بررسی تأثیر صمغ گوار و زانتان و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی فاقد گلوتن بر پایهٔ نشاسته ذرت و اکارا

مینا کشاورزی‌پور[a]، هاجر عباسی[b]*، محمد فاضل[b]

[a] کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۹/۲۸

چکیده

مقدمه: سلیاک یک بیماری خودایمن گوارشی ناشی اختلال در هضم پروتئین گلوتن است. تاکنون مطالعات متعددی در خصوص درمان و کنترل این بیماری صورت گرفته است که مطمئن‌ترین آن استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن است. هدف از پژوهش حاضر تهیه فرمولاسیون کیک بدون گلوتن با استفاده از اکارا (محصول جانبی صنعت شیر سویا) به عنوان یک پایه پروتئینی و فیبری مناسب و نشاسته ذرت و اصلاح ویژگی‌های آن با به‌کارگیری افزودنی‌های مناسب است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش اثر دو هیدروکلوئید (گوار و زانتان) (۳-۰٪) و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات (۱-۰٪) بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن بر پایه اکارا و نشاسته ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. در این راستا تأثیر متغیرهای ذکر شده بر ویژگی‌های بافت، رنگ، دانسیته و میزان تخلخل نمونه‌های تهیه شده با استفاده از روش سطح پاسخ مدل‌سازی و بررسی گردید.

یافته‌ها: با افزایش امولسیفایر، سختی، مدول ظاهری و قابلیت جویدن نمونه‌ها کاهش و فنریت آنها افزایش می‌یابد. افزایش هیدروکلوئیدها تأثیری معکوس بر پارامترهای ذکر شده در مقایسه با امولسیفایر دارند و با همچنین با افزایش کمیت آنها دانسیته و سیری رنگ پوسته نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد. درنهایت با درنظرگرفتن مهمترین پارامترهای کیفی، غلظت بهینه در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن، اختلاط ۱/۲٪ زانتان، ۰٪ گوار و ۱٪ امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات تعیین گردید.

نتیجه گیری: استفاده از افزودنی مناسب در سطوح بهینه در بهبود ویژگیهای کیفی کیک تهیه شده بر پایه نشاسته و اکارا مؤثر است. نمونه تهیه شده علاوه دارا بودن ارزش غذایی مناسب به واسطه وجود پروتئین و فیبر بالای موجود در اکارا، سرعت بیات شدن کمتری در طی زمان نگهداری در مقایسه با شاهد دارد. این خصوصیت به حفظ رطوبت مواد اولیه و افزودنی‌های مورد استفاده در فرمولاسیون و کاهش سرعت رتروگراداسیون نشاسته مرتبط است. این نمونه در طی ۱۴ روز نگهداری، به خوبی پیوستگی بافتی خود را حفظ می‌کند.

واژه‌های کلیدی: *اکارا، زانتان، سدیم استئاریل لاکتیلات، کیک بدون گلوتن، گوار، نشاسته ذرت*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: h.abbasi@khuisf.ac.ir

مقدمه

سلیاک نوعی بیماری خود ایمن گوارشی ناشی از اختلال در هضم گلوتن است که عموما در افرادی که از لحاظ ژنتیکی مستعد آن هستند، مشاهده می‌شود. از علائم این بیماری می‌توان به اسهال، دردهای مکرر شکمی، بی‌اشتهایی و کاهش وزن اشاره کرد (ملک‌زاده، شاکری ۱۳۸۶؛ شهرکی و همکاران، ۱۳۸۸). تنها درمان کاربردی برای این بیماری علاوه بر مراقبت‌های دارویی و بالینی، شامل یک رژیم غذایی فاقد گلوتن به طور مادام‌العمر است. البته درمان‌های جایگزین همچون استفاده از دوزهای خوراکی پپتیدازهای میکروبی تحت بررسی می‌باشد (Chávez & Barca, 2010).

گلوتن ساختار اصلی اسفنجی شکل اغلب محصولات نانوایی و قنادی را تشکیل می‌دهد. فرموله کردن این دست از محصولات بدون وجود گلوتن، مشکلات متعدد تکنولوژیکی در فرایند تولید و ویژگیهای کیفی محصولات ایجاد می‌کند. بسیاری از غذاهای فرموله شده فاقد گلوتن به وسیله‌ی نشاسته‌ها تولید می‌شوند که نتیجه آن کاهش ارزش تغذیه‌ای و تضعیف ویژگی‌های بافتی محصول ناشی از حذف حالت ویسکوالاستیک گلوتن می‌باشد (Aguado, 2010). پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، امولسیفایرها به منظور بهبود محتوای تغذیه‌ای و خواص فیزیکی محصولات فاقد گلوتن و تقلید از خواص ویسکوالاستیک گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. در همین راستا گزارشات Turabi و همکاران (۲۰۰۸) نشان می‌دهند که افزودن صمغ، امولسیفایر و اثر متقابل این دو پارامتر در حجم مخصوص محصول موثر است و موجب افزایش حجم کیک می‌شود. در این مطالعه بالاترین حجم ویژه به مورد نمونه‌ی حاوی امولسیون و صمغ لوبیای خرنوب تعلق گرفت. در مطالعه دیگری نیز اثر سینرژیستی صمغ گوار و زانتان در افزایش ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در مقایسه با سایر صمغ‌ها مشاهده شد و اختلاط زانتان با امولسیفایر در تولید کیک با حداکثر حجم و تخلخل مؤثر معرفی گردید (Turabi *et al*., 2008). نقی پور و همکاران (۱۳۹۲) نیز در تولید کیک فاقد گلوتن با استفاده از آرد سورگم و صمغ‌های گوار و زانتان بدین نتیجه رسیدند که پذیرش مصرف کننده، سفتی، رنگ و تخلخل مناسب زمانی حاصل می‌شود که ترکیبی از این دو صمغ در مقادیر۰/۳ زانتان و ۰/۶ گوار به کیک افزوده شود. Ziobro و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی اثرات رئولوژیکی انواع پروتئین‌ها بر ویژگی‌های کیفی نان‌های فاقد گلوتن پرداختند و بدین نتیجه رسیدند که افزودن آلبومین موجب کاهش خواص ویسکوالاستیک خمیر و افزودن پروتئین لوپئین یا آلبومین باعث افزایش قابل توجهی در حجم نان می‌شود. این پژوهشگران اعلام نمودند که افزودن پروتئین‌ها به طور اساسی بر خواص رئولوژیکی خمیر اثرگذار است و در این محصولات استفاده از عوامل ایجاد کننده بافت همچون هیدروکلوئیدها ازجمله صمغ گوار و پکتین بسیار مؤثر است (Ziobro *et al*., 2013). طبق گزارشات ابراهیم پور و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی روند بیاتی نان بدون گلوتن، بهترین نمونه از لحاظ ویژگی‌های حسی و ماندگاری بالا، نمونه حاوی ترکیب گوار-پکتین در غلظت ۲٪ و ۳٪ معرفی گردید که علت، اتصال نشاسته به صمغ گوار هیدراته شده و ممانعت از رتروگراداسیون آمیلوپکتین و ممانعت از بیاتی محصول مطرح شد.

اکارا محصول جانبی فراوری کارخانه شیر سویا است که حاوی مقادیر فراوان عناصر و ترکیبات مغذی از جمله پروتئین و فیبر است (Sengupta *et al*., 2012). این ماده حاوی حدود ۲۵ الی ۲۸ درصد پروتئین، ۱۰ درصد روغن، ۴۲ درصد فیبرهای نامحلول ،۱۳ درصد فیبرهای محلول و ۳/۸ الی ۵/۳ درصد کربوهیدرات محلول می‌باشد (Lu, 2013; Aguado, 2010). ارزش غذایی پروتئین سویا از لحاظ وجود اسیدهای آمینه ضروری خصوصا لیزین که اولین آمینواسید محدود کننده گندم است در آرد سویا بیش از آرد گندم است (Kumar, 2011). اکارا از لحاظ برخی ویتامین‌ها بسیار غنی است. کمیت تیامین در آرد آکارا در حدود ۲ برابر بیش از آرد گندم می باشد. به‌علاوه اکارا به صورت طبیعی حاوی مقادیر فراوانی فیبرهای رژیمی است که با فعالیت پریبیوتیکی باعث کاهش کلسترول خون، فعالیت ضد التهابی، ضد سرطانی دستگاه گوارش می‌شود (Aguado, 2010). در نتیجه با استفاده از اکارا به عنوان یک پایه پروتئینی و فیبری مناسب در فراورده‌های فاقد گلوتن می توان یک محصول فراسودمند تولید نمود. با توجه به نیاز بیماران سلیاکی در کشور به فرآورده‌های بدون گلوتن، هدف از این پژوهش تهیه کیک بدون گلوتن بر پایه نشاسته ذرت و اکارا و دستیابی به فرمولاسیون بهینه آن با

به‌کار بردن افزودنی‌های است. که در این شرایط علاوه بر استفاده از محصولات جانبی صنعت شیر سویا که در حال حاضر کاربردی در صنعت غذا ندارد، در افزایش ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های کیفی محصول مؤثر خواهد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور فرموله کردن کیک‌های فنجانی بدون گلوتن در این پژوهش مواد اولیه همچون اکارای مرطوب (شرکت مکسوی اصفهان)، نشاسته ذرت از شرکت (فرآیند صنعت آروند)، وانیل (نسترن)، شکر (لادن) و بکینگ پودر (بهاره)، پودر آب پنیر و شیر خشک (زرین شاد سپاهان) و تخم مرغ (تلاونگ) از سطح شهر خریداری گردید. همچنین صمغ گوار از شرکت عبدالقادر (سازنده کشور پاکستان) ، صمغ زانتان از شرکت فوفنگ (سازنده کشور چین) و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات از شرکت پارس بهبود آسیا خریداری شدند.

- بررسی ویژگی‌های کیفی اکارا و نشاسته ذرت

آزمونهای شیمیایی به عمل آمده بر مواد اولیه در این تحقیق شامل رطوبت اکارا (استاندارد ملی شماره ۸۴۳۸)، رطوبت نشاسته ذرت (استاندارد ملی شماره ۴۷۹۷)، پروتئین اکارا (استاندارد ملی شماره ۱- ۱۰۷۰۳)، پروتئین نشاسته ذرت (استاندارد ملی شماره ۴۷۲۸)، چربی اکارا (استاندارد ملی شماره ۷۵۹۳)، چربی نشاسته ذرت (استاندارد ملی شماره ۴۷۹۸)، فیبر خام اکارا (استاندارد ملی شماره ۵۲۰) و آزمون تعیین خاکستر اکارا (استاندارد ملی شماره ۱۱۱۴۳) و خاکستر نشاسته ذرت (استاندارد ملی شماره ۴۷۲۶) انجام شد.

- تولید کیک اکارای فاقد گلوتن

در جدول ۱ درصدهای مواد اولیه برای تهیه کیک بدون گلوتن نشان داده شده است. در این پژوهش خمیر کیک به روش کرم کردن تهیه و به قالب‌های کیک فنجانی انتقال یافت و در فر تحت دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. در نهایت، نمونه‌ها خنک شدند و کیک‌های فنجانی در جعبه‌های مقوایی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و پس از حدود ۱۸ ساعت برای انجام آزمایشات مورد نظر مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱- کمیت و نوع مواد اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن

مواد اولیه	درصد (وزنی/وزنی)
آرد گندم	۰
نشاسته ذرت	۱۹/۷
اکارا	۱۵/۴۵
روغن	۱۶/۵۱
تخم مرغ	۲۰/۸۵
پودر آب پنیر	۱/۱۵
شیر خشک	۰/۵۷
شکر	۲۰/۸۵
پودر پخت	۰/۳۸
وانیل	۰/۱۴
آب	۴/۳۴

- آزمون‌های ارزیابی کیفی کیک اکارای بدون گلوتن

- دانسیته کیک

اندازه‌گیری دانسیته با استفاده از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ انجام شد.

- رنگ کیک

برای بررسی پارامترهای رنگی تصویرگیری از نمونه‌ها در اتاقکی دوزنقه از جنس ام.دی.اف به رنگ سفید و برای ایجاد نور از دو لامپ فلوئورسنت با زاویه ۴۵ درجه استفاده شد. تصویرگیری با استفاده از دوربین پاناسونیک مدل Lumix Dmc-TZ5 انجام شد. دوربین با فاصله‌ی ۳۴/۵ سانتی‌متر از نمونه‌ها و موازی با آنها برای عکس‌برداری آماده شد. از کارت‌های استاندارد رال و تصویربرداری از آنها به منظور تعیین ظریب خطا استفاده شد و تصاویر به کمک نرم افزار فتوشاپ در فضای رنگی RGB مورد آنالیز قرار گرفتند. سه پارامتر *L که نشان دهنده روشنی نمونه، *a نشان دهنده قرمزی-سبزی و *b مقیاس شدت زرد-آبی به کمک این نرم افزار محاسبه شدند.

اندیس سیری رنگ[1] (*C) مقیاسی از شدت رنگ است که به کمک تبدیل مختصات کارتزین (*a ، *b) به

[1] Chroma

مختصات قطبی بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (Pedreschi, 2006 ;Yam, 2004).

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{0.5} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

- بافت سنجی

یکی از روش‌های متداول در آنالیز مکانیکی بافت مواد غذایی، آزمون آنالیز پروفایل بافت می‌باشد 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، مدول ظاهری و قابلیت جویدن مورد استفاده قرار گرفت (Lin & Lee, 2005).

- اندازه‌گیری تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۱۲ ساعت پس از پخت، برشی به ابعاد ۲۰×۲۰ از مغز کیک تهیه گردید و توسط دستگاه اسکنر مدل Hp Laserjet 1536 BMF-MFT با وضوح ۱۲۰۰ پیکسل اسکن شد و با استفاده از نرم افزار Image J درصد تخلخل بافتی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت (نقی پور و همکاران، ۱۳۹۰).

- بررسی روند بیات شدن محصول

به منظور مطالعه روند بیاتی در نمونه‌های شاهد گندم (دارای آرد گندم و فاقد اکارا، نشاسته ذرت و افزودنی‌های متغیر پژوهش)، شاهد ذرت (دارای نشاسته ذرت و اکارا و فاقد افزودنی‌های متغیر) و نمونه بهینه حاصل از مدلسازی با روش سطح پاسخ، که هر سه مطابق فرمولاسیون ارائه شده در جدول ۱ و دستورالعمل آورده شده در روش کار، مشابه سایر تیمارها تهیه گردیدند، ویژگی‌های بافتی (سختی، پیوستگی، قابلیت جویدن، فنریت، مدول ظاهری) با استفاده از آزمون آنالیز پروفایل بافت و رطوبت محصول طی ۱۴ روز ماندگاری در روزهای ۱، ۷ و ۱۴ پس از تولید مورد بررسی قرار گرفت.

- ارزیابی حسی

پس از گذشت ۱۲ ساعت از فرایند پخت نمونه‌های شاهد و بهینه، خواص ارگانولپتیک آنها با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای[1] در چهار پارامتر رنگ، عطر و طعم، مطلوبیت بافت دهانی و پذیرش کلی توسط ۳۰ ارزیاب حسی مورد بررسی قرار گرفت.

- تجزیه و تحلیل آماری

برای تعیین فرمولاسیون تیمارها (جدول ۲) و تجزیه و تحلیل نتایج از روش آماری سطح پاسخ به کمک نرم‌افزار مینی‌تب[2]، با در نظر گرفتن ۴ نقطه مرکزی استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل صمغ زانتان و گوار در دامنه (۳-۰ درصد) و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات در دامنه (۱-۰ درصد) و متغیرهای وابسته بررسی شده شامل دانسیته، تخلخل، رنگ و ارزیابی بافت در نظر گرفته شدند. به طور کل در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف و اثرات اصلی و متقابل متغیرهای مستقل بر آن بررسی می‌شوند. بنابراین به منظور حصول مدل‌های تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، روابط خطی و چند جمله‌ای درجه دوم بر داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها برازش شدند. سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفته و مدل مناسب گزینش گردید. مقادیر بهینه متغیرهای مستقل بر مبنای پارامترهای کیفی مورد نظر مدلسازی گردید و پارامترهای کیفی نمونه بهینه اندازه‌گیری شده با مقادیر حاصل از معادلات پیشنهادی توسط رابطه ۲ مورد مقایسه قرار گرفتند تا درصد خطای مدلسازی حاصل شود.

$$\text{درصد خطا} = \frac{(\text{کمیت حاصل از مدل بهینه}) - (\text{کمیت واقعی})}{\text{کمیت واقعی}} \times 100 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

مقایسه پارامترهای کیفی و روند بیاتی نمونه بهینه، شاهد گندم و شاهد ذرت در غالب طرح کاملا تصادفی و

[1] Six Point Hedonic Test [2] Minitab

مقایسه میانگین آن‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) توسط نرم افزار SAS مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها

- نتایج آنالیز شیمیایی نشاسته ذرت و اکارا در کیک بدون گلوتن

خصوصیات شیمیایی نشاسته ذرت و اکارا مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن مطابق آزمون های استاندارد انجام شد و نتایج آن در جدول ۳ گزارش شده است.

- پارامترهای اندازه‌گیری شده در کیک بدون گلوتن

- دانسیته کیک

نتایج آنالیز آماری انجام شده بر این فاکتور مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که در مدل بهینه امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات فقط به صورت درجه اول بر فاکتور دانسیته تأثیر کاهشی معنی دار دارد. اثرات خطی و مجذور صمغ زانتان و اثر خطی صمغ گوار و اثر متقابل بین صمغ زانتان و گوار نیز بر دانسیته کیک معنی دار است. کانتور دو بعدی اثر متقابل صمغ زانتان و گوار بر میزان دانسیته در کیک اکارای فاقد گلوتن (شکل ۱ (الف)) بیان‌گر این مطلب است که با افزایش صمغ زانتان و گوار میزان دانسیته افزایش می‌یابد.

جدول ۲- تیمارهای به‌کار گرفته‌شده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن برپایه نشاسته ذرت و اکارا

تیمار	امولسیفایر	صمغ گوار	صمغ زانتان
۱	۰/۵	۰	۱/۵
۲	۰/۵	۱/۵	۳
۳	۰/۱۶۷	۰/۵	۰/۵
۴	۰/۵	۱/۵	۱/۵
۵	۰/۱۶۷	۲/۵	۰/۵
۶	۰/۸۳۳	۰/۵	۲/۵
۷	۰/۱۶۷	۰/۵	۲/۵
۸	۰/۸۳۳	۰/۵	۰/۵
۹	۰/۱۶۷	۲/۵	۲/۵
۱۰	۰/۵	۱/۵	۱/۵
۱۱	۰/۸۳۳	۲/۵	۲/۵
۱۲	۰/۵	۳	۱/۵
۱۳	۰/۵	۱/۵	۱/۵
۱۴	۰/۹۹۹	۱/۵	۱/۵
۱۵	۰/۸۳۳	۰/۵	۰/۵
۱۶	۰/۵	۱/۵	۰
۱۷	۰/۰۰۰۵	۱/۵	۱/۵
۱۸	۰/۵	۱/۵	۱/۵

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی نشاسته ذرت و اکارا مورد استفاده در تهیه کیک اسفنجی (۱۰۰ گرم ماده خشک/گرم)

	کربوهیدرات	پروتئین	چربی	رطوبت	خاکستر
نشاسته ذرت	۷۹/۴	۸/۵	۴/۳	۷/۴۷	۱/۳
اکارا	۴۳/۴	۴۱/۳	۱۱/۷	۷۲	۳/۶

- تخلخل کیک

مطابق نتایج جدول ۴، تنها اثر صمغ زانتان و گوار در حالت خطی بر میزان تخلخل کیک معنادار است. براساس ضرایب و با توجه به شکل۱(ب)، با افزایش صمغ زانتان درصد تخلخل کیک بدون گلوتن حاوی اکارا افزایش می‌یابد و افزایش صمغ گوار موجب کاهش تخلخل محصول می‌شود.

- رنگ کیک

مطابق نتایج جدول ۴، اثر خطی صمغ زانتان و اثر مجذور صمغ گوار و اثر متقابل صمغ زانتان و گوار بر سیری رنگ کیک بدون گلوتن معنی دار است. شکل۱ (ج) نشان می‌دهد که هر چه صمغ زانتان و گوار افزایش یابد میزان سیری پوسته کیک افزایش می‌یابد. امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات فقط به صورت درجه دوم و کاهشی بر این فاکتور مؤثر است.

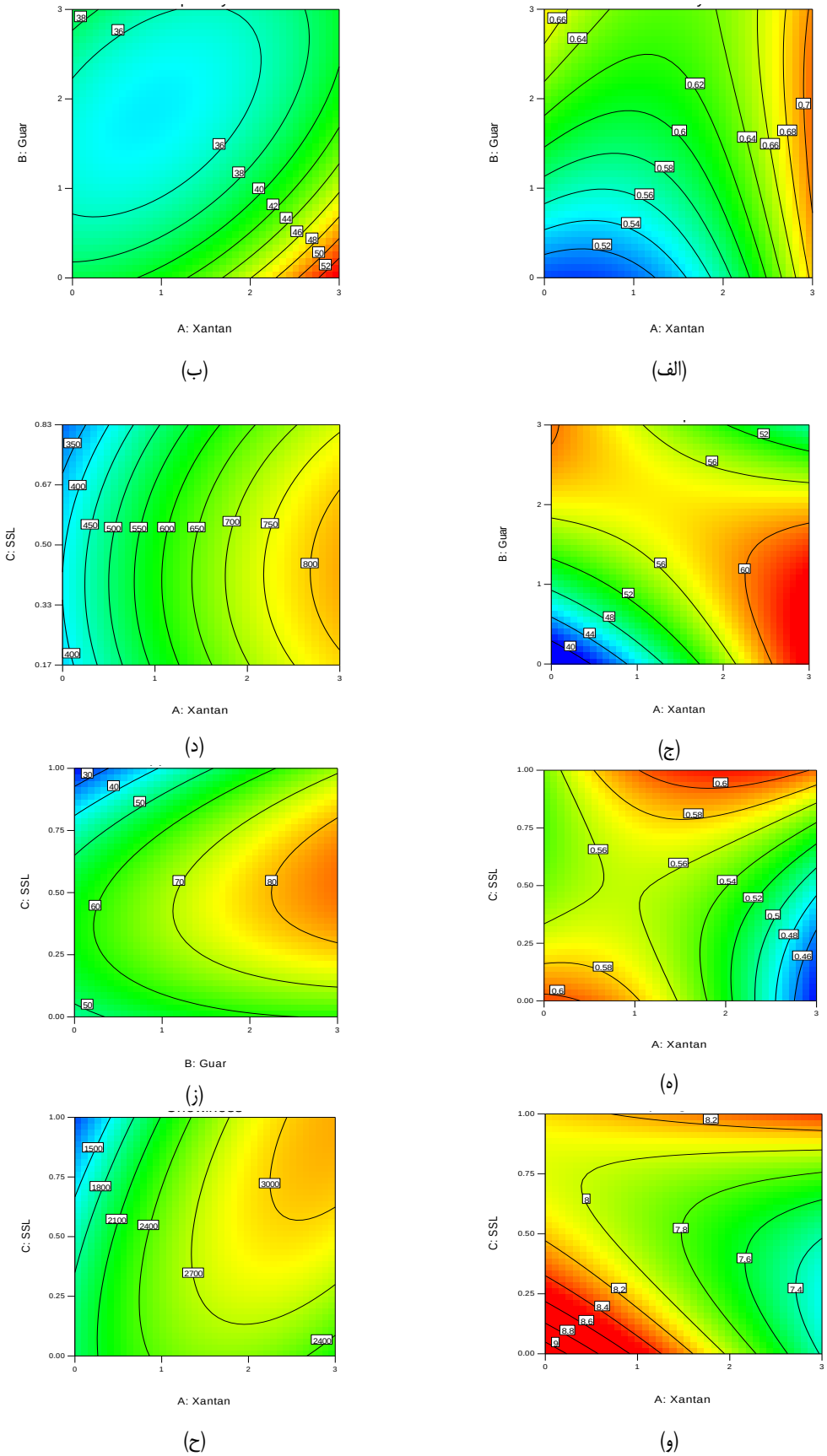
- آنالیز پروفایل بافت

سختی بافت، بیانگرمقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری است. نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که اثر خطی صمغ زانتان و گوار و اثر درجه اول و دوم امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر میزان سختی کیک اکارای فاقد گلوتن معنیجدار است ولی اثرات متقابل بین این فاکتورها معنی‌دار نیست. با توجه به شکل ۱ (د) هر چه میزان صمغ‌ها افزایش یابد سختی کیک نیز رو به افزایش و با افزایش میزان امولسیفایر مقدار سختی کیک کاهش می‌یابد.

پیوستگی، بیانگر مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به برهم‌کنش‌های درون مولکولی اجزاء فرمولاسیون بستگی دارد. اثرات خطی و مجذور صمغ گوار بر میزان پیوستگی کیک فاقد گلوتن معنی‌دار و به صورت افزایشی است ولی اثرات متقابل آن با سایر پارامترها بی‌معنی است. اثر خطی و مجذور صمغ زانتان و اثر خطی امولسیفایر و اثر متقابل بین صمغ زانتان و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر میزان پیوستگی کیک اکارای فاقد گلوتن معنی‌دار شده است. مطابق شکل ۱ (ه)، با افزایش مقدار صمغ زانتان پیوستگی کیک کاهش و با افزایش امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات پیوستگی کیک افزایش می‌یابد.

مدول ظاهری شیب خط مماس بر منحنی سختی را نشان می‌دهد و با پارامتر سختی کیک در ارتباط می‌باشد. اثر خطی و درجه دوم صمغ زانتان بر میزان مدول ظاهری کیک فاقد گلوتن معنی‌دار و اثر آن به صورت افزایشی است ولی اثر متقابل آن‌ها غیر معنی‌دار است. اثر خطی و مجذور امولسیفایر و اثر خطی صمغ گوار و اثر متقابل بین صمغ گوار و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر میزان مدول ظاهری کیک اکارای فاقد گلوتن نیز معنی‌دار است. همان طور که در شکل ۱ (ز) مشاهده می شود، با افزایش صمغ گوار میزان مدول ظاهری رو به افزایش است و با افزایش امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات تا مقادیر متوسط، مدول ظاهری افزایش و سپس روندی کاهشی را نشان می‌دهد.

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. امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات به صورت مجذور و صمغ زانتان به صورت خطی و اثر متقابل بین صمغ زانتان و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر میزان فنریت کیک اکارای فاقد گلوتن معنی-دار است. شکل ۱ (و) نشان می‌دهد که هر چه صمغ زانتان افزایش یابد فنریت کیک کاهش می‌یابد. با افزایش امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات در مقادیر بیش از ۰/۵ درصد افزایش معنی‌دار در فنریت کیک مشاهده می‌شود. قابلیت جویدن، نمایانگر انرژی لازم برای جویدن ماده غذایی جامد تا دستیابی به محصولی آماده برای بلع است که از حاصل ضرب کمیت‌های سفتی در پیوستگی و فنریت نمونه حاصل خواهد شد. اثرات خطی و مجذور صمغ زانتان و اثر متقابل صمغ زانتان و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر میزان قابلیت جویدن کیک اکارای فاقد گلوتن معنی‌دار است. شکل ۱ (ح) نشان می‌دهد که با افزایش کمیت صمغ زانتان میزان قابلیت جویدن نمونه‌ها افزایش می‌یابد ولی افزایش امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات تغییرات چندانی در این پارامتر ایجاد نمی‌کند. تأثیر صمغ گوار فقط به صورت درجه اول و افزایشی بر این فاکتور معنی‌دار است.



شکل۱- تصاویر سطح پاسخ مربوط به تغییرات الف) دانسیته ب) تخلخل ج)سیری رنگ د) سختی ه) پیوستگی ز) مدول ظاهری و) فنریت ح) قابلیت جویدن در کیک‌های اکارای بدون گلوتن

جدول ٤- مقادیر ضرایب مدل‌های رگرسیونی برازش شده برای پاسخ‌های مربوط به تاثیر مقدار صمغ زانتان و گوار و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر خصوصیات بافتی وفیزیکی کیک اسفنجی فاقد گلوتن

	پاسخ								
ضریب	سختی (گرم نیرو)	پیوستگی	قابلیت جویدن (گرم میلی متر)	مدول ظاهری (میلی-متربرثانیه)	فنریت (میلی متر)	دانسیته (گرم بر متر مکعب)	تخلخل (٪)	سیری رنگ	رطوبت (٪)
β0	+۱۶۴/۶۲***	+۰/۵***	+۱۳۶۵/۵۱***	+۱۳/۵۶***	+۹/۱۱***	+۰/۵۳***	+۳۹/۱۵***	+۲۷/۸۲***	+۵۱۵/۷۶ ^{ns}
β1	+۲۱۱/۹۴***	−۲/۸۲×۱۰$^{-۳}$ **	+۷۱۷/۵۰***	+۳۱/۵۳***	−۰/۵۸***	−۰/۰۲۰***	+۲/۶۲**	+۹/۴۷**	+۳/۴۵ ^{ns}
β2	+۹۸/۲۴***	+۰/۰۹۶**	+۴۸۱/۲۹***	+۴/۳۸***	+۰/۰۱۳^{ns}	+۰/۵۹***	−۷/۸۰**	+۱۵/۵۸ ^{ns}	+۵/۱۷ ^{ns}
β3	+/۴۲۳/۳۰**	−۰/۰۵۷**	−۹۳۱/۰۱^{ns}	+۵۶/۸۴*	−۲/۸۷ ^{ns}	−۰/۴۷*	–	+۳۶/۸۰ ^{ns}	−۶/۱۱ ^{ns}
β12	–	–	–	–	–	−۰/۱۷*	–	−۴/۵۲***	−۱/۳۷*
β13	–	+۰/۰۷۳**	+۵۹۵/۵۱**	–	+۰/۶۷**	–	–	–	+۴/۸۷**
β23	–	–	–	+۱۰/۸۹**	–	–	–	–	–
β11	−۲۲/۹۶ ^{ns}	−۰/۰۱۸**	−۲۰۲/۰۳۹**	−۵/۰۵**	–	+۰/۰۲۷***	–	–	−۱/۰۶^{ns}
β22	–	−۰/۰۰۰۲	–	–	–	–	+۱/۸۰ ^{ns}	−۲/۴۵*	−۱/۰۶ ^{ns}
β33	−۵۱۸/۱۶***	–	–	−۸۱/۳۶**	+۱/۸۷**	–	–	−۴۲/۱۷***	–
r	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۸۶	۰/۹۴	۰/۷	۰/۷۸	۰/۵۵	۰/۸۷	۰/۷۸
Lack of fit	۰/۰۵۲	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۷۲	۰/۲۱

β1: صمغ زانتان، β2: صمغ گوار، β3: امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات، ns: عدم معنی‌دار بودن

*، ** و *** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطوح اطمینان ۹۰٪، ۹۵٪ و ۹۹٪ می‌باشند

جدول ۵ - بررسی صحت پیش‌بینی مدل‌های حاصل شده با استفاده از روش سطح پاسخ بر فاکتورهای کیفی محصول

پارامتر ها	واقعی	پیش بینی شده	درصد خطا
سختی (گرم نیرو)	۲۹۱/۵± ۹	۲۸۲/۰۶	۳/۲
پیوستگی	۰/۶۳±۰/۰۱	۰/۴۵	۲۰/۹۶
قابلیت جویدن (گرم نیرو میلی متر)	۱۵۴۳/۰۵±۲۷/۴۹	۱۶۹۹/۱۰	۱۰/۱۷
مدول ظاهری (گرم نیرو بر ثانیه)	۲۷/۶۹±۰/۰۸	۱۹/۸۴	۲۸/۳۵
فنریت (میلی متر)	۸/۴۱±۰/۰۳	۸/۲۳	۲/۱۸
دانسیته (گرم بر سانتی متر مکعب)	۰/۴۸±۰/۰۰۵	۰/۵	۱/۱۴

- بهینه سازی فرمول و اعتبارسنجی مدل

بهینه‌سازی براساس مهمترین پارامترهای کیفی کیک شاهد (دانسیته، سختی، پیوستگی، قابلیت جویدن، مدول ظاهری و فنریت) صورت گرفت و همچنین به منظور اعتبارسنجی مدل‌های حاصل، نمونه‌ای با سطوح بهینه (۱/۲درصد صمغ زانتان و ۰/۰۰ درصد صمغ گوار و ۱ درصد امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات) مورد نظر تولید گردید. درصد خطای ارزیابی هر یک از مدل‌ها محاسبه گردید. نتایج ویژگی‌های کیفی نمونه تهیه شده و پیش‌بینی شده توسط مدل و درصد خطای برآورد هر ویژگی در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که، صحت عملکرد مدل‌های تعیین شده مناسب است.

- بررسی روند بیاتی کیک بهینه بدون گلوتن و شاهد گندم و ذرت

مطابق شکل۲ (الف)، میزان سختی نمونه بهینه و هر دو شاهد در طی زمان روندی صعودی را طی می کند. در روزهای اول و هفتم تولید، تفاوت معنی‌داری بین نمونه بهینه و شاهد گندم و ذرت مشاهده نمی‌شود. ولی پس از ۱۴ روز، افزایش سفتی بافت شاهد گندم به صورت معنی‌داری بیش از دو نمونه دیگر بود.

کمیت پیوستگی کیک بهینه و هر دو شاهد در طی زمان روندی نزولی را نمایش می‌دهد. در روز اول تولید، تفاوت معنی‌داری بین نمونه بهینه و شاهد گندم مشاهده نشد ولی شاهد ذرت به طور معناداری میزان پیوستگی

کمتری نسبت به آن دو نشان می‌دهد. در روز ۷ام و۱۴ام، نمونه بهینه با دو شاهد دارای تفاوت معنادار است و میزان پیوستگی آن بیش از دو نمونه دیگر است (شکل ۲ (ب)).

میان قابلیت جویدن سه نمونه در روز اول تولید، تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. درحالی‌که در روز ۷ام و ۱۴ام، نمونه بهینه قابلیت جویدن بیشتر معنی‌داری در مقایسه با دو شاهد دیگر دارد (شکل۲ (ج)).

مدول ظاهری نمونه بهینه و هر دو شاهد در طی زمان روندی صعودی را طی می‌کنند و روز ۷ ام اختلاف معناداری میان آنها وجود ندارد ولی در هفته دوم مدول ظاهری نمونه بهینه از دو شاهد به صورت معنی‌داری کمتر است (شکل۲ (د)).

فنریت هر سه نمونه در طی زمان روندی نزولی را طی می‌کند. در روز اول پس از تولید، نمونه بهینه با شاهد گندم تفاوت معنی‌داری از این حیث ندارند درحالیکه در روز ۷ام و ۱۴ام میزان فنریت نمونه بهینه، به طور معنی‌داری از نمونه شاهد ذرت و گندم بیشتر است (شکل۲ (ه)).

در هفته اول نگهداری نمونه بهینه، محتوی رطوبت روندی نزولی را نشان می‌دهد ولی در هفته دوم نگهداری، تغییر چمشگیری در این خصوص مشاهده نمی‌شود. درحالیکه در هر دو نمونه شاهد، در طی هفته دوم نگهداری، روند کاهشی چمشگیری در محتوی رطوبت نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. بنابراین به جز روز اول پس از تولید، تفاوت معنی‌داری میان نمونه بهینه با هر نمونه دو شاهد وجود دارد.

- ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی دو نمونه شاهد و نمونه بهینه در شکل ۳ نشان می‌دهد که در مورد فاکتور رنگ تفاوت معناداری بین سه نمونه مشاهده نمی‌شود. در مورد فاکتور عطر و طعم، کیک بهینه با شاهد ذرت دارای تفاوت معنادار است در حالیکه در مقایسه با کیک شاهد گندم اختلاف معنادار مشاهده نشد. نتایج در مورد دو فاکتور مطلوبیت بافت دهانی و پذیرش کلی نشان دهنده وجود اختلاف بین هر سه نمونه است و نمونه بهینه بسیار به نمونه معمول دارای گلوتن به واسطه وجود آرد گندم در فرمولاسیون مشابهت دارد. در مجموع تاثیر مثبت هیدروکلوئیدها و امولسیفایر موجب مشابهت بیشتر محصول از لحاظ ویژگی‌های حسی به نمونه دارای گلوتن شده است.

بحث

- دانسیته و تخلخل کیک

صمغ‌ها به علت سهولت در جذب آب، باعث افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شوند که این افزایش در ویسکوزیته خصوصا در غلظت‌های بالا مانع از اتساع و گسترش مطلوب حباب‌های هوای موجود در خمیر می‌شود. به همین دلیل، افزایش دانسیته ناشی از افزایش صمغ زانتان و گوار را می‌توان به ویسکوزیته بالای خمیر نسبت داد (Gomez *et al.*, 2007). البته تفاوت در ویژگی‌های ساختاری و عملکردی هیدروکلوییدها و تاثیرات متفاوت آنها بر ویژگی‌های فیزیکی فاز سیال در خمیر کیک، منجر به عملکرد متفاوت آنها می‌شود. نتایج این پژوهش مؤید ارجحیت عملکرد صمغ زانتان در مقایسه با صمغ گوار در تخلخل کیک بدون گلوتن بر پایه نشاسته ذرت و اکارا است.

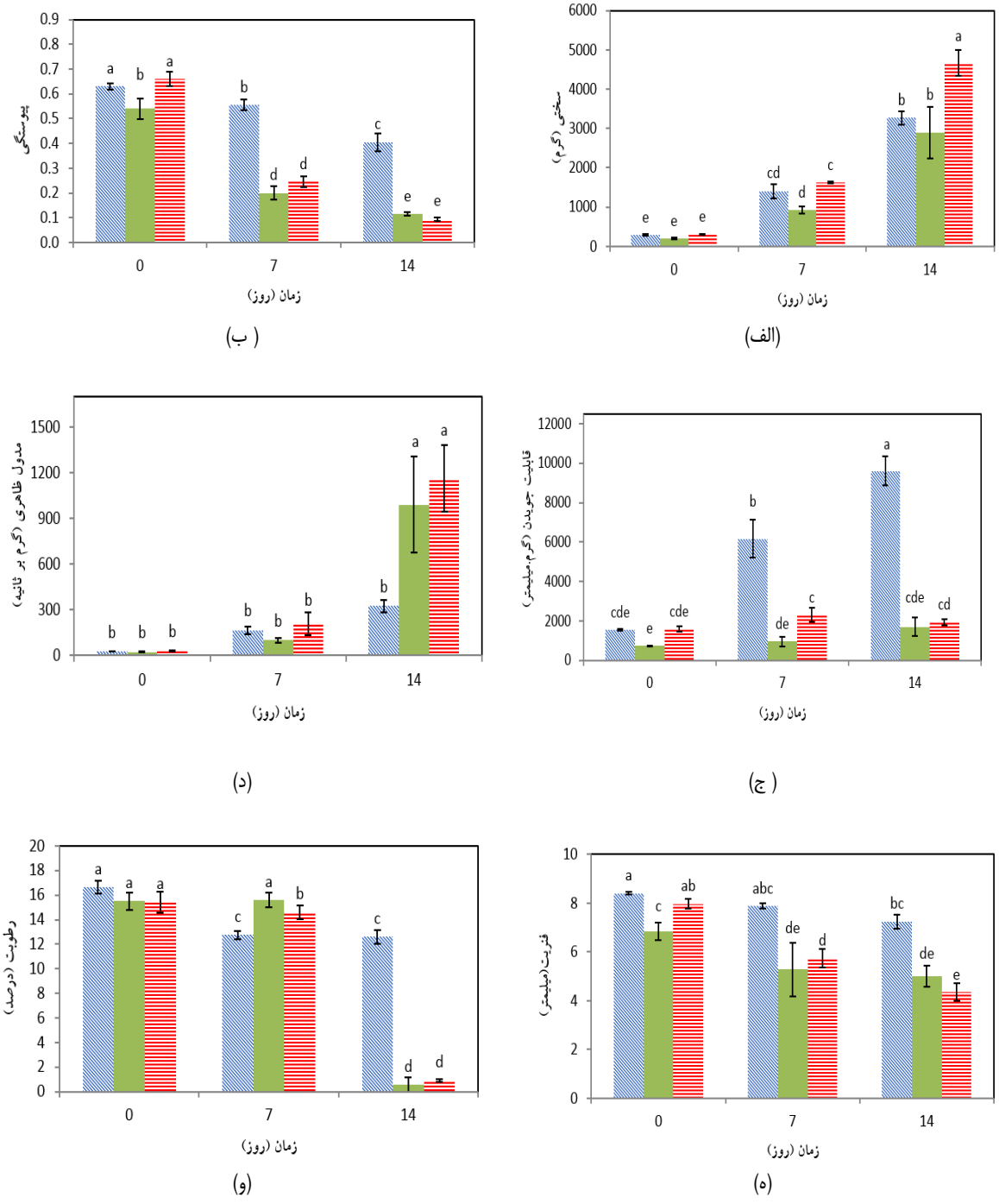
- رنگ کیک

رنگ پوسته کیک از واکنش مایلارد تاثیر می‌پذیرد. شدت این واکنش تحت تاثیر pH، رطوبت و ترکیبات اولیه مورد استفاده در فرمولاسیون محصول متفاوت است. تغییر در قابلیت جذب و نگهداری رطوبت به واسطه وجود هیدروکلوئیدها منجر به تغییر شدت واکنش مایلارد و بروز میزان تیره رنگی بیشتر سطح کیک در اثر مصرف هیدروکلوئیدها شده است (Gomez *et al.*, 2007).

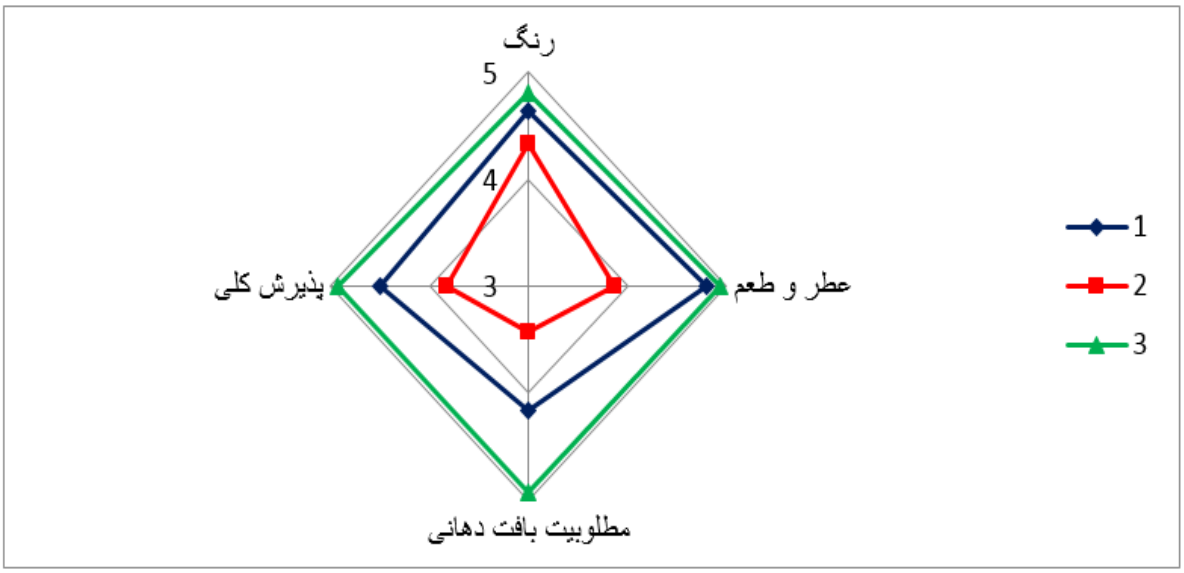
- آنالیز پروفایل بافت

با افزایش سطح مصرف صمغ‌های مورد استفاده، خصوصا در غلظتهای بالا سختی کیک افزایش می‌یابد. صمغ‌ها با افزایش ویسکوزیته فاز مایع خمیر موجب تقویت استحکام دیواره سلول‌های گازی موجود در محصول می‌شوند. لذا به همین دلیل مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده از طرف پروب دستگاه افزایش می‌یابد که با یافته‌های تحقیق Arozarena و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد.

امولسیفایرها از طریق پایین آوردن کشش سطحی فاز مایع اطراف حباب‌های گازی، موجب سهولت در احتباس، افزایش حجم حباب‌های هوا، بهبود امکان اتساع آنها و در نتیجه کاهش سختی محصول می‌شوند. امولسیفایرها با سهولت در توزیع روغن یا شورتینگ به صورت ذرات ریز در فاز آبی، موجبات پایداری حباب‌های هوا و جلوگیری از



شکل ۲- مقایسه آنالیز پروفایل بافت کیک بهینه و نمونه شاهد گندم و شاهد ذرت
ستون های دارای حروف متفاوت از لحاظ آماری دارای میانگین متفاوتند (P<۰/۰۵)



۱: نمونه بهینه ۲: شاهد ذرت ۳: شاهد گندم

شکل ۳- مقایسه ویژگی‌های حسی کیک بهینه بدون گلوتن و دو نمونه شاهد

به هم چسبیدن آن‌ها را فراهم می‌کنند و به این صورت پیوستگی در بافت کیک ایجاد می‌شود (ترابی زاده، ۱۳۸۱). افزایش امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات در پژوهش فعلی نیز بهبود چشمگیری در پیوستگی بافت نمونه‌ها ایجاد نمود. به‌علاوه در مقادیر بالای ۰/۵٪ این ترکیب، با بهبود لطافت بافت محصول موجب بهبود حالت اسفنجی، افزایش فنریت و خلل‌وفرج و کاهش سختی و مدول ظاهری کیک فراهم می‌شود.

افزودن هیدروکلوئیدها ازجمله صمغ گوار خصوصا در سطوح بالا موجب افزایش سختی و مدول ظاهری نمونه‌ها می‌شود. در حقیقت به علت سهولت جذب آب توسط این ترکیبات و افزایش ویسکوزیته خمیر، دانسیته نمونه‌ها افزایش و فنریت آنها کاهش می‌یابد (Gomez *et al.*, 2007). به این سبب افزایش صمغ زانتان در سطوح بالا موجب افزایش فشردگی بافت، سختی و قابلیت جویدن و کاهش پیوستگی و فنریت محصول می‌شود.

- بررسی روند بیاتی کیک بهینه بدون گلوتن و شاهد گندم و ذرت

در طی مدت زمان نگهداری نمونه‌ها، میزان افزایش سختی نمونه بهینه نسبت به شاهد گندم در سطح معنی‌داری کمتر است.

امولسیفایرها از بخش غیرقطبی مولکول خود به داخل مارپیچ زنجیره آمیلوز وارد و با جلوگیری از ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای مختلف آمیلوز، از تجمع و تراکم زنجیرهای آنها که نقش کلیدی در حفظ ژلاتینه بودن و جلوگیری از بیاتی نشاسته ایفا می‌نمایند دارد (ترابی زاده، ۱۳۸۱). به‌علاوه کاهش سفتی و به تاخیر انداختن بیاتی محصول در نمونه بهینه، به وجود هیدروکلوییدها و تأثیر آنها در افزایش و حفظ رطوبت در مدت زمان نگهداری نمونه‌ها وابسطه است (McCarthy *et al.*, 2005). کمتر بودن روند افزایشی مدول ظاهری نمونه بهینه نسبت به دو شاهد نیز مؤید تأثیر مثبت متغیرها در مقادیر بهینه بر تعویق این فرایند در محصول است.

کمتر بودن سختی نمونه بهینه نمایانگر وجود خلل و فرج و حالت اسفنجی و فنریت مناسب در آن است که علت اصلی به وجود نقش امولسیفایر در بهبود ایجاد و حفظ حباب‌های هوا در خمیر کیک وابسطه است. عموماً در محصولات فاقد گلوتن، به دلیل عدم وجود شبکه ویسکوالاستیک گلوتن که قادر به حفظ و نگهداری مناسب حباب‌های هواست، تخلخل و پیوستگی در حد مطلوب

ایجاد نمی‌شود. با افزودن هیدروکلوییدها به کیک فاقد گلوتن در کمیت‌های مناسب، با افزایش قوام و ویسکوزیته نسبی خمیر، افزایش قابل توجهی در پیوستگی بافتی محصول ایجاد خواهد شد (ابراهیم پور و همکاران، ۱۳۸۸). در طی دوره نگهداری، به علت بالاتر بودن کمیت دو پارامتر پیوستگی و فنریت نمونه بهینه، افزایش قابلیت جویدن این نمونه بیش از دو نمونه شاهد است. در هر دو نمونه شاهد در طی زمان نگهداری به علت از دست دادن آب درون بافتی محصول، پارامترهای فنریت، پیوستگی و قابلیت جویدن نمونه‌ها کاهش چشمگیری می‌یابد. در نمونه بهینه گروه‌های هیدروکسیل موجود در ساختار هیدروکلوییدها تعاملات بیشتری از طریق ایجاد پیوند هیدروژنی با آب برقرار می‌کنند و می توانند آب را در شبکه شبه گلوتنی ایجاد شده محبوس و باعث حفظ رطوبت در ساختار کیک شوند (McCarthy *et al.*, 2005). Guarda و همکاران نیز در سال ۲۰۰۳ هیدروکلوئیدهای مختلف را به عنوان بهبود دهنده و عامل ضد بیاتی در محصولات برپایه غلات معرفی کردند.

امولسیفایرها نیز به خاطر آمفی فیلیک خود باعث کاهش کشش سطحی و ایجاد پراکندگی پایدار شده و بهبود خلل‌وفرج محصول شده و با اثر متقابل با مولکول‌های نشاسته و ثابت نگاه‌داشتن آب موجب تعویق رتروگرادسیون می‌شوند (Stauffer *et al*., 2000).

نتیجه‌گیری

با توجه به وجود ارزش تغذیه‌ای اکارا به عنوان محصول جانبی کارخانجات شیر سویا، در این پژوهش از آن به عنوان یک پایه مناسب پروتئین و فیبر در کنار نشاسته ذرت در تولید کیک بدون گلوتن استفاده گردید. تاثیر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان و گوار و امولسیفایر سدیم استئاریل لاکتیلات بر ویژگی‌های کیفی محصول با روش سطح پاسخ ارزیابی شد و درنهایت سطوح بهینه غلظت متغیرها جهت تولید کیک بدون گلوتن، اختلاط ۱/۲٪ صمغ زانتان و ۱٪ امولسیفایر سدیم استیاریل لاکتیلات تعیین گردید. 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 دو نمونه شاهد بود. در طی ۱۴ روز نگهداری، کیک بهینه پیوستگی بافتی خود را به خوبی حفظ نمود. به علاوه فنریت نمونه فوق نیز در مدت نگهداری افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. نمونه بهینه در مقایسه با دو نمونه شاهد (گندم و ذرت) در طی دوره نگهداری، رطوبت را در ساختار خود به خوبی حفظ می‌کند. بنابراین با توجه به بالا بودن ارزش غذایی اکارا و از میان رفتن بسیاری از عناصر ضد تغذیه‌ای آن طی مراحل تولید، و البته امکان تولید محصولی با ویژگی‌های کیفی مطلوب، توصیه می شود از این محصول جانبی که در حال حاضر کاربردی جز مصرف دام ندارد در صنایع مختلف غذایی از جمله فرآورده‌های غلات استفاده شود.

منابع

ابراهیم پور، ن.، پیغمبردوست، س. ه.، آزادمرد دمیرچی، ص. و قنبرزاده، ب. (۱۳۸۸). تأثیر افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف روی ویژگی های حسی و بیاتی نان بدون گلوتن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۳. صفحات ۱۱۵-۹۹.

بی‌نام. (۱۳۷۳). بررسی میزان خاکستر نشاسته – ویژگی‌ها و روشهای آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۷۲۶.

بی‌نام. (۱۳۷۳). بررسی میزان ازت در نشاسته و فراوردهای آن- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۷۲۸.

بی‌نام. (۱۳۷۳). بررسی میزان رطوبت نشاسته – ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۷۹۷.

بی‌نام. (۱۳۷۳). بررسی میزان چربی نشاسته – ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۴۷۹۸.

بی‌نام. (۱۳۸۸). خوراک دام و طیور و آبزیان -اندازه گیری مقدار چربی. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۰۰.

بی‌نام. (۱۳۸۸). خوراک دام- اندازه‌گیری رطوبت و سایر مواد فرار- روش آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات

صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۸۴۳۸.

بی‌نام. (۱۳۸۸). خوراک دام، طیور و آبزیان – اندازه-گیری مقدار ازت و محاسبه مقدار پروتئین خام- قسمت اول: روش کلدال. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۱-۱۰۷۰۳.

بی نام. (۱۳۸۸). خوراک دام، طیور و آبزیان – الیاف خام (فیبر) – روش آزمون. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران، شماره ۵۲۰.

بی نام. (۱۳۸۸). خوراک دام و طیور و آبزیان - تعیین خاکستر کل. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۱۴۳ .

ترابی زاده، ه. (۱۳۸۱). امولسیون‌های غذایی و امولسیفایرها. انتشارات آییژ، تهران، چاپ اول، صفحات ۶۳-۷۶.

شهرکی، ت.، فرهمند، ف.، شهرکی، م. و کرمی، ح. (۱۳۸۸). یافته‌های بالینی و پارا کلینیکی بیماری سلیاک در کودکان مراجعه کننده به مراکز طبی کودکان تهران. مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره ۱۱، شماره ۴، صفحات ۶۹-۷۴.

ملک زاده، ر. و شاکری، ر. (۱۳۸۶). بیماری سلیاک در ایران. مجله دانشکده پزشکی- دانشگاه علوم پزشکی تهران. دوره ۶۵، شماره ۲، صفحات ۱۱-۱.

نقی پور، ف.، کریمی، م.، حبیبی، م.، حداد خدا پرست، م.، شیخ الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م. و صحرائیان، ب. (۱۳۹۲). بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ های گوار و گزانتان، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۴۱، صفحات ۱۳۹-۱۲۷.

Aguado, A. (2010). Development Of Okara Powder As a Gluten Free Alternative to all Purpose Flour for Value Added use in Baked Goods. degree of Master of Science in Food Science . Thesis submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park.

Arozarena, I., Bertholo, M., Empise, J., Bunger, A. & Sousa, I. D. (2001). Studyof the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake. Europe Research Technology, 213(4-5), 312 – 316.

Chávez, F. & Barca, A. M. (2010)Trends in wheat technology and modification of gluten proteins for dietary treatment of coeliac disease patients. Journal of Cereal Science, 25(3), 337-341.

Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. & Rosell, C. M. (2007). Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. Food Hydrocolloids, 21(2), 167-173.

Guarda, A., Rossel, C. M., Benedito, C. & Galotto, M. (2003). Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids, 18(2), 241-247.

Kumar, P., Yadava, R., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R. & Yadav, S. (2011). Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat: A Review., Life Sci Med Res, 22, 1-10.

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.

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.

McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J. & Arendt, E. K. (2005). Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. Cereal Chemistry 82(5), 609-615.

Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. & Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39(10), 1092-1098.

Sengupta, S., Chakraborty, M., Bhowal, J. & Bhattacharya, D. (2012). Study on the effects of drying process on the composition and quality of wet okara. International Journal of Science, Environment and Technology, 1(4), 319-330.

Stauffer, C. E. (2000). Emulsifiers as antistaling agents, Cereal Foods World, 45(3), 106-110.

Turabi, E., Sumnu, G. & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend . Food Hydrocolloids, 22(2), 305-312.

Yam, K. L. & Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of Food Engineering, 61(1), 137-142.

Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L. &

Korus, J. (2013). Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. Food Hydrocolloids, 32(2), 213-220.