. مجلهٔ علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸(۳): ۱۷۱-۱۷۸.

۷- نورمحمدی، ا.، پیغمبردوست، ه. و اولادغفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم‌کالری به‌وسیلهٔ جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز. مجلهٔ علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷(۱): ۸۶-۸۷.

8- AACC.1999. Approved methods of the American Association of CerealChemist.

9- Amal, A.H., Esam, H.M., & Abo EL-Fath, A. 2014. Improving dough rheology and cookie quality by protease enzyme. American Journal of Food Science and Nutrition Research, 1(1):1-7.

10- Amin, I., & Mukhrizah, O. 2006. Antioxidant capacity of methanolic and water extracts prepared from food-processing by-products. Journal of Food Science, Food Agriculture, 86(5):778-784.

11- Barbosa, A.C.L. 2006. Isoflavone content ad profile and antioxidant activity of soy and soy products. Science Technology, 26(3): 921-926.

12- Bedani, R., Campos, M., Castro, I.A., Rossi, E.A., & Saad, S.M. 2014. Incorporation of soybean by-product okara and inulin in a probiotic soy youghurt: texture profile and sensory acceptance. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(1):119-125.

13- Chan, W.M., & Ma, C.Y. 1999. Modification of proteins from soymilk residue (okara) by trypsin. Journal of Food Science, 64(5):781-786.

14- Da Silva, L., Paucar-Menacho, L., Vicente, C., Salles, A., Steel, C., & Yoonkil, C. 2009. Development of loaf bread with the addition of okara flour. Brazilian Journal of Food Technology, 12(1/4): 315-322.

15- Gains, C.S. 1991. Instrumental measurment of hardness of cookies and crakers. Cereal Foods World. 36(12): 989-994.

16- Genta, H.D., Genta, M.L., Alvarez, N.V., & Santana, M.S. 2002. Production and acceptance of a soy candy. Journal of Food Engineering, 53(2):199-202.

17- Grizotto, R.K., Rufl, C.R.G., Yamada, E.A., & Vicente, E. 2010. Evaluation of the quality of a molded sweet biscuit enriched with okara flour. Journal of Food Science and Technology, 30: 270-275.

18- Gupta, A. 2009. Special report: health, wellness and more. Business India, 61-64.

19- Kara, M., Sivri, D., & Koksel, H. 2005. Effect of high protease-activity flours and commercial proteases on cookie quality. Food Research International, 38(5): 479-486.

20- Katayama, M., & Wilson, L.A. 2008. Utilization of okara, a byproduct from soymilk production, through the development of soy-based snack food. Journal of Food Science, 73(3):152-157.

21- Li, B., Qiao, M., & Lu, F. 2012. Composition, nutrition and utilization of okara (soybean residue). Food Reviews International, 28(3): 231-252.

22- Lu, F., Cui, Z., Liu, Y., & Li, B. 2013. The effect of okara on the qualities of noodle and steamed bread. Advance Journal of Food Science and Technology, 5(7):960-968.

23- Matsumoto, K., Watanabe, Y., & Yokoyama, S. 2007. Prevents obesity in a diet-induced Murine obesity model. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 71(3):720-727.

24- O'toole, D.K. 1999. Characteristics and use of okara, the soybean residue from soy milk production a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(2): 363-371.

25- Pilli, T.D., Severini, C., Carbone, B.F., Giuliani, R., & Derossi, A. 2004. Improving fatty extrudate structure with amylase and protease. Journal of Food Biochemistry, 28(5): 387-403.

26- Riaz, M. 2006. Soy application in food. CRC Press, Boca Raton, FL.

27- Rinaldi, V.E.A., Ng, P.K.W., & Bennik, M.R. 2000. Effects of extrusion on dietary fibre and isoflavone contents of wheat exrudates enriched with wet okara. Cereal Chemistry, 77(2): 237-240.

28- Sariciban, C., & Tahsin Yilmaz, M. 2010. Modeling the effects of processing factors on the changes on cokor parameters of cooked meatballs using response surface methodology. World Applied Science, 9(1): 14-22.

29- Sudha, M.L., Baskaran, V., & Leelavathi, K. 2007. Apple pomace as a source of dietary fiber and poly phenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. Food Chemistry, 104(2): 686-692.

30- Villanueva, M.J., Yokoyama, W., Hong, Y.J., Barttley, G.E., & Ruperez, P. 2011. Effect of high-fat diets supplemented with okara soybean by-product on lipid profiles of plasma, liver and faces in Syrian hamsters. Food Chemistry, 124(1): 72-79.

31- Wang, C.,Yang, H., Chang, T., Wang, S., Shi, L., & Cui, M. 2014. Effect of okara on textural, color and rheological properties of pork meat gels. Journal of Food Quality, 37(5):339-348

32- Wichramarathna, G.L.,& Arampath, P.C. 2003. Utilization of okara in Bread making. Department of Food Science and Technology, 31: 29-33.

33-Xu, L. 2008. A Study on production of tempeh from okara. Journal of the Chinese Cereal and Oils Association, 5:160-163.

34-Zhang, Z., Ye, S., Li, Q., & Wang, Y. 2004. The processing and utilizing of okara. Food Science (in Chinese), 10: 400-405.

Investigation the Effect of Okara Flour and Protease Enzyme on Physicochemical and Sensorial Properties of Semi-Sweet Biscuit

Saeedeh Zamani[1], Hajar Abbasi[2*]

1- Graduated MSc of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2- Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
*Corresponding author (H.abbasi@Khuisf.ac.ir)

Abstract

Okara is the valuable by-product of soymilk industry that is a suitable source of protein, fiber and micronutrients in nutritional aspects. Therefore, its application in food industry is suitable in order to increase the nutritional value of food products and also to increase the added value of soybean processing industry. The aim of this study was to investigate the effect of wheat flour replacement by okara (0, 10, 20, 30 and 40%) in order to benefit its suitable nutritional characteristics and the utilization of protease enzyme (0, 60 and 120 ppm) in order to improve the qualitative properties of biscuit. In this regards, qualitative characteristics including dimensions and spread ratio, density, hardness, color and sensory properties were investigated. Results showed that thickness, density and hardness increased by increasing okara amounts and on the contrary the addition of protease had a reverse influence on the mentioned factors. Also the average diameter and spread ratio of the samples decreased by the addition of okara and increased by the addition of protease enzyme. Increasing okara and protease enzyme had similar effects on color characteristics so that redness and yellowness increased and the lightness decreased by increasing the percentage of replacement. According to the results of sensorial and instrumental analysis, the sample with 20% of okara and 60 ppm of protease enzyme was selected as the best sample. Finally, evaluation of nutritional properties of the best sample showed a significant enhancement in protein, crude fiber, total phenolic, calcium, magnesium as well as potassium content and significant reduction in carbohydrates content in comparison with the control.

Keywords: Color Characteristics, Density, Hardness, Nutritional Value, Spread Ratio