

بررسی تأثیر آرد آکارا و آنزیم پروتئاز بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی بیسکویت نیمه شیرین

سعیده زمانی بروجنی^۱، هاجر عباسی^{۲*}

۱- دانش آموخته 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
* نویسنده 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

آکارا، محصول ثانویه ارزشمند صنعت شیر سویاست که منبع مناسبی از پروتئین، ترکیبات فیبری و ریزمغذی‌های فراوان و مناسب از نظر تغذیه‌ای است. از این رو کاربرد آن در صنعت غذا به منظور افزایش ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی و همچنین افزایش ارزش افزوده صنایع تبدیل سویا مناسب است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آکارا (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) به منظور بهره‌مندی از ویژگی‌های مناسب تغذیه‌ای آن و استفاده از آنزیم پروتئاز (۰، ۶۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام) جهت بهبود خصوصیات کیفی بیسکویت بود. در این راستا ویژگی‌های کیفی شامل ابعاد، نسبت پهن‌شدگی، دانسیته، سختی، رنگ و خصوصیات حسی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش درصد آکارا، 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 آکارا روند کاهشی و با افزودن آنزیم پروتئاز روند افزایشی نشان دادند. افزایش درصد جایگزینی آکارا 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، نمونه دارای ۲۰ درصد آکارا و ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب گردید. در نهایت 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 نمونه شاهد را نشان داد.

مقدمه

مصرف‌کنندگان، محصولات بر پایه سویا، یک بخش اصلی و مهم در صنعت غذاهای فراسودمند را به خود اختصاص می‌دهند (Wang et al., 2014). در دانه 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

فرآورده‌های قنادی از محصولات غذایی پرمصرف در جامعه بشمار می‌آیند. از این رو انجام پژوهش‌هایی به منظور بهبود کیفیت آنها و تولید فرآورده‌هایی با ارزش غذایی بالاتر و سالم‌تر ضرورت دارد (مجدوبی و همکاران، ۱۳۹۲). باتوجه به ارتقای سطح آگاهی

در آکارا عملکرد فیزیولوژیکی قابل توجهی در کاهش سطح کلسترول، کنترل فشار خون و پیشگیری از تصلب شرایین، کاهش زمان ماند غذا در روده و به دنبال 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). آکارا به‌عنوان یک منبع غذایی در چین و ژاپن شناخته می‌شود. عطر و طعم ملایم آکارا باعث می‌شود که بدون اثر منفی در عطر و طعم در محصولات آردی قابل استفاده باشد. به دلیل 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 در زمینه کاربرد این محصول ثانویه در صنعت غذا انجام گرفته است. Dasilva و همکاران (۲۰۰۹) مقادیر صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد آکارا 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 آکارا، ۱۰ درصد است و با افزودن آنزیم‌هایی مثل لیپاز^۱، گلوکز اکسیداز^۲ و پنتوزاناز^۳ کیفیت نان تهیه‌شده با آکارا به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. نودل‌های ظریفی با ۹ درصد آکارا، ۰/۲۵ درصد سدیم آلزینات 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 آکارا 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). از آنجایی که در

به ذکر است که پروتئین سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی بالاترین رتبه‌بندی را از لحاظ قابلیت هضم اسید آمینه‌ها 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. از این رو روغن سویا به دلیل دارا بودن 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).

آکارا مهم‌ترین محصول جانبی تولیدشده طی فرایند تولید توفو و شیر سویا است. بر طبق آمار، در طی تولید صنعتی مواد غذایی بر پایه سویا، سالانه حدود ۲۰ میلیون تن آکارای مرطوب تولید می‌گردد (Zhang *et al.*, 2004). آکارای تازه یک پالپ نسبتاً سفید رنگ و شامل رطوبت نسبی بالا (حدود ۸۰ درصد) می‌باشد. این فرآورده ثانویه 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، همی سلولز و لیگنین، املاح معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد (Katayama & Wilson, 2008). تحقیق‌ها حاکی از آن است که آکارا 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. به سبب محتوای بالای فیبر رژیمی، هزینه اندک و دسترسی آسان این محصول جانبی که می‌تواند ماهیت آردی هم داشته باشد، یک انتخاب مناسب جهت غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی از جمله محصولات بر پایه غلات بشمار می‌رود. به علاوه، عدم وجود طعم و رنگ در فیبر موجود در آکارا، آن را جهت استفاده در محصولات غذایی، بدون ایجاد تغییری در کیفیت، برخلاف اکثر فیبرهای مورد استفاده از جمله فیبرهای گندم، مناسب کرده است (Rinaldi *et al.*, 2000). فیبرهای موجود

¹ Lipase

² Glucose oxidase

³ Pentosanase

مواد و روش‌ها

مواد

آکارا 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)، کلرید سدیم (گوهر ناب اصفهان)، بی‌کربنات سدیم (مالان)، وانیل (آرین اسانس)، شیر (پگاه اصفهان) و تخم‌مرغ (تلاونگ) تهیه و در فرمولاسیون این نوع بیسکویت به‌کار گرفته 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 فتالین، اسیدسولفوریک ۹۸ درصد، اکسید سلنیوم، سولفات مس، سولفات پتاسیم، ساکارز، گلاسیسین، 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 آکارا 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 شماره ۳۹۶۱ (۱۳۷۶) صورت پذیرفت. اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولیک نمونه‌ها مطابق روش Sudha و همکاران (۲۰۰۷) انجام پذیرفت. به‌این‌منظور، ۱ گرم از نمونه 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.

ایران آکارای تولیدی به نوعی پسماند کارخانه شیرسویا محسوب می‌شود و به‌جز صنعت غذای دام بهره‌برداری شایان ذکری از آن صورت نمی‌پذیرد، آمار دقیق و مشخصی در ارتباط با میزان آکارای تولیدشده موجود نمی‌باشد و علی‌رغم ارزش غذایی بالای این ترکیب، در حال حاضر فراوری و به‌کارگیری این ترکیب در صنعت غذا بسیار اندک است. حلالیت کم پروتئین آکارا 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 آکارا 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 محصولات 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 گلوتهنی نان و آردهای مورد استفاده در صنایع پخت خصوصاً در تولید انواع بیسکویت و ویفرها قابل استفاده هستند. نرم‌شدن گلوتهن 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 آکارا با آرد گندم به لحاظ تکنولوژیکی مقدور است، هدف از پژوهش حاضر، به‌کارگیری آکارا 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.

میزان ترکیبات فنولیک کل نمونه‌ها به صورت میلی گرم گالیک اسید^۱ (GAE) در ۱۰۰ گرم نمونه بیان شده است.

تهیه 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 نیمه شیرین، بین ۱۰ تا ۴۰ درصد کاسته و توسط آرد اُکارای تهیه شده جایگزین گردید. جهت مرتفع نمودن تأثیر پروتئین‌های دناتوره شده 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 تولید شده توسط غلتک‌های مخصوص، به ضخامت ۴/۵ میلی‌متر پهن و توسط قالبزن دوار به دایره‌های کوچکی با قطر ۴۵ میلی‌متر تقسیم شد. پس از آن برش‌های خمیر بلافاصله در داخل فر با میانگین دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ تا ۱۲ دقیقه پخته شدند. بیسکویت‌های پخته شده پس از خروج از فر به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط (۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) سرد شده و در نهایت بسته‌بندی شدند.

جدول ۱- مراحل تهیه خمیر بیسکویت

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

ارزیابی ویژگی‌های کیفی بیسکویت نیمه شیرین

قطر، ضخامت و نسبت پهن‌شدگی

جهت اندازه‌گیری ابعاد نمونه‌های بیسکویت، ابتدا با استفاده از کولیس دیجیتال میتوتویو^۲ (مدل ۱۱۴-۵۰۰، آمریکا) قطر اول اندازه‌گیری گردید. سپس نمونه با زاویه ۹۰ درجه چرخانیده شد و قطر دوم اندازه‌گیری گردید. با محاسبه میانگین اعداد به دست آمده، 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 دانسیته 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 کُلازا پر و سپس توزین گردید. بار دیگر ظرف تا قسمت سطحی آن از دانه‌های کُلازا پر و توزین گردید. با استفاده از اختلاف

^۱ Galic acid

^۲ Mitutoyo

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 نمونه 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 به ترتیب طبق دستورالعمل ۱۰-۳۰، ۰۱-۰۸، ۱۵A-۴۴ AACC (۱۹۹۹) ارزیابی گردیدند. میزان کربوهیدرات بهترین نمونه و نمونه شاهد براساس روش تفاوت (حاصل تفاضل مجموع محتوای پروتئین، چربی، خاکستر، رطوبت و فیبر اندازه‌گیری شده 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 به منظور مقایسه تأثیر سطوح مختلف آرد آکارا (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 کلیه پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد نظر نمونه‌ها مورد ارزیابی گرفتند. آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی-آزمون فاکتوریل با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون LSD صورت گرفت.

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

وزن حاصل و دانسیته دانه‌های گلزای مورد استفاده، حجم بیسکویت محاسبه و در نهایت با تقسیم وزن نمونه‌ها به حجم آنها، دانسیته آنها محاسبه گردید (نورمحمدی، ۱۳۹۱).

سفتی بافت

جهت ارزیابی سفتی بافت نمونه‌ها از دستگاه تکسچر آنالایزر^۱ ساخت کمپانی بروکفیلد^۲ (LFRA 500، آمریکا) استفاده گردید. در ابتدا ارتفاع پایه ثابت دستگاه تنظیم گردید و نمونه بیسکویت روی دو پایه ثابت که فاصله آنها از یکدیگر به میزان ۳ سانتی‌متر تنظیم شده بود، قرار گرفت. برای انجام این تست از پروپ لاکه نایف اج^۳ 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

به منظور ارزیابی و مقایسه رنگ بیسکویت‌ها ابتدا نمونه‌ها درون جعبه 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 تجزیه و تحلیل و شاخص‌های RGB استخراج شدند. نمودار استاندارد شاخص شاخص RGB کارت‌های رنگی RAL رسم و شاخص RGB تصاویر نمونه‌ها با آن کالیبره شد. در نهایت شاخص RGB کالیبره شده نمونه تبدیل به شاخص LAB گردید (افشاری جویباری و فرحناکی، ۱۳۸۸).

ارزیابی حسی

به منظور ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌های مختلف بیسکویت‌های نیمه‌شیرین تهیه شده از آرد آکارای جایگزین شده با آرد گندم و همچنین آنزیم پروتئاز، از

^۲ Texture Analyzer

^۳ Brookfield

^۴ Knife Edge

نتایج و بحث

ارزیابی شیمیایی مواد اولیه

نتایج حاصل از ارزیابی و مقایسه ترکیبات تشکیل‌دهنده آرد گندم و آکارا در جدول (۲) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهند که آکارا 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

آکارا باقی می‌مانند. پژوهش انجام‌شده توسط Riaz (۲۰۰۶) نیز این نتیجه را تأیید می‌کند. از نظر ترکیبات فنولی نیز، آرد آکارا بسیار غنی‌تر از آرد گندم است. آکارا همانند سویا محصولی غنی از فلاونوئید است که عمده ترکیبات فنولی آن را ایزوفلاون‌های مالونیل گلیکوزیدها^۱ و بتاگلیکوزیدها^۲ تشکیل می‌دهند (Barbosa, 2006). Grizzotto و همکاران (۲۰۱۰) نیز در ارزیابی بیسکویت‌های قالبی شیرین تهیه‌شده با آرد آکارا نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند.

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی آرد گندم و آرد آکارا

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

بررسی ویژگی‌های کیفی محصول

ضخامت، قطر میانگین و نسبت پهن‌شدگی

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

همان‌گونه که در شکل (۱-ب) نشان داده شده است افزودن آکارا 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 آکارای افزوده‌شده، با افزودن آنزیم پروتئاز،

افزایش قطر میانگین نمونه‌ها مشاهده می‌شود که در بالاترین سطح مصرف آنزیم پروتئاز، میزان این افزایش معنی‌دار است.

آکارا 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 شبکه گلوتنی آن به‌طور کامل می‌گردد. همچنین ویسکوزیته خمیر به واسطه وجود فیبر بالا و افزایش جذب آب توسط آن بیشتر می‌شود و به دنبال آن انتشار حباب‌های هوا کاهش می‌یابد. مجموعه این تأثیرات منجر به جمع‌شدگی محصول و کاهش قطر و متعاقباً افزایش ضخامت آن می‌شود. از طرفی پروتئاز به دلیل اثرگذاری بر گلوتن و کاهش الاستیسیته آن و نیز افزایش هیدرولیز پروتئین‌های دنا توره‌شده آکارا 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) در خصوص بررسی تأثیر این آنزیم بر ویژگی‌های فیزیکی کوکی مطابقت دارد.

¹ Malonylglucoside² Beta-glucoside

آنزیم پروتئاز منجر به کاهش مشخص دانسیته در محصول تولیدی شده است. خصوصیات عملکردی پروتئین‌های آکارا به واسطهٔ دناتورده بودن، محدود می‌باشند و آنزیم پروتئاز به دلیل تأثیری که روی پروتئین‌های دناتورده شده و تا حدودی نامحلول آکارا 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 آکارا افزایش سختی را در تمامی نمونه‌ها سبب می‌شود. حال آنکه افزودن آنزیم پروتئاز اثری کاهشی بر این فاکتور دارد (شکل‌های ۱-ه و ۲-ه). در جدول (۳) نیز که مربوط به مقایسهٔ اثرات متقابل آکارا و آنزیم پروتئاز می‌باشد این نتایج نشان داده شده است. از آنجایی که در طی مراحل تولید شیرسویا، فرایند حرارتی اعمال شده منجر به دناتوراسیون گستردهٔ پروتئین‌ها می‌شود، با افزایش درصد آکارای حاصل از این فرایند در تهیهٔ بیسکویت، بافت محصول به تدریج سخت‌تر و فشرده‌تر می‌گردد. چرا که به دلیل فقدان شبکهٔ گلوآنی مناسب و در نتیجه کاهش وجود حباب‌های هوا و حفظ آن، فشردگی بافت افزایش می‌یابد. در گزارش‌های Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز، نودل‌های دارای آکارا، تا سطح ۲۰ درصد، در طی انجام آزمون سفتی روندی افزایشی و در سطوح بالاتر روندی کاهشی را نشان می‌دهند. در نقطهٔ مقابل آکارا، هیدرولیز پروتئین‌ها توسط آنزیم پروتئاز، انتشار بهتر گاز در محصول و تردی بیشتر آن را سبب می‌شود.

ارزیابی رنگ

نتایج به دست آمده از آزمون رنگ نشان می‌دهد که با افزایش درصد جایگزینی آکارا 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 آکارا در نان مطابقت می‌کند. نتایج تحقیق‌های آنها نشان داد که

با توجه به رابطهٔ مستقیم نسبت پهن‌شدگی با قطر و رابطهٔ عکس آن با ضخامت محصول، فاکتور نسبت پهن‌شدگی بیسکویت‌ها با افزودن آرد آکارا کاهش یافت (شکل ۱-ج). از طرفی با به کارگیری پروتئاز و هیدرولیز پروتئین گلوآنین که مسئول اصلی ایجاد الاستیسیتهٔ خمیر هستند، افزایش قابل توجهی در نسبت پهن‌شدگی نمونه‌ها حاصل می‌شود (شکل ۲-ج). اختلاف معنی‌دار نسبت پهن‌شدگی تیمار حاوی ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز و بدون آکارا نسبت به سایر تیمارها مؤید این مطلب است (جدول ۳). در پژوهش انجام شده توسط Kara و همکاران (۲۰۰۵) مبنی بر تأثیر به کارگیری آردهای دارای فعالیت پروتئازی بالا و همچنین پروتئازهای تجاری بر کیفیت کوکی نیز نتایج مشابهی گزارش گردید.

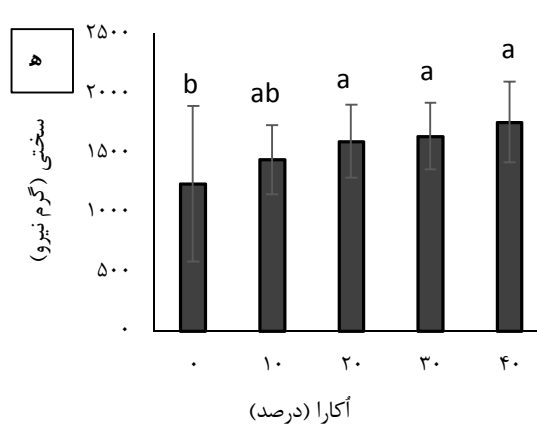
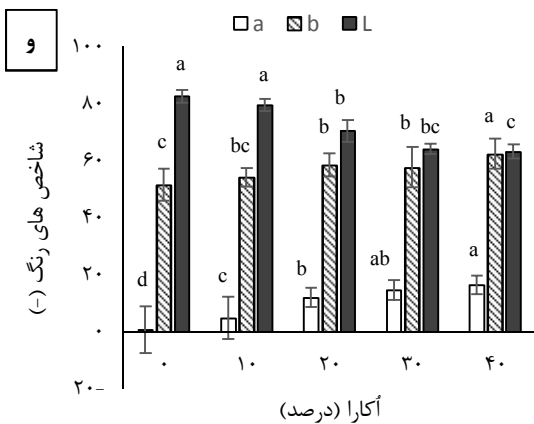
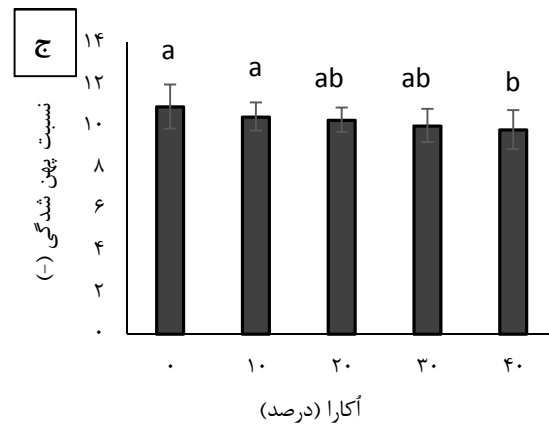
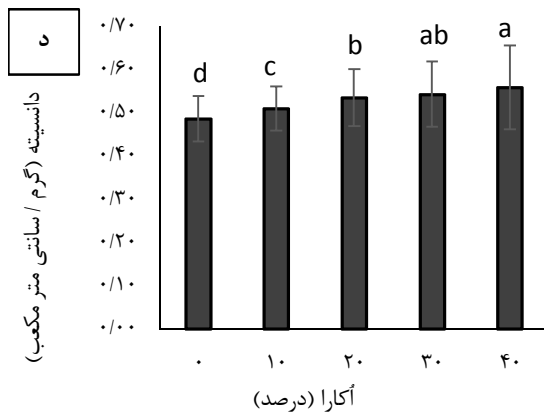
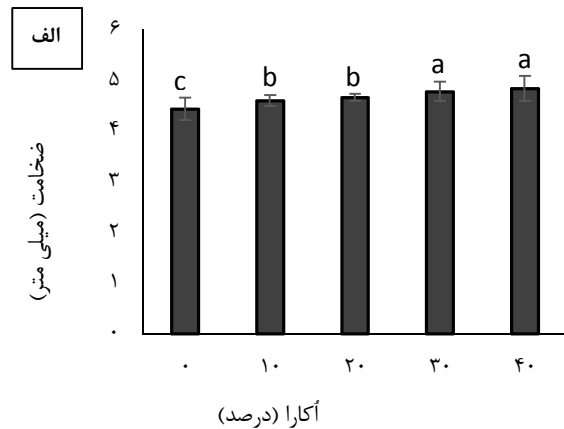
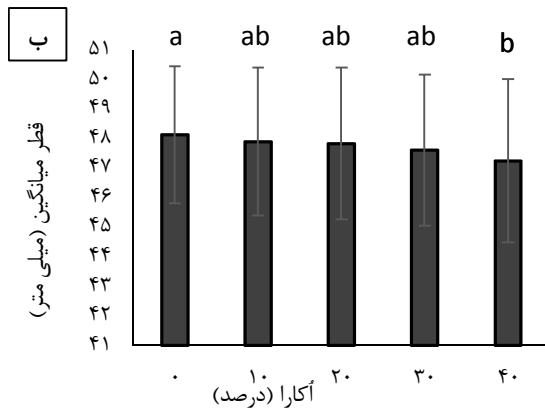
دانسیته

همان‌طور که در شکل (۱-د) نشان داده شده است، با افزایش درصد آکارا، 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 به طوری که میزان این فاکتور در تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد و کمترین میزان دانسیته مربوط به نمونهٔ حاوی ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز است (شکل ۲-د).

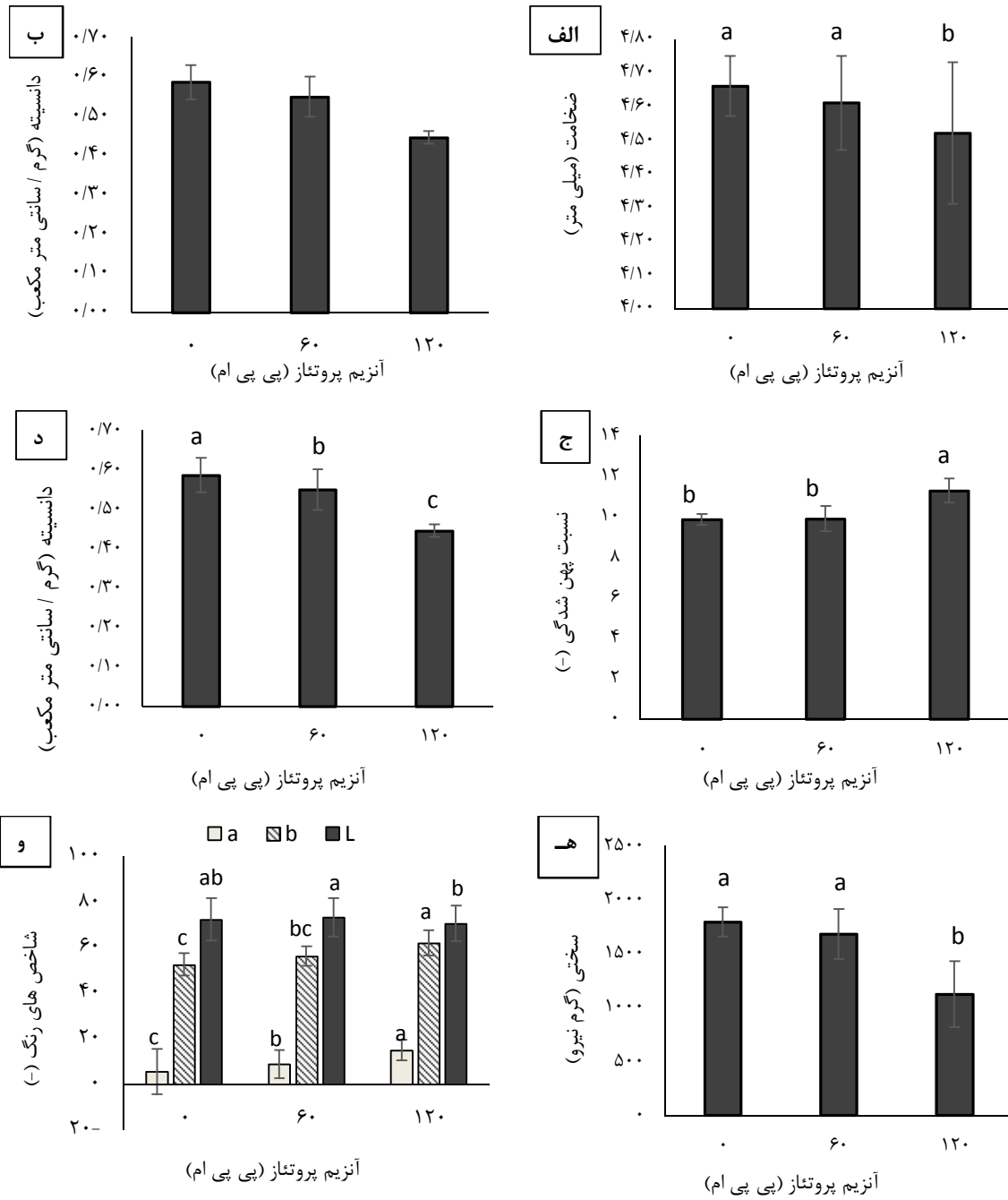
در جدول (۳) نتایج حاصل از مقایسهٔ میانگین اثرات متقابل آکارا و آنزیم پروتئاز بر دانسیتهٔ بیسکویت نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود افزودن آنزیم پروتئاز باعث کاهش معنی‌دار دانسیته می‌گردد. کاهش حجم در محصولات حاوی آکارا به دلیل محتوای بالای فیبر رژیمی آن و واکنش متقابل پروتئین گلوآنین و پروتئین آکارا که در طی فرایند تولید به صورت دناتورده درآمده است، می‌باشد که منجر به تضعیف قابلیت نگهداری گاز خمیر در طی پخت می‌شود و این موضوع افزایش مشخص دانسیته در محصول نهایی را سبب می‌شود. به همین دلیل برای بهبود کیفیت محصول نهایی و کاهش اثرات نامطلوب آکارا، از آنزیم پروتئاز در طی این تحقیق بهره گرفته شد. همان‌طور که از نتایج این تحقیق مشخص می‌باشد

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 مقایسه میانگین اثرات متقابل آکارا و آنزیم پروتئاز بر شاخص‌های رنگ بیسکویت می‌باشند.

نان تهیه‌شده با ۱۰ درصد آکارای جایگزین، دارای مغز قرمزتری در مقایسه با نمونه شاهد دارای مغز سفید رنگ می‌باشد و علت افزایش فاکتور a^* را حضور مقادیر بالای پروتئین در آکارا عنوان کردند که در نتیجه آن، واکنش مایلارد یا قهوه‌ای شدن شدت پیدا می‌کند. از طرفی پروتئاز نیز به دلیل تجزیه پروتئین‌ها به آمینواسید باعث شدت بخشی به این واکنش



شکل ۱- تأثیر مستقل جایگزینی آرد گندم با آکارا بر میزان ضخامت (الف)، قطر میانگین (ب)، نسبت پهن شدگی (ج)، دانسیته (د)، سختی (ه) و شاخص‌های رنگ پوسته (و) بیسکویت نیمه شیرین 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 پهن شدگی (ج)، دانسیته (د)، سختی (ه) و شاخص های رنگ پوسته (و) بیسکویت نیمه شیرین میانگین ها با حروف یکسان در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۳- اثر متقابل آرد آکارا و آنزیم پروتاز بر ویژگی های فیزیکی و رنگ بیسکویت

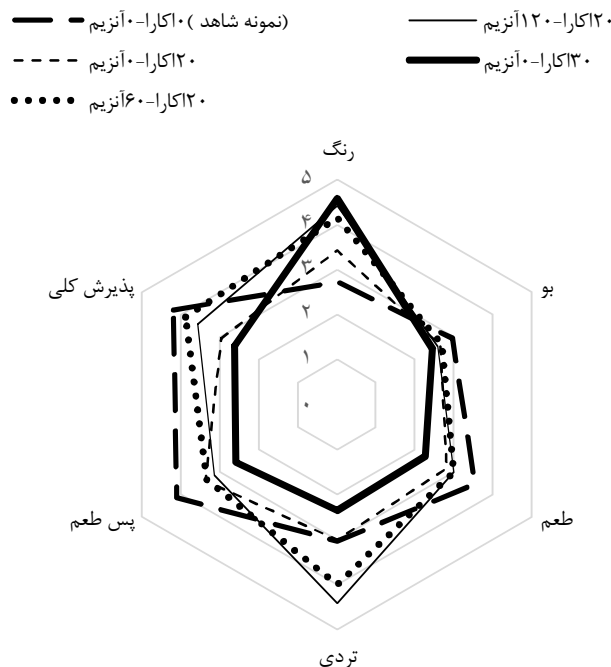
L*	شاخص های رنگ		سختی (گرم نیرو)	دانسیته (گرم/سانتی متر مکعب)	نسبت پهن شدنگی (-)	قطر میانگین (میلی متر)	ضخامت (میلی متر)	آنزیم پروتاز (بی/بی ام)	آکارا (درصد)	تیمارها
	b*	a*								
۸۳/۹۳±۱/۹۳	۴۴/۹۸±۲/۳۷	-۹/۴۴±۲/۳۶	۱۶۶۳/۲۵bcd±۱۷۰/۷۶	۰/۵۴۴±۰/۰۴	۱۰/۱۱ ^{cd} ±۰/۳۲	۴۶۲۴ ^{bcd} ±۰/۳۲	۴/۵۷ ^b ±۰/۱۴	۰	۰	۱
۸۳/۱۶±۲/۳۵	۵۳/۴۹±۱/۹۳	۳/۰۱ ^{fg} ±۱/۰۲	۱۴۲۷/۵ ^{def} ±۱۱۸/۷۹	۰/۴۷±۰/۰۳	۱۰/۳۱±۰/۱۶	۴۶۱۹ ^b ±۰/۵۲	۴/۵۶ ^b ±۰/۰۶	۶۰	۰	۲
۸۰/۱۷ ^{ab} ±۱/۳۲	۵۵/۸۲ ^{de} ±۳/۸۸	۸/۳۴ ^{ef} ±۱/۷	۶۲۴۷ ^{gh} ±۹۵/۱۰	۰/۴۴±۰/۰۳	۱۲/۳۱±۰/۱۱	۱۵۵۱ ^a ±۰/۶۴	۴/۱۶ ^b ±۰/۰۵	۱۲۰	۰	۳
۸/۹ ^{ab} ±۱/۴۳	۵۲/۳۸ ^c ±۱/۳۹	-۱/۴۹ ^g ±۲/۰۸	۱۶۹۶/۰ ^{a-d} ±۱۴/۱۴	۰/۵۶±۰/۰۳	۱۰/۰۷ ^{cd} ±۰/۳۸	۴۶۱۰ ^{bcd} ±۰/۶۹	۴/۵۷ ^b ±۰/۰۷	۰	۱۰	۴
۷۹/۸۰ ^{ab} ±۳/۷۱	۵۲/۳۹ ^c ±۳/۱۸	۲/۱۵ ^g ±۳/۳۸	۱۵۲۹/۵ ^{cde} ±۵۳/۰۳	۰/۵۲±۰/۰۱	۱۰/۰۹ ^{cd} ±۰/۳۰	۴۶۵۸ ^{bcd} ±۰/۹۹	۴/۵۴ ^{bcd} ±۰/۰۷	۶۰	۱۰	۵
۷۷/۲۶ ^{bcd} ±۰/۳۲	۵۷/۶۱ ^{cde} ±۲/۰۶	۱۳/۵۲ ^{de} ±۳/۸۵	۱۰۸۹/۲۵ ^{gh} ±۱۲۹/۷۵	۰/۴۵±۰/۰۰	۱۱/۱۹ ^b ±۰/۵۹	۵۱۱۰ ^a ±۰/۸۷	۴/۱۹ ^d ±۰/۱۹	۱۲۰	۱۰	۶
۶۹/۵۱ ^{de} ±۱/۳۷	۵۵/۴۳ ^{de} ±۲/۹۲	۱۱/۴۵ ^{cde} ±۱/۸۲	۱۸۵۰/۰ ^{ab} ±۹۴/۷۵	۰/۵۸ ^{bcd} ±۰/۰۳	۹/۷۹ ^{de} ±۰/۲۰	۴۶۱۰ ^{bcd} ±۰/۹۳	۴/۷۰ ^a ±۰/۰۰	۰	۲۰	۷
۷۳/۷۷ ^{cd} ±۵/۱۶	۵۶/۸۹ ^{cde} ±۲/۳۷	۸/۷۶ ^{de} ±۲/۷۷	۱۶۸۶/۷۵ ^{a-d} ±۲۱۷/۱۴	۰/۵۷ ^{bcd} ±۰/۰۱	۱۰/۰۰ ^d ±۰/۱۳	۴۶۳۵ ^{bcd} ±۰/۷۰	۴/۶۶ ^{ab} ±۰/۱۲	۶۰	۲۰	۸
۶۷/۶۰ ^{ef} ±۱/۸۵	۶۲/۶۵ ^{abc} ±۲/۸۸	۱۵/۴۵ ^{abc} ±۰/۳۷	۱۲۵۴/۲۵ ^{gh} ±۱۷۵/۰۱	۰/۴۵±۰/۰۱	۱۱/۰۰ ^b ±۰/۱۵	۵۱۱۰ ^a ±۰/۹۴	۴/۲۷ ^c ±۰/۰۳	۱۲۰	۲۰	۹
۶۲/۷۳ ^{gh} ±۰/۴۱	۵۲/۰۰ ^e ±۴/۹۵	۱۲/۴۶ ^{bcd} ±۱/۳۰	۱۸۰۸/۲۵ ^{abc} ±۳۴/۳۹	۰/۶۰ ^{bcd} ±۰/۰۲	۹/۷۰ ^{ef} ±۰/۱۰	۴۶۱۰ ^{bcd} ±۰/۴۳	۴/۷۳ ^a ±۰/۰۱	۰	۳۰	۱۰
۶۳/۱۴ ^{gh} ±۰/۲۰	۵۶/۰۹ ^{cde} ±۵/۲۰	۱۳/۴۳ ^{a-c} ±۲/۴۸	۱۸۲۹/۲۵ ^{ab} ±۱۱۰/۶۶	۰/۵۸ ^{bcd} ±۰/۰۱	۹/۸۱ ^{de} ±۰/۴۰	۴۶۱۰ ^{bcd} ±۱/۴۷	۴/۶۹ ^{ab} ±۰/۱۶	۶۰	۳۰	۱۱
۶۶/۰۷ ^{efg} ±۱/۱۸	۶۴/۷۴ ^{ab} ±۵/۷۴	۱۷/۸۵ ^{ab} ±۴/۲۶	۱۲۸۲/۵ ^{efg} ±۴/۲۴	۰/۴۴±۰/۰۰	۱۰/۰۹ ^b ±۰/۰۸	۵۰۷۸ ^a ±۱/۱۲	۴/۶۳ ^{ab} ±۰/۱۴	۱۲۰	۳۰	۱۲
۶۲/۴۴ ^{gh} ±۱/۱۸	۵۷/۰۰ ^{cde} ±۲/۰۸	۱۴/۰۳ ^{a-d} ±۴/۵۲	۱۹۵۹/۵ ^a ±۹۶/۸۷	۰/۶۴±۰/۰۲	۹/۵۹ ^f ±۰/۰۸	۴۵۲۶ ^c ±۰/۱۷	۴/۷۳ ^a ±۰/۰۲	۰	۴۰	۱۳
۶۵/۵۰ ^{efg} ±۱/۳۳	۶۱/۵۵ ^{bcd} ±۲/۷۱	۱۶/۵۰ ^{abc} ±۰/۹۷	۱۹۳۷/۰ ^{ab} ±۲۵/۸۸	۰/۶۵±۰/۰۲	۹/۷۴ ^{ef} ±۰/۳۱	۴۵۷۲ ^{bcd} ±۱/۴۵	۴/۷۱ ^a ±۰/۰۲	۶۰	۴۰	۱۴
۶۰/۳۸ ^h ±۱/۰۵	۶۸/۴۳ ^h ±۰/۱۶	۱۸/۷۴ ^h ±۳/۱۰	۱۳۷۸/۲۵ ^{efg} ±۴۶۵/۵۱	۰/۴۴±۰/۰۲	۱۰/۰۹ ^b ±۰/۱۰	۵۰۷۸ ^a ±۰/۲۸	۴/۶۳ ^{ab} ±۰/۰۷	۱۲۰	۴۰	۱۵

ارزیابی حسی

شاهد و پس از آن به نمونه حاوی ۲۰ درصد آکارا و ۶۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز تعلق می‌گیرد که از لحاظ فاکتورهای بو، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد ندارد. نمونه حاوی ۳۰ درصد آکارا و بدون آنزیم پروتئاز به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کمترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. در مورد تردی نمونه‌ها، تیمار دارای ۲۰ درصد آکارا جایگزین و ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز به‌طور معنی‌داری بالاترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین تیمار حاوی ۳۰ درصد آکارا جایگزین کمترین امتیاز تردی را در میان سایر تیمارها دارا می‌باشد.

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

پس از انجام ارزیابی‌های کیفی بر نمونه‌ها و بررسی نتایج به‌دست‌آمده، ۵ تیمار که شامل تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۲۰ درصد آکارا و صفر، ۶۰ و ۱۲۰ پی‌پی‌ام آنزیم پروتئاز و نیز تیمار حاوی ۳۰ درصد آرد آکارا جایگزین و بدون آنزیم پروتئاز بودند به‌دلیل بیشترین مشابهت از نظر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده (ابعاد، دانسیته، سختی و شاخص‌های رنگ) با نمونه شاهد، جهت انجام آزمون حسی انتخاب شدند. همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود از بین تیمارهای نامبرده کمترین و بیشترین امتیازی که توسط ارزیاب‌ها به رنگ نمونه‌ها داده شده به ترتیب به تیمار شاهد و تیمار حاوی ۳۰ درصد آرد آکارا جایگزین و بدون آنزیم پروتئاز تعلق می‌یابد. ضمن آنکه امتیاز سایر تیمارها نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد. بالاترین امتیاز برای فاکتورهای بو، طعم، پس‌طعم و پذیرش کلی به نمونه



شکل ۳- مقایسه اثر تیمارهای مختلف روی خصوصیات حسی

مقایسه ترکیبات بهترین نمونه و نمونه شاهد

میزان فاکتورهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در بهترین نمونه و نمونه شاهد بیسکویت در جدول (۴) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود محتوای پروتئین، چربی، فیبر خام، روی و ترکیبات فنولیک تام در بهترین نمونه به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد بیشتر می‌باشد و همچنین افزایش بسیار چشمگیر املاحی همچون کلسیم، منیزیم و پتاسیم در بهترین نمونه قابل توجه می‌باشد که با توجه به بالاتر بودن میزان ترکیبات عنوان شده در آرد آکارا نسبت به آرد گندم این نتایج قابل انتظار می‌باشد. از نظر مقایسه محتوای خاکستر، رطوبت، مس و آهن میان بهترین نمونه و نمونه شاهد، تفاوت معنی‌داری مشهود نمی‌باشد. محتوای کربوهیدرات بهترین نمونه نیز به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد می‌باشد. افزایش قابل توجه پارامترهای تغذیه‌ای بخصوص از نظر 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- مقایسه ترکیبات شیمیایی بهترین نمونه و نمونه شاهد بیسکویت

ویژگی	بهترین نمونه	نمونه 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	۶۸/۶۳ ^a ±۱/۰۸
ترکیبات فنولیک (mgGAE/g)	۲۸/۷۰ ^a ±۰/۰۵	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

با توجه به 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 آکارا استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه به‌کارگیری آکارا 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 نمونه شاهد و همچنین بهبود ویژگی‌های حسی از نظر ارزیابان همچون تردی و رنگ در محدوده بهینه متغیرها از آثار مثبت و قابل توجه این پژوهش در تولید بیسکویت‌های نیمه‌شیرین می‌باشد. در نتیجه بهترین سطح جایگزینی که از نظر ارزیاب‌ها نیز مقبولیت بیشتری داشت، جایگزینی ۲۰ درصد آرد آکارا بر آرد گردید که به جهت برطرف نمودن برخی از آثار نامطلوب آرد آکارا بر بافت، آنزیم پروتئاز می‌تواند به نحو مؤثری به‌کار گرفته شود. از میان سطوح مختلف آنزیم پروتئاز مورد استفاده در این پژوهش، میزان ۶۰ پی‌بی‌ام از این آنزیم آثار مطلوبی را بر بافت بیسکویت‌های نیمه‌شیرین آکارا برجای گذاشت. در نهایت می‌توان اذعان داشت که به‌کارگیری آکارا در صنعت غذا بخصوص صنایع فراورده‌های غلات علاوه بر افزایش ارزش افزوده محصول ثانویه صنعت تولید شیر سویا، بهبود ارزش تغذیه محصولات را به همراه دارد. البته در این راستا 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 می تواند ارزنده باشد.

منابع

- ۱- آذری کیا، ف. و عباسی، س. ۱۳۸۷. تعیین شرایط بهینه استخراج پلی ساکاریدهای محلول از آکارا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۳ (۱): ۴۵-۵۵.
- ۲- افشاری جویباری، ح. و فرحناکی، ع. ۱۳۸۸. امکان استفاده از نرم افزار فتوشاپ برای اندازه گیری رنگ مواد غذایی: بررسی تغییرات رنگ خرمای مضافتی بم در طی رساندن مصنوعی. نشریه پژوهش های 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 ویژگی های فیزیکی شیمیایی بیسکویت قالب غلتکی. فصلنامه علوم و فناوری های نوین غذایی ۱ (۱): ۴۹-۶۴.
- ۴- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۴. روش اندازه گیری پروتئین خام غلات و فراورده های آن. شماره ۲۸۶۳.
- ۵- سازمان ملی استاندارد ایران، ۱۳۷۶. اندازه گیری فیبر خام در فرآورده های کشاورزی، خوراکی (روش عمومی). شماره ۳۹۶۱.
- ۶- مجذوبی، م.، نعمت الهی، ز. و فرحناکی، ع. ۱۳۹۲. تأثیر سبوس گندم تیمار شده به روش هیدروترمال جهت کاهش مقدار اسیدفیتیک بر خصوصیات حسی و فیزیکی بیسکویت. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۸ (۳): ۱۷۱-۱۷۸.
- ۷- نورمحمدی، ا.، پیغمبر دوست، ه. و اولادغفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اربتریتول و لیگوفروکتوز. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷ (۱): ۸۶-۸۷.
- 8- AACC.1999. Approved methods of the American Association of Cereal Chemist.
- 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 crackers. 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., Ruff, 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 extrudates 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 color 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 Zamani¹, 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