www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۱، صفحات ۱۴-۱
Doi: 10.22101/JRIFST.2016.06.01.511

JRIFST

بهینه‌سازی ترکیبات متشکله کیک اسفنجی حاوی اکارا

صبا مرتضوی‌نژاد[1]، هاجر عباسی[1]*، مهشید جهادی[1]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
* نویسنده مسئول (H.Abbasi@Khuisf.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۲۸

واژه‌های کلیدی
سویا
کیک
سلامتی‌بخش

چکیده

اکارا، تفالهٔ حاصل از سویا در مراحل تولید شیر سویا و توفو است که علی‌رغم دارا بودن ارزش غذایی بالا، کاربرد چندانی در صنعت غذا ندارد. این پژوهش، با هدف بهینه‌سازی فرمول کیک اسفنجی تهیه شده از اکارا (۰ تا ۶۶ درصد آرد گندم) و کیوی (۰ تا ۲۵ درصد آرد گندم) با استفاده از طرح آماری سطح پاسخ انجام گرفت. با در نظر گرفتن مهم‌ترین پارامترهای کیفی کیک از جمله رطوبت، دانسیته، تخلخل، رنگ و پروفایل بافت، مناسب‌ترین نسبت اکارا و کیوی در فرمولاسیون کیک اسفنجی به ترتیب ۲۹/۷ و ۱۲/۴۵ درصد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در کیک حاوی اکارا و کیوی، سرعت فرآیند بیاتی به طور معنی‌داری از نمونه شاهد کمتر است و در طی ۱۴ روز نگهداری، پیوستگی بافتی خود را به خوبی حفظ نمود. به‌علاوه فنریت نمونه فوق نیز در مدت نگهداری افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. بنابراین به‌کارگیری مقادیر بهینه اکارا و کیوی در فرمولاسیون کیک اسفنجی علاوه بر بهبود ارزش تغذیه‌ای محصول، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در کاهش سرعت بیاتی آن دارد.

مقدمه

لوبیای سویا، از جمله محصولات کشاورزی با اهمیتی است که در استان‌های گلستان، مازندران، لرستان و اردبیل کاشت می‌شود. یکی از فرآورده‌های پرطرفدار سویا، شیرسویا است که در حدود ۲۰۰۰ سال پیش توسط لیوو اختراع شد. ماهانه بالغ بر ۱۵ تن شیرسویا در ایران تولید می‌شود. روش سنتی تولید شیرسویا شامل خیساندن لوبیای سویا به مدت چند ساعت، شستشو و خرد کردن آن، تهیه دوغاب، فیلتراسیون و حرارت‌دهی مایع عبوری (شیرسویا) از فیلتر می‌باشد (He & Chen, 2013; Aguado, 2010; آذری‌کیا و عباسی، ۱۳۸۷).

به باقی‌مانده جامد حاصل از استخراج شیرسویا، اکارا گفته می‌شود که بسته به تکنولوژی کارخانه می‌تواند از لحاظ ترکیبات و ویژگی‌ها بسیار متنوع باشد. فرایند حرارتی اعمال شده در حین تولید شیرسویا ضمن از بین بردن مواد ضد تغذیه‌ای، به دلیل دناتوره کردن پروتئین‌های نامحلول سویا، استفاده از اکارا در صنعت غذا را با محدودیت همراه ساخته است. ترکیبات اصلی در اکارا خشک شامل؛ فیبر رژیمی (۵۸/۱-۵۲/۸ درصد)، پروتئین (۲۵-۲۸/۴ درصد)، چربی (۱۰/۹-۹/۳ درصد)، کربوهیدرات (۳/۸-۵/۳ درصد)، خاکستر (۳-۳/۷ درصد)، ایزوفلاون‌ها و ...می‌باشد (O'Toole, 1999). لذا، این محصول ثانویه کارخانه شیرسویا از لحاظ تغذیه‌ای بسیار ارزشمند بوده و اثر پری‌بیوتیکی[1] بالقوه‌ای دارد و می‌تواند در

[1] *Prebiotic*

تولید مواد غذایی فراسودمند، با خواصی مفید برای سلامتی مورد استفاده قرار گیرد. سویا در مقایسه با گندم حاوی اسیدآمینه‌هایی ضروری بیشتری است که بشر برای تغذیه به آن نیاز دارد. مصرف پروتئین‌های سویا در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی علاوه بر تأمین اسیدآمینه‌های بدن، در کاهش چشمگیر غلظت سرم کل، LDL کلسترول و تری‌گلیسرید مؤثر است (Aguado, 2010; He & Chen, 2013). محدودیت‌های مصرف اکارا از جمله میزان بالای رطوبت (۷۰-۸۰ درصد) و ماندگاری کوتاه آن در یخچال و همچنین حلالیت پایین در سیستم‌های غذایی به دلیل دناتوره شدن پروتئین‌های موجود طی فرایند تولید، منجر شده در بیشتر کشورها تنها برای خوراک دام مورد استفاده قرار گیرد (Molina Ortiz & An, 2000). البته تاکنون مطالعات متعددی در زمینه نگهداری اکارا در سردخانه‌ها، به کار بردن مکانیسم‌های متعدد خشک کردن، استفاده از اسید لاکتیک باکتری‌ها و آنزیم‌ها، به منظور افزایش ماندگاری و بهبود خواص عملکردی اکارا صورت گرفته است (O'Toole, 1999).

به‌علاوه مطالعات چندی در زمینه به‌کارگیری اکارا در محصولات غذایی نیز وجود دارد. Da Silva و همکاران (۲۰۰۹) با جایگزین کردن مقادیر ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد آرد اکارا به آرد گندم در فرمولاسیون تولید نان، به این نتیجه رسیدند که برای تهیه محصولی با ویژگی‌های مناسب، بهترین میزان جایگذاری آرد اکارا ۱۰ درصد است (Da Silva *et al.*, 2009). طبق گزارش‌های Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز مناسب‌ترین فرمولاسیون برای نودل حاوی اکارا، ۲۵ درصد پودر اکارا، ۷۵ درصد آرد گندم، ۳ درصد گلوتن، ۰/۴ درصد کربوکسی متیل سلولز، ۰/۲ درصد آرد کنیاک و ۱ درصد نمک گزارش شده است. وی همچنین بیان کرد افزایش میزان اکارا (۰ تا ۴۰ درصد) به نان بخارپز، در قابلیت جویدن و سفتی آن تأثیرگذار است. فرمولاسیون مناسب برای تولید نان بخارپز ترکیب ۸۵ درصد آرد گندم، ۱۵ درصد پودر اکارا و ۱ درصد گلوتن معرفی شد (Lu *et al.*, 2013).

کیوی منبع بسیار خوبی از فولات، پتاسیم، کلسیم، آهن، ویتامین C، فیبر، آنتی‌اکسیدان و... است (خزایی‌پول و همکاران، ۱۳۹۳؛ Singletary, 2012). به‌علاوه این میوه دارای مقدار قابل ملاحظه‌ای پروتئاز (خصوصاً سیستئین پروتئاز اکتینیدین) است که در تردکردن گوشت و همچنین بهبود پایداری امولسیونی پروتئین‌ها مؤثر است (کوشیار و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خصوصیات عملکردی ایزوله‌ی پروتئینی بدست‌آمده از اکارا، از جمله ویژگی‌های امولسیفایری، کف‌کنندگی و قابلیت نگهداری آب آن در مجاورت پاپایین به عنوان یک منبع پروتئاز به نحو چشمگیری بهبود می‌یابد (Molina Ortiz & An, 2000). لذا، در این پژوهش از کیوی به منظور بهبود حلالیت و عملکرد پروتئین‌های اکارا در محصول استفاده گردید.

میان وعده‌های غذایی در حدود ۴۰ درصد نیاز انرژی روزانه دانش‌آموزان ایرانی را تأمین می‌کنند و غنی‌سازی آنها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود ارزش تغذیه‌ای جوامع دارد (کریمی شاهنجرینی و همکاران، ۱۳۸۸). کیک، یکی از پرطرفدارترین میان وعده‌ها بر پایه غلات است. هدف از این پژوهش جایگزین کردن اکارا با آرد گندم و بهبود خصوصیات آن توسط آنزیم‌های پروتئازی کیوی است. در این حالت علاوه بر به‌کارگیری محصول ثانویه شیر سویا در صنعت غذا، به فرمول بهینه کیک اسفنجی با ویژگی‌های فراسودمند تغذیه‌ای دست می‌یابیم.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد نیاز در فرمولاسیون کیک اسفنجی عبارت‌اند از آرد نول (۷۳ درصد استخراج) ۱۰۰٪، روغن مایع آفتابگردان (لادن) ۲۵٪، شکر ۱۴۰٪، تخم‌مرغ ۱۸۰٪، بیکینگ‌پودر (گل‌وش) ۱٪، وانیل (به تام پودر) ناچیز و کیوی، از مغازه‌های سطح شهر و اکارا از شرکت سوی‌میلک واقع در منطقه صنعتی جی اصفهان خریداری گردید. در جدول ۱ ویژگی‌های آرد و اکارا مورد استفاده در فرمولاسیون آورده شده است.

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی آرد و اکارا مورد استفاده در تهیه کیک اسفنجی (۱۰۰ گرم ماده خشک/گرم)

	فیبر خام	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر	گلوتن مرطوب
اکارا	۱۷/۵۶±۱/۰۲	۳۶/۷۴±۱/۰۷	۲۱/۴۹±۰/۳۵	۷۲/۷۸*±۰/۲۵	۳/۰۱±۰/۰۵	-
آرد گندم	۱/۰۰±۰/۰۵	۱۲/۸۷±۰/۷۹	۰/۱۱±۰/۰۰	۱۲/۵۹*±۱/۱۴	۰/۴۵±۰/۱۷	۷/۲۰±۰/۶

*: بر مبنی گرم در ۱۰۰ گرم ماده مرطوب

تهیه خمیر کیک

در این مرحله، ابتدا زرده تخم‌مرغ به همراه شکر و وانیل به مدت ۱ دقیقه (۲۰ ثانیه با دور سه همزن و ۴۰ ثانیه با دور چهار) برای رسیدن به یک بافت کرمی با همزن برقی ۳۵۰ وات مخلوط شد. سپس آب و بعد روغن به مخلوط حاصل افزوده و هر کدام به مدت ۳۰ ثانیه با دور چهار همزن همزده شدند. در مرحله بعد، اکارا و کیوی که به مدت ۹۰ دقیقه در دمای محیط قرار داشتند افزوده و در نهایت آرد و بیکینگ‌پودر ۳ بار الک شده، به مخلوط مایع به صورت تدریجی افزوده شد. همزن با دور ۲ برای یک دست کردن مواد به مدت ۱ دقیقه استفاده شد. در نهایت، سفیده تخم‌مرغ با یک همزن تمیز و خشک به مدت ۱ دقیقه (۲۰ ثانیه اول با دور سه و ۴۰ ثانیه بعد با دور چهار همزن) تا رسیدن به یک بافت سفید و کف مانند همزده شد. در انتها، سفیده توسط یک همزن دستی (لیسک) با خمیر به صورت دورانی (به منظور حفظ حالت کف) به مدت ۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه مخلوط گردید. خمیر کیک داخل ظرف‌های آلومینیومی حاوی کاغذ روغنی چرب شده ریخته و پخت آن در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه و در ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۵ دقیقه صورت گرفت. بعد از اتمام زمان پخت، نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای محیط خنک و در نهایت داخل کیسه‌های نایلونی بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (Takeda, 1994).

آزمون‌های ارزیابی کیفی کیک اسفنجی

حجم و دانسیته ظاهری کیک

حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا و دانسیته ظاهری آن با اندازه‌گیری نسبت وزن به حجم محاسبه شد (AACC10-05).

رنگ کیک

آنالیز رنگ کیک در روز اول پخت از طریق تعیین سه شاخص L^*، a^*، b^* انجام گرفت. به این منظور با استفاده از جعبه مخصوص رنگ‌سنجی (محفظه نوری) از نمونه‌های کیک اسفنجی که سطح‌رویی آنها برداشته شده بود و کارت‌های رال با دوربین مدل پاناسونیک TZ5 و ۹ پیکسل عکس‌برداری شد. سپس عکس‌ها به نرم‌افزار فتوشاپ ۸ انتقال یافت. نمودارهای استاندارد مربوطه ترسیم و شاخص‌های L^*، a^*، b^* تک‌تک نمونه‌ها محاسبه شد (افشاری جویباری و فرحناکی، ۱۳۸۸).

بافت سنجی

آنالیز پروفایل بافت از روش‌های بسیار متداول در آنالیز مکانیکی بافت مواد غذایی است که همبستگی خوبی با داده‌های ارزیابی حسی دارند. آنالیز بافت نمونه‌ها توسط دستگاه LFRA Texture (Brookfield) Analyzer مطابق روش (AACC،۷۴-۰۹) انجام شد. فشردن بافت نمونه‌ها توسط پروبی با قطر ۳۸/۱ میلی‌متر، طول ۲۰ میلی‌متر و سرعت ۰/۸ میلی‌متر بر ثانیه، تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه (نقطه هدف ۱۲/۵ میلی‌متر) در دو مرحله رفت و برگشت صورت گرفت. منحنی نیرو-زمان حاصل برای تعیین خصوصیاتی مانند سختی، پیوستگی، چسبندگی، فنریت، حالت صمغی و قابلیت جویدن مورد استفاده قرار گرفت (Lin & Lee, 2005).

اندازه‌گیری تخلخل

تخلخل نمونه‌ها در روز اول پس از پخت مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور برشی از مغز کیک به مساحت ۷۰۲/۶ میلی‌مترمربع تهیه و توسط دستگاه اسکنر مدل Laserjet 1536 BMF-MFTHp با وضوح

۱۲۰۰ پیکسل اسکن شد و با استفاده از نرم‌افزار ImageJ درصد تخلخل بافتی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

روش ارزیابی آماری

برای تعیین فرمولاسیون تیمارها (جدول ۲) و تجزیه و تحلیل نتایج از روش آماری سطح پاسخ به کمک نرم‌افزار مینی‌تب[1]، با در نظر گرفتن ۵ نقطه مرکزی استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل اکارا در دامنه (۶۶-۰ درصد) و کیوی در دامنه (۲۵-۰ درصد) نسبت به وزن آرد و متغیرهای وابسته بررسی شده شامل حجم، تخلخل، رنگ و ارزیابی بافت در نظر گرفته شدند. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می‌شود و اثرات اصلی و متقابل متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار می‌گیرد. بنابراین به منظور حصول مدل‌های تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، روابط خطی و چند جمله‌ای درجه دوم بر داده‌های بدست‌آمده از آزمایش‌ها برازش شدند. سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفته و مدل مناسب گزینش گردید.

بهینه‌سازی بر اساس مهم‌ترین پارامترهای کیفی کیک شاهد (رطوبت، حجم و سفتی) صورت گرفت. نمونه بهینه تولید و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شد. کمیت‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر حاصل از معادلات پیشنهادی بدست‌آمده مقایسه و توسط رابطه ۱ مورد اعتبارسنجی قرار گرفتند.

رابطه (۱)

$$\text{درصدخطا} = \frac{(\text{عدد اپتیمم شده}) - (\text{عدد واقعی بدست‌آمده})}{\text{عدد واقعی بدست‌آمده}} * ۱۰۰$$

در نهایت، مقایسه پارامترهای کیفی و روند بیاتی نمونه بهینه و شاهد در غالب طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین آنها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار[2] توسط نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

جدول ۲. تیمارهای به کار گرفته شده در فرمولاسیون کیک اسفنجی

تیمار	کیوی (درصد)	اکارا (درصد)
۱	۳/۶۵	۱۰/۰۰
۲	۳/۶۵	۵۷/۵
۳	۲۱/۵۰	۱۰/۰۰
۴	۲۱/۵۰	۵۷/۵۰
۵	۱۲/۵۸	۰/۱۶
۶	۱۲/۵۸	۶۶/۱۵
۷	۰/۰۰	۳۳/۷۵
۸	۲۵/۲۰	۳۳/۷۵
۹	۱۲/۵۸	۳۳/۷۵
۱۰	۱۲/۵۸	۳۳/۷۵
۱۱	۱۲/۵۸	۳۳/۷۵
۱۲	۱۲/۵۸	۳۳/۷۵
۱۳	۱۲/۵۸	۳۳/۷۵

نتایج و بحث

رطوبت کیک

نتایج بررسی رطوبت کیک و تجزیه و تحلیل آماری آن نشان می‌دهد که مقدار اکارا و کیوی بر محتوی رطوبت نهایی کیک مؤثر است. مطابق رابطه (۲) تأثیر مجذور کیوی (B) و اکارا (A) بر رطوبت محصول مثبت و معنی‌دار برآورد شده است. به این معنی که افزایش مقدار اکارا و کیوی باعث افزایش رطوبت نهایی کیک شد. علت این افزایش رطوبت را می‌توان به قابلیت جذب بالای آب در اکارا مربوط دانست. فعالیت پروتئازی کیوی نیز با هیدرولیز اتصالات پپتیدی پروتئین موجب بهبود حلالیت پروتئین اکارا می‌شود که این امر در بهبود جذب و نگهداری آب محصول به دلیل افزایش جذب آب پروتئین بسیار مؤثر است. شکل (۱- الف) تصویر سه‌بعدی تأثیر دو متغیر مورد نظر بر رطوبت کیک را نمایش می‌دهد. بر اساس گزارش‌های بدست‌آمده از Da Silva و همکاران (۲۰۰۹) نیز، جایگزین کردن آرد اکارا به آرد گندم برای تولید نان، افزایش رطوبت نهایی محصول را موجب می‌شود. قابل ذکر است که مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۳ اثرات خطی هر دو فاکتور مستقل بر مقدار رطوبت کیک بی‌معنی است و اثر متقابل دو پارامتر نیز به دلیل عدم معنی‌داری و به منظور افزایش

[1] Minitab
[2] *Least significant difference (LSD)*

ضریب تشخیص مدل نهایی در مرحلهٔ قبل حذف گردید.

رابطه (۲)

$$Moisture = 13.79 + 0.0003A^2 + 0.027B^2$$

حجم کیک

افزایش اکارا و کیوی باعث کاهش حجم و افزایش دانسیته محصول شد (شکل ۱- (ب)). ضرایب تأثیر متغیرها در رابطه (۳) آورده شده است. علت این مشاهده، تأثیر منفی اکارا بر انسجام شبکه گلوتنی خمیر است. به‌علاوه، به دلیل وجود فیبر بالای موجود در اکارا، آب سریع‌تر جذب آن شده و نشاسته آب کافی برای ژلاتیناسیون در اختیار ندارد. این دو عامل موجب کاهش حجم محصول تولیدی می‌شود. گزارش‌های دیگری مبنی بر کاهش تخلخل و حجم مخصوص نان بخارپز در اثر افزودن ۲۵٪ اکارا و بهبود آن با افزایش ۱/۵-۰/۵ درصد گلوتن وجود دارد (Lu *et al.*, 2013). نتایج ارائه شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر خطی اکارا بر این فاکتور بی‌معنی است و اثرات مجذور کیوی و متقابل دو پارامتر به دلیل تأثیر بی‌معنی در حجم کیک در مراحل اولیه مدل‌سازی حذف گردیدند.

رابطه (۳)

$$Volume = 111.693 - 1.495B - 0.006A^2$$

رنگ کیک

بر اساس رابطه ۴ و شکل ۱-(ج) بدست‌آمده برای مؤلفه قرمزی (a^*) محصول، مشاهده شد که افزایش اکارا و کیوی اثری افزایشی بر این شاخص رنگی محصول دارد. اثرات اصلی هر دو متغیر بر مؤلفه قرمزی کیک مثبت و معنی‌دار و اثر متقابل آنها بی‌معنی است. این در حالی است که اثر متغیرها بر پارامتر b^* کاملاً بی‌معنی ($P>0.05$) است. به‌علاوه نتایج آزمون رنگ سنجی نشان می‌دهد که افزایش اکارا باعث کاهش شاخص L^* نمونه‌ها می‌شود. البته به دلیل پایین بودن ضریب تشخیص مؤلفه L^* ($R^2<80\%$) از آوردن رابط آن صرفه نظر شده است. این ویژگی به پروتئین زیاد موجود در اکارا و شرکت آن در واکنش مایلارد (توسعه رنگ قهوه‌ای) مربوط می‌شود. طبق گزارش‌های Xie و همکاران (۲۰۰۸) نیز قرمزی (a^*) و زردی (b^*) کیک تهیه شده از مخلوط آرد برنج و اکارا به طور چشمگیری با افزایش مقدار اکارا افزایش می‌یابد. Wickramarathna و Arampath (۲۰۰۳) نیز گزارش کردند که مغز نان تهیه شده با ۱۰٪ اکارا دارای شاخص قرمزی بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد است (Wickramarathna & Arampath, 2003; Xie *et al.*, 2008).

رابطه (۴)

$$a^* = 0.27A + 0.31B - 0.003A^2$$

تخلخل کیک

گلوتن، پروتئین منحصربه‌فرد گندم، مسبب اصلی حفظ و نگهداری گازهای ایجاد شده در خمیر است. به این ترتیب، تخلخل کیک تولید شده با اکارا به دلیل کاهش نسبی گلوتن در خمیر، روندی نسبتاً نزولی را نشان می‌دهد. Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاهش تخلخل را در اثر افزایش میزان اکارا (۲۵ درصد) بر نان گزارش کرده‌اند. با افزودن کیوی به اکارا، تخلخل کیک تولید شده، افزایش معناداری را نشان می‌دهد (شکل ۱-(د)). علت این مشاهده، افزایش حلالیت پروتئین اکارا در مجاورت آنزیم‌های پروتئازی کیوی است که باعث کاهش اندازه مولکول‌های پروتئین و افزایش بارها و گروه‌های قطبی آن می‌شود. کوچک‌تر شدن پروتئین‌های سویا باعث بهبود قرارگیری آنها در لایه‌های اطراف حباب‌های گازی می‌شوند و به این صورت با افزایش قابلیت اتساع حباب‌ها به افزایش تخلخل کیک کمک می‌کنند. نتایج پژوهش Molina oritz و An (۲۰۰۰) نیز بیانگر اصلاح ایزوله پروتئین سویا بدست‌آمده از اکارا با پاپایین، و بهبود حلالیت پروتئین آنهاست (Molina oritz & An, 2000). رابطه ۵ نشان‌دهنده ضرایب تأثیر متغیرها بر تخلخل محصول است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اثرات خطی، مجذور و متقابل متغیرهای مستقل بر این پارامتر معنی‌دار است.

رابطه (۵)

$$\%Prosity = (21.8 + 0.27A + 2.35B - 0.0012A^2 - 0.046B^2 + 0.012AB)$$

آنالیز پروفایل بافت

سفتی بافت، بیانگر مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری است. افزایش در مقدار کیوی و اکارا، روند کاهشی اولیه‌ای را در سفتی بافت کیک نشان می‌دهد که بعد از رسیدن به نقطهٔ کمینه، روندی صعودی را طی می‌کند. علت کاهش نسبی سفتی کیک در مقادیر اندک اکارا، وجود پروتئین و فیبر زیاد موجود در اکارا دانست که به واسطه قدرت جذب آب زیادی که دارند از سفتی بافت کیک می‌کاهند. ضرایب رابطه ۶ نشان می‌دهند که اثرات خطی، مجذور و متقابل پارامترهای مورد بررسی بر سفتی بافت کیک معنی‌دار است. اثر کیوی در کاهش سفتی بافت بیش از اکارا است. آنزیم‌های پروتئازی کیوی با اصلاح پروتئین‌های اکارا باعث کاهش اندازه مولکول‌ها و افزایش بار و گروه‌های قطبی و بهبود جذب آب آنها می‌شوند. Molina Ortiz و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که انکوباسیون ۹۰ دقیقه‌ای ایزوله پروتئین اکارا با پاپایین موجب بهبود حلالیت ۴۸ تا ۶۸ درصدی پروتئین اکارا می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱-(ه) مشاهده می‌شود افزایش بیشتر هر دو متغیر با تأثیر سوء بر انسجام و قابلیت گلوتن در حفظ حباب‌های هوای موجود در خمیر، موجب کاهش حجم هوا در محصول و افزایش سفتی آن می‌شوند.

رابط (۶)

$$Hardness = (297.867 - 38.424A - 96.497B + 6.487A^2 + 23.052B^2 - 7.415AB)$$

پیوستگی، بیانگر مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به برهم‌کنش‌های درون مولکولی اجزای فرمولاسیون بستگی دارد. با افزایش در میزان اکارا، به دلیل کاهش انسجام شبکه گلوتنی، پیوستگی بافت کیک کاهش می‌یابد (رابطه ۷). همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، اثرات خطی و مجذور کیوی و متقابل دو متغیر به دلیل عدم معنی‌داری حذف گردید و در مدل حاصل نیز اثر خطی اکارا بر پیوستگی بافت کیک بی‌معنی برآورد شده است.Chang و همکاران (۲۰۱۴) نیز در اثر افزودن اکارا به گوشت خوک برای تهیه ژل، شاهد کاهش پیوستگی بافت نمونه‌ها با افزایش مقدار اکارا بودند. کاهش چشمگیر پیوستگی بافت در مطالعات دیگر دانشمندان بر برگرهای گوشت گوساله و نان حاوی اکارا نیز گزارش شده است (Da Silva *et al*., 2009; Turhan *et al*., 2007).

رابطه (۷)

$$(Cohesiveness = 0.722 - 0.002A^2)$$

چسبندگی، معرف مقدار کار لازم برای غلبه بر نیروهای جاذبه بین سطح ماده غذایی و سطوح در تماس با آن است. افزودن اکارا و همچنین کیوی به دلیل افزایش رطوبت محصول باعث افزایش کمیت چسبندگی بافت آنها می‌شوند (شکل ۱- (و)). همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، در مدل حاصل تأثیر خطی کیوی بر چسبندگی کیک بی‌معنی است و اثرات مجذور اکارا و متقابل دو فاکتور، به دلیل عدم معنی‌داری حذف گردیدند. ضرایب تأثیر متغیرها بر این فاکتور در رابطه ۸ نمایش داده شده است. Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز چسبندگی بالایی را در نان‌های بخارپز تهیه شده با اکارا گزارش کردند.

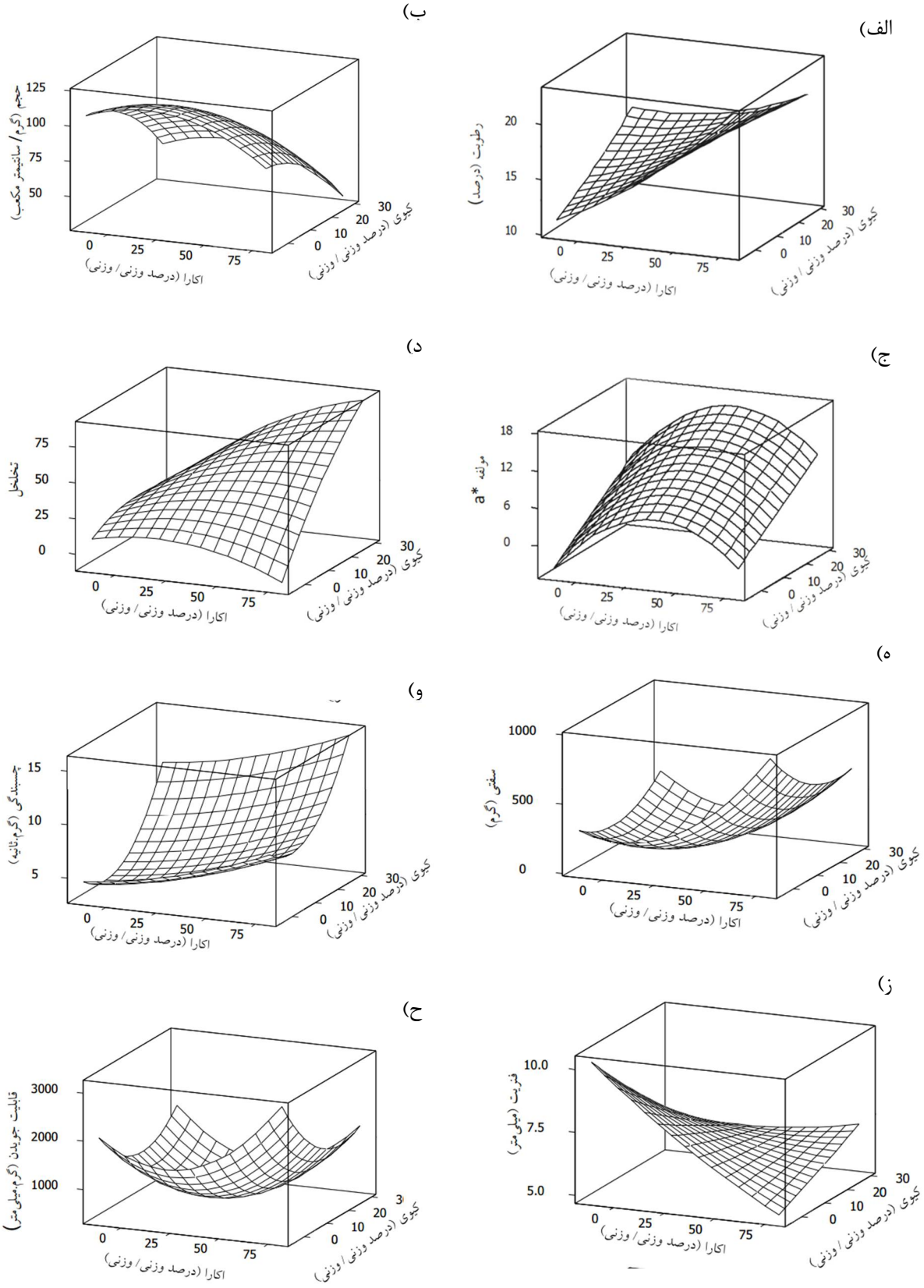
رابطه (۸)

$$(\mathrm{Adhesiveness} = 3.72 + 0.047\mathrm{A} + 0.011\mathrm{B}^2)$$

مقدار بازگشت ماده غذایی تغییر شکل یافته به شرایط اولیه، پس از حذف نیرو در آنالیز پروفایل بافت محصول را با اصطلاح فنریت توصیف می‌کنند که بیانگر میزان خاصیت الاستیک نمونه است. از آنجایی که بیشتر خصوصیات خمیر از جمله قابلیت نگهداری گاز، الاستیسیته و انسجام آن به گلوتن موجود در گندم برمی‌گردد و اکارا فاقد گلوتن است، افزودن اکارا و کیوی باعث کاهش چشمگیر این ویژگی در بافت می‌شود (Lu *et al*, 2013; Chang *et al*, 2014) (شکل ۱-(ز)). ضرایب تأثیر متغیرهای مستقل بر این پارامتر در رابطه (۹) آورده شده است. قابل ذکر است که اثرات خطی و متقابل متغیرهای مستقل بر این ویژگی معنی‌دار و اثرات مجذور هر دو متغیر به دلیل بی‌معنی بودن و به منظور افزایش ضریب تشخیص مدل حاصل حذف گردیدند.

رابطه (۹)

$$(\mathrm{Springiness} = 8.95 - 0.06A - 0.1B + 0.002AB)$$



شکل۱. تصاویر سه بعدی سطح پاسخ مربوط به تغییرات الف) رطوبت، ب) حجم، ج) مؤلفه a* رنگ، د) تخلخل، ه) سفتی بافت، و) چسبندگی، ز) فنریت و ح) قابلیت جویدن در کیک‌های اسفنجی تهیه شده با اکارا و کیوی

جدول ۳- ضرایب رگرسیونی و تشخیص متغیرهای وابسته

ضرایب	رطوبت (درصد)	حجم (گرم/سانتیمتر مکعب)	a^* (-)	تخلخل (درصد)	سفتی (گرم)	پیوستگی (-)	چسبندگی (گرم.ثانیه)	قابلیت جویدن (گرم.میلی‌متر)	فنریت (میلی‌متر)
ثابت	۱۳/۷۸*	۱۱۱/۶۹*	۱/۹۲ns	۱۹/۷*	۲۹۷/۸۶*	۰/۷۲*	۳/۷۲*	۱۲/۱۵*	۸/۹۵*
A	۰/۰۰۸ns	۰/۱۷ns	۰/۲۷*	۰/۳۲*	-۳۸/۴۲*	۰/۰۰۴ns	۰/۰۴۷*	-۲۳/۹۶*	-۰/۰۶*
B	-۰/۰۳۱ns	-۱/۴۹*	۰/۳۱*	۱/۲۱*	-۹۶/۴۹*	-	-۰/۱۰۲ns	-۷۸/۵۳*	-۰/۱*
AB	-	-	-	۰/۰۲۷*	-۷/۴۱*	-	-	-	۰/۰۰۲*
A2	۰/۰۰۰۳*	-۰/۰۰۶*	-۰/۰۰۳*	-۰/۰۰۵*	۶/۴۸*	-۰/۰۰۲*	-	۰/۴۵*	-
B2	۰/۰۰۲۷*	-	-	-۰/۰۲۷*	۲۳/۰۵*	-	۰/۰۱۱*	۲/۲۲*	-
R2	۹۴/۷	۸۹	۸۲/۶	۹۹/۸	۹۶/۳	۸۵/۶	۸۷/۹	۸۸/۸	۷۴/۳
P value	۰/۰۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۰۲	۰	۰	۰/۰۱۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴
R2(adj)	۸۹/۳	۸۵/۴	۷۶/۸	۹۹/۷	۹۳/۷	۸۲/۷	۸۳/۸	۸۳/۲	۶۵/۷
P value (lack-of-it)	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۰۹	۰/۰۵۷	۰/۰۳۵	۰/۶۶	۰/۲	۰/۸۳

ns: معنی‌دار نیست

* معنی‌دار در سطح ۵ درصد

Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز اثر کاهش فنریت نودل های دارای مقادیر بیش از ۱۵ درصد اکارا را گزارش نمودند.

قابلیت جویدن، نمایانگر انرژی لازم برای جویدن ماده غذایی جامد تا دستیابی به محصولی آماده برای بلع است که از حاصل‌ضرب کمیت‌های سفتی در پیوستگی و فنریت نمونه حاصل خواهد شد. مطابق

به غیر از اثر متقابل دو متغیر که به دلیل بی‌معنی بودن حذف گردید، سایر اثرات خطی و مجذور متغیرها بر این ویژگی کیک معنی‌دار است. نتایج متفاوتی در زمینه اثر افزودن اکارا بر قابلیت جویدن محصولات مختلف وجود دارد. Da Silva و همکاران (۲۰۰۹) اثر افزودن اکارا به نان بر قابلیت جویدن آن را افزایشی گزارش نمودند. Lu و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند با افزودن پودر اکارا تا ۲۰ درصد، قابلیت جویدن نودل‌ها افزایش داشته است. آنها همچنین با افزایش میزان اکارا (۰ تا ۴۰ درصد) به نان بخارپز، اثرات متفاوتی را در قابلیت جویدن و سفتی آن گزارش کردند.

رابطه (۱۰)

$$(Chewiness = 12.15 - 23.96A - 78.53B + 0.45A^2 + 2.22B^2)$$

نتایج (شکل ۱-(ح)) و رابطه (۱۰) بدست‌آمده، افزودن اکارا و کیوی روندی کاهشی در قابلیت جویدن را نشان می‌دهد که بعد از رسیدن به حد کمینه‌ای، مشابه روند مشاهده شده در سفتی کیک، شروع به افزایش می‌یابد. اثر مقادیر کیوی، با توجه به تأثیر آن بر ویژگی‌های پروتئین، بر کاهش قابلیت جویدن بافت کیک بیشتر از تأثیر اکارا است.

در جدول ۳، مجموع ضرایب رگرسیونی اثرات خطی، مجذور و متقابل متغیرهای مستقل و همچنین ضرایب تشخیص مدل‌های مربوط به ۹ متغیر وابسته آورده شده است.

بهینه‌سازی فرمول و اعتبارسنجی مدل

با انجام مدل‌سازی بر اساس مهم‌ترین پارامترهای کیفی کیک، مناسب‌ترین میزان اکارا و کیوی در فرمولاسیون کیک اسفنجی به ترتیب ۲۹/۷٪ و ۱۲/۴۵٪ برآورد شد. نمونه بهینه تولید، پارامتر کیفی مورد نظر در آن اندازه‌گیری و کمیت‌های اندازه‌گیری شده با مقادیر حاصل از معادلات پیشنهادی بدست‌آمده مقایسه و اعتبارسنجی مدل صورت گرفت. جدول ۴ پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در کیک اسفنجی بهینه و درصد خطای مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۴- پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در کیک اسفنجی بهینه

متغیرها	اندازه‌گیری شده	پیش‌بینی شده	خطا(٪)
رطوبت (درصد)	۱۴/±۱/۱	۱۳/۹	۰/۹
حجم (سانتیمتر مکعب)	۱۰۶/۸±۷/۱	۱۰۷/۷	۰/۹
سفتی (گرم)	۹۷/۲±۱۳/۶	۹۳/۶	۳/۸

مقایسه ویژگی‌های کیک اسفنجی غنی‌شده با نمونه شاهد

نتایج بررسی و مقایسه ویژگی‌های کیک اسفنجی تهیه شده با اکارا و کیوی بر مبنی فرمولاسیون بهینه با کیک اسفنجی شاهد (کیک تهیه شده با آرد گندم) در جدول ۵ نشان می‌دهد که تیمار حاوی اکارا و کیوی به لحاظ حجم و L* با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد ($P\leq$۰/۰۵)، ولی میزان رطوبت، تخلخل، a* و b* کیک اسفنجی حاوی اکارا و کیوی به طور معناداری از نمونه شاهد بیشتر است ($P\leq$ ۰/۰۵).

جدول ۵- نتایج بررسی ویژگی‌های کیک اسفنجی تهیه شده با اکارا و کیوی با نمونه شاهد

تیمار	رطوبت (درصد)	حجم (گرم/سانتیمتر مکعب)	تخلخل (درصد)	a*	b*	L*
نمونه بهینه	۱۴/۱ ^{a}±۰/۱	۱۰۶/۷۶ ^{a}±۷/۱	۴۶/۳۲ ^{a}±۲/۳	۹/۴۵ ^{a}±۲/۶	۵۰/۵ ^{a}±۷/۲	۷۷/۳ ^{a}±۱/۷
نمونه شاهد	۱۳/۵ ^{b}±۰/۴	۱۰۰/۳۸ ^{a}±۳/۴	۴۴/۰۹ ^{b}±۸/۳	۵/۲۵ ^{b}±۰/۲	۴۳/۶^{b}±۰/۱	۷۸/۷ ^{a}±۰/۱۷

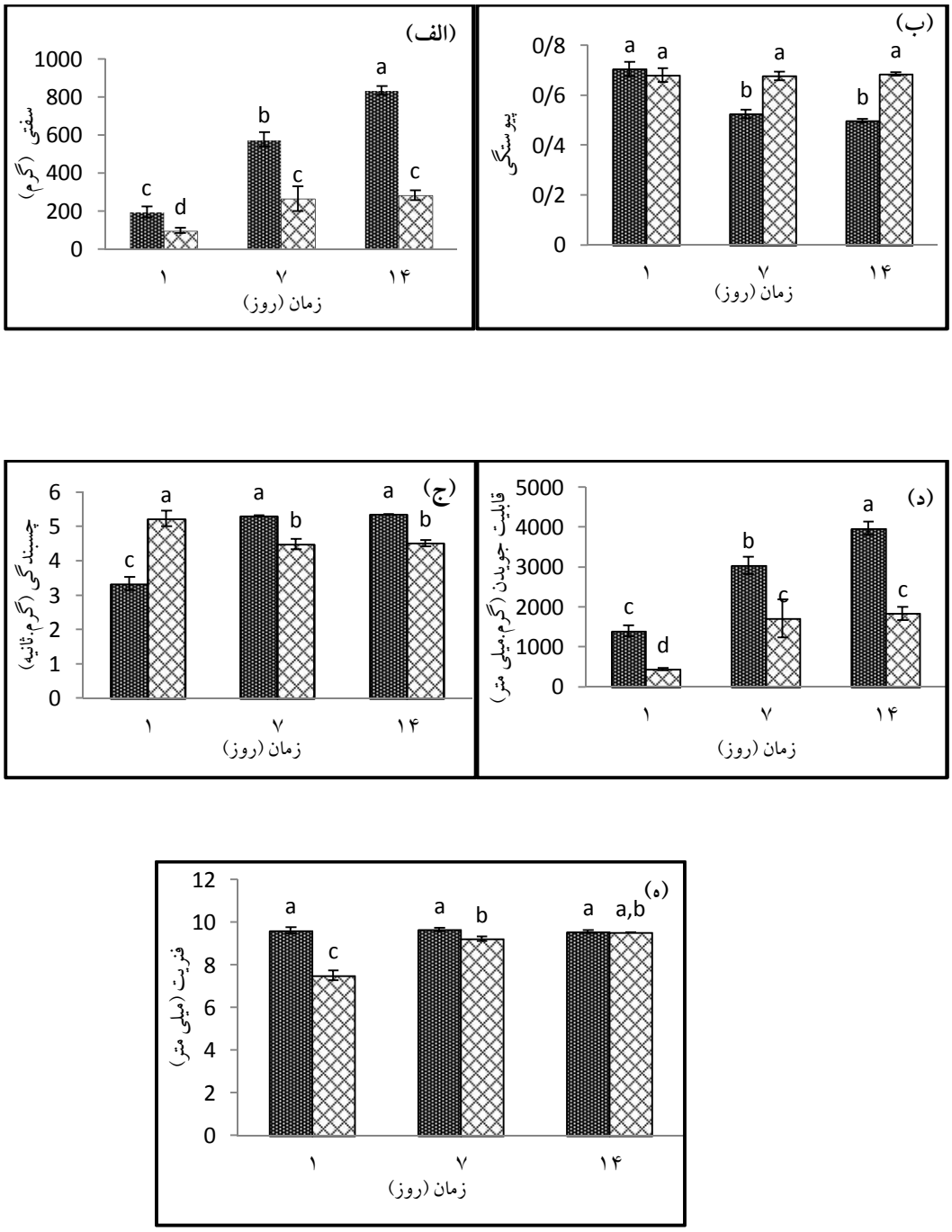
$P\leq$۰/۰۵

سفتی کیک تهیه شده با اکارا و کیوی به طور معنی‌داری از کیک اسفنجی شاهد کمتر است (شکل ۲-الف). بررسی ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها در طی چهارده روز ماندگاری نشان می‌دهد که در هر دو نمونه، روند تغییرات سفتی در طی مدت زمان ماندگاری صعودی است ولی سرعت افزایش آن در نمونه بهینه به مراتب کمتر از نمونه شاهد است به نحوی که پس از چهارده روز نگهداری، سفتی بافت نمونه بهینه تقریباً معادل نمونه شاهد است.

با توجه به (شکل ۲-ب)، پیوستگی بافت کیک شاهد و نمونه تفاوت معنی‌داری در روز اول تولید ندارند. اما در روزهای هفتم و چهاردهم پس از پخت، پیوستگی بافتی نمونه کیک دارای اکارا و کیوی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد است ($P\leq$۰/۰۵). این مشاهده به دلیل ویژگی‌های خاص پروتئین‌های هیدرولیز شده سویا در مجاورت آنزیم‌های پروتئازی کیوی و البته فیبر بالای موجود در آن است که با جذب آب و هیدراته شدن کامل در بهبود پیوستگی بافت کیک تأثیر دارد. از آنجایی که پیوستگی بافتی نقش مهمی در بهبود پذیرش محصول توسط مصرف‌کننده دارد، لذا عدم کاهش چشمگیر پیوستگی نمونه بهینه در طی زمان نگهداری، بیانگر حفظ انسجام بافتی محصول و تحمل تنش‌های احتمالی در حین انتقال به بازار مصرف تا رسیدن به دست مصرف‌کننده است.

در هر دو تیمار با گذشت زمان و تسریع فرایند بیاتی، روندی صعودی در قابلیت جویدن کیک مشاهده می‌شود، ولی قابلیت جویدن در کیک شاهد به صورت معناداری از نمونه دارای اکارا بیشتر است. این مشاهده به دلیل افزایش سفتی بافت نمونه شاهد در مقایسه با نمونه دارای اکارا و کیوی است (شکل ۲-ج). بنابراین مطالعات بافت‌سنجی به خوبی نشان می‌دهد که افزایش اکارا به فرمولاسیون کیک اسفنجی تأثیر مثبتی بر کاهش سرعت بیاتی نمونه دارد.

چسبندگی کیک تهیه شده با اکارا و کیوی در روز اول تولید به صورت معناداری از کیک شاهد بیشتر است (شکل ۲-د) ولی با گذشت ۷ روز، چسبندگی در کیک بهینه روند کاهشی معناداری را نشان داد ($P\leq$۰/۰۵). این در حالی است که کیک شاهد از این نظر، روندی افزایشی را طی ۷ روز اول نشان می‌دهد. در واقع چسبندگی به دلیل خروج رطوبت از مغز کیک و انتقال آن به سمت سطح محصول است. در کیک دارای اکارا به دلیل قابلیت جذب رطوبت توسط فیبر موجود در فرمولاسیون محصول، رطوبت حاصل از فرایند رتروگرداسیون زنجیرهای نشاسته جذب و کمیت چسبندگی نمونه کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲-ه تغییر معناداری در فنریت کیک شاهد طی ۱۴ روز نگهداری نشان داده نشده است، ولی در کیک اسفنجی بهینه تهیه شده با اکارا و کیوی روند افزایشی معناداری در فنریت نمونه مشاهده می‌شود ($P\leq$۰/۰۵)، به طوری که در روز ۱۴ ام پس از تولید تفاوت معنی‌داری در فنریت دو نمونه شاهد و بهینه مشاهده نمی‌شود. با توجه به نتایج بدست‌آمده، اثر فیبر بالا و ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌های موجود در اکارا را در جذب آب آزاد کیک و کاهش چسبندگی و بهبود ویژگی ارتجاعی بافت نمونه پس از گذشت زمان کاملاً مشهود است. در مجموع بررسی و مقایسه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های شاهد و بهینه نشان می‌دهد که سرعت فرایند بیات شدن و نامطلوب شدن ویژگی‌های بافتی در نمونه دارای اکارا و کیوی بسیار کمتر از نمونه تهیه شده با آرد گندم است که این مشاهده ارزش ترکیبات فیبری و پروتئین‌های اکارا در کاهش سرعت بیات شدن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مقایسه آنالیز پروفایل بافت کیک بهینه دارای اکارا و کیوی و نمونه شاهد ستون‌های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری دارای میانگین متفاوت‌اند ($P<۰/۰۵$) کیک بهینه کیک شاهد

نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور تولید محصولی جدید که ضمن بالا بردن ارزش غذایی کیک، باعث افزایش ارزش افزوده محصولات فرعی کارخانجات تولیدی شیرسویا می‌شود، انجام گرفت. در این راستا بهینه‌سازی فرمولاسیون کیک اسفنجی بر پایه اکارا و آرد گندم به

همراه کیوی به عنوان بهبود دهنده آنزیمی صورت گرفت. بر اساس نتایج بدست‌آمده، ۲۹/۷ درصد اکارا و ۱۲/۴۵ درصد کیوی (بر مبنی وزن اولیه آرد گندم) به عنوان مقادیر بهینه دو متغیر در فرمولاسیون کیک اسفنجی معین شدند. مطالعات بافت‌سنجی در مدت زمان نگهداری کیک نشان می‌دهد که نمونه بهینه از لحاظ بسیاری از پارامترهای بافت‌سنجی مانند سفتی، قابلیت جویدن و سرعت بیاتی روند افزایشی کندتری را در مقایسه با نمونه شاهد نشان می‌دهد. با گذشت از زمان پخت کیک بهینه دارای اکارا و کیوی، خصوصیات کیفی آن مانند چسبندگی نسبت به نمونه شاهد کاهش چشمگیری داشت، در حالی‌که پیوستگی این کیک تغییر محسوسی را نشان نمی‌دهد. به این ترتیب نتایج نشان می‌دهند که تأثیر عمر نگهداری نمونه دارای اکارا و کیفی بر کاهش ویژگی‌های کیفی بافتی آن در مقایسه با نمونه شاهد بسیار کمتر است. بنابراین افزودن اکارا در فرمولاسیونکیک اسفنجی به همراه آنزیم‌های پروتئازی کیوی، علاوه بر استفاده بهینه از محصول ثانویه صنعت تولید شیر سویا، در بهبود ارزش تغذیه‌ای محصول و کاهش سرعت بیاتی آن تأثیر چشمگیری دارد.

منابع

۱. آذری‌کیا، ف. و عباسی، س. ۱۳۸۷. تعیین شرایط بهینه استخراج پلی‌ساکاریدهای محلول از اکارا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 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. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران، ۵:۳۷-۴۶.

۳. خزایی‌پول، ا.، شهیدی، ف.، مرتضوی، ع. و محبی، م. ۱۳۹۳. فرمولاسیون پاستیل کیوی و اثر غلظت‌های مختلف آگار و گوار بر میزان رطوبت و ویژگی‌های بافتی و حسی آن. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۰:۲۷-۳۷.

۴. کریمی‌شاهنجینی، ا.، شجاعی‌زاده، د.، مجدزاده، ر.، رشیدیان، آ. و امیدوار، ن. ۱۳۸۸. کاربرد رویکرد ترکیبی در شناسایی تعیین کننده‌های مصرف میان وعده‌های کم‌ارزش در نوجوانان. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲:۶۱-۷۰.

۵. کوشیار، ه.، عباسپور، ه.، کمالی، ح.، رخشنده، ح. و خواجوی، ا. ۱۳۹۱. تأثیر موضعی میوه‌ی کیوی بر عفونت زخم‌های سوختگی تمام ضخامت در موش صحرایی نر بالغ. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی (ویژه‌نامه فرآورده‌های طبیعی و گیاهان داروی)، ۴:۴۳-۴۸.

۶. نورمحمدی، ا.، پیغمبردوست، ه. و اولادغفاری، ع. ۱۳۹۱. تولید کیک کم کالری به وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگوفروکتوز. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۱:۹۲-۸۵.

7. Aguado, A. 2010. Development of okara powder as a gluten free alternative to all purpose flour for value added use in baked goods. Faculty of the graduate school of the university of maryland, college park, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Food Science, 1-7.

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

9. Da Silva, L.H., Paucar-Menacho, L.M., Vicente, C.A., Salles, A.S., Steel, C.J., & YoonKil, C., 2009. Development of loaf bread with the addition of" okara" flour. Brazilian Journal of Food Technology, 12:315-322.

10. He, F.J., & Chen, J.Q. 2013. Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: Differences between chinese women and women in western countries and possible mechanisms. Food Science and Human Wellness, 2:146-161.

11. Lin, S.D., & Lee, C.C. 2005.Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrinand sucralose as replacement for sucrose. Cereal Chemistry, 82(4):405–413.

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

13. Molina Ortiz, S.E., & An, M.C. 2000. Analysis of products, mechanisms of reaction, and some functional properties of soy protein hydrolysates. Journal of the American Oil Chemists' Society, 77:1293-1301.

14. 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, 47:363-371.

15. Singletary, K. 2012. Kiwifruit: overview of potential health benefits. Nutrition Today, 47:133-147.

16. Takeda, K. 1994. Effects of various lipid fractions of wheat flour on expansion of sponge cake. Cereal Chemistry, 71:6-9.

17. Turhan, S., Temiz, H., & Sagir, I. 2007. Utilization of wet okara in low-fat beef patties. Journal of Muscle Foods, 18:226-235.

18. Wickramarathna, G., & Arampath, P. 2003. Utilization of okara in bread making. Ceylon Journal Science (Biological Science), 31:29-33.

19. Xie, M., Huff, H., Hsieh, F., & Mustapha, A. 2008. Puffing of okara/rice blends using a rice cake machine. Journal of Food Science, 73:341-348.

Optimization of Sponge Cake Formulation Containing Okara

Saba Mortazavi nejad[1], Hajar Abbasi[1*], Mahshid Jahadi[1]

1- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran.

* Corresponding author (H.Abbasi@Khuisf.ac.ir)

Abstract

Okara is by-product of soy milk and tofu production with exclusive nutritional value and functional properties that is not sufficiently applied in food industry. The purpose of present study was optimization of sponge cake formulation with okara (0-66% of wheat flour) and kiwi (0-25% of wheat flour) as an enzymatic improver with response surface methodology. Rregarding to the most important qualitative parameters of sponge cake such as moisture, density, porosity, color and textural profile, the best quantities of okara and kiwi in formulation were considered %29.7 and %12.45 respectively. According to the results, retrogradiation progress in optimized sample with okara and kiwi is significantly lower than control and cohesiveness of texture in 14 days shelf life is maintained. While in control sample, cohesiveness is reduced significantly in storage time. Furthermore, the springiness of its texture shows significant increase in storage time. Therefore, the use of optimal amounts of okara and also kiwiin in sponge cake formulations in addition of improving nutritional value, have considerable impact on reducing rate of retrogradiation process of products.

Key word: Cake, Functional, Soy bean