

# بررسی تأثیر کربوکسی متیل سلولز، زانتان و امولسیفایر داتم بر ویژگی‌های کیک فنجان‌ی بدون گلوتن بر پایه نشاسته برنج و اکارا با استفاده از روش سطح پاسخ

الهه زاغیان<sup>۱</sup>، هاجر عباسی<sup>۱\*</sup>، محمد فاضل نجف آبادی<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۱)

## چکیده

سلیاک، نوعی بیماری خودایمن گوارشی ناشی از حساسیت به گلیادین است که بیماران را ملزم به رعایت رژیم غذایی فاقد گلوتن می‌کند. با توجه به نقش گلوتن در ایجاد بافت، حذف این ترکیب کاهش چشمگیر کیفیت محصول را به همراه دارد. هدف از پژوهش حاضر تهیه فرمولاسیون بهینه کیک فنجان‌ی بدون گلوتن بر پایه اکارا (محصول جانبی شیر سویا) و نشاسته برنج و اصلاح ویژگی‌های آن است. در این راستا تأثیر افزودن دو هیدروکلوئید (کربوکسی-متیل سلولز و زانتان) در سطوح (۳-۰٪) و امولسیفایر داتم (۱-۰٪) بر مهمترین خصوصیات کیفی محصول شامل ویژگی‌های بافتی (سفتی، فنریت، پیوستگی)، رنگ، دانسیته و تخلخل ارزیابی و توسط روش سطح پاسخ با استفاده از نرم‌افزار Design-Expert 7.0.0 مدل‌سازی گردید. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که افزایش کربوکسی‌متیل سلولز و امولسیفایر داتم به ترتیب موجب افزایش و کاهش دانسیته محصول می‌شود. همچنین با افزایش کمیت هر سه متغیر از مقادیر متوسط به بالا، روندی افزایشی در محتوی رطوبت محصول مشاهده می‌شود. همگام با کاهش سرعت خروج رطوبت، میزان روشنایی پوسته کیک نیز کاهش می‌یابد. استفاده از مقادیر بالای هیدروکلوئیدها موجب افزایش سفتی و قابلیت جویدن محصول می‌شود. به‌علاوه افزایش کمیت هیدروکلوئید زانتان، کاهش پیوستگی و افزایش کربوکسی‌متیل سلولز، افزایش پیوستگی بافتی محصول را به همراه دارد. امولسیفایر داتم نیز تا سطوح ۰/۵ درصد در بهبود فنریت محصول مؤثر است. سطوح بهینه متغیرها با در نظر گرفتن مدل‌های حاصل، اختلاط ۱/۳۴٪ زانتان، ۰/۱۶٪ کربوکسی‌متیل سلولز و ۰/۴۱٪ داتم معین گردید. مقایسه محصول بهینه با نمونه شاهد نشان دهنده کاهش سرعت بیات شدن آن است به نحوی که در طی ۱۴ روز، به خوبی پیوستگی بافتی خود را حفظ می‌کند. این خصوصیت به حفظ رطوبت مواد اولیه و افزودنی‌های فرمولاسیون و کاهش سرعت رترোগراداسیون نشاسته مرتبط است. در مجموع از لحاظ ویژگی‌های بافتی و سایر فاکتورهای مورد ارزیابی خصوصاً ارزیابی‌های حسی، شباهت زیادی میان نمونه بهینه و نمونه تهیه شده با آرد گندم وجود دارد.

کلید واژگان: کیک بدون گلوتن، نشاسته برنج، اکارا، زانتان، کربوکسی‌متیل سلولز

\*مسئول مکاتبات: H.Abbasi@khuisf.ac.ir

## ۱- مقدمه

سلیاک نوعی اختلال مرتبط با روده کوچک است که از عدم تحمل پپتیدهای هضم نشده حاصل از پروتئین گلوتن نشأت می‌گیرد و در افراد مستعد از لحاظ ژنتیکی بیشتر مشاهده می‌شود. این بیماری که زمانی جزء بیماری‌های بسیار نادر تلقی میشد اکنون شیوعی قریب به ۱٪ در اکثر جوامع از جمله در ایران دارد [۱]. امروزه بهترین راه پیشگیری از بروز عوارض این بیماری، استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن معرفی شده است. از آنجائی که گلوتن ضروری‌ترین پروتئین سازنده بافت محصولات نانوائی و قنادی است و در ساختمان مغز و ظاهر بسیاری از محصولات آردی تهیه شده از آرد گندم از جمله نان و کیک و غیره دخالت دارد، لذا حذف آن از فرمولاسیون این دست از محصولات می‌تواند مشکلات زیادی از لحاظ کیفیت محصول را به همراه داشته باشد [۲]. از این رو با توجه به مشاهده و شیوع بیماری سلیاک در بسیاری از مناطق جهان، بررسی شرایط تولید و فرموله کردن محصولات فاقد گلوتن در حال گسترش است [۳].

اکارا<sup>۱</sup> محصول جانبی حاصل از تولید شیر سویا و پنیر توفو<sup>۲</sup> است [۴] که به دلیل دارا بودن فیبر بالا می‌تواند به عنوان یک مکمل رژیمی مناسب در کنترل دیابت، چاقی و چربی خون (کلسترول) در نظر گرفته شود. سایر ترکیبات کم مقدار موجود در آن شامل ایزوفلاون<sup>۳</sup> (دایدزئین<sup>۴</sup>، جنیستئین<sup>۵</sup>، کومستان<sup>۶</sup>، لیگنان‌ها، فیتوسترول‌ها هستند که خواص درمانی متنوعی چون کنترل بیمارهای قلب و عروق و انواع خاص سرطان‌ها برای آنها گزارش شده است [۵]. به علاوه اکارا حاوی ۹ اسید آمینه ضروری و مقادیر قابل ملاحظه‌ای مواد معدنی و ویتامین‌های مانند روی، پتاسیم، آهن، کلسیم، تیامین<sup>۷</sup>، ریبوفلاوین<sup>۸</sup> و نیاسین<sup>۹</sup> می‌باشد. هم‌چنین با دارا بودن اثرات ضدالتهابی و ضدسرطانی در معده و روده و افزایش حجم مدفوع به واسطه وجود فیبرهای غیرمحلول، اکارا می‌تواند در کنترل اسهال و یبوست افراد دارای

روده‌های تحریک‌پذیر مفید باشد [۶]. اکارا در حدود ۲۷ درصد و آرد گندم در حدود ۱۲ درصد پروتئین دارد. این میزان پروتئین باعث غنی‌سازی مواد غذایی حاوی اکارا می‌شود [۷]. به علاوه از لحاظ کیفیت تغذیه‌ای پروتئین، خصوصاً وجود آمینواسیدهای ضروری مانند لیزین که اولین اسیدآمینه محدود کننده غلات است، اکارا نسبت به آرد گندم برتری چشمگیری دارد [۷].

بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات چندی در خصوص به‌کارگیری اکارا در فرمولاسیون محصولات مختلف از جمله فرآورده‌های بر پایه غلات صورت گرفته است. در همین راستا گزارشات ونگ و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهد که اثر جایگزینی آرد اکارا تا میزان ۲۰٪ از آرد گندم در تهیه کیک، بیانگر افزایش ارزش تغذیه‌ای کیک با استفاده از اکارا و نیز بهبود عطر و طعم محصول در مقادیر بالای ۱۵٪ است [۸]. گریزتو و همکاران (۲۰۱۰) تحقیقاتی را در زمینه اضافه کردن اکارا به بیسکوئیت شیرین انجام دادند. در این راستا اکارای دهیدراته از ۲ شرکت مختلف تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. اکارای شرکت اول محصولی با ظرفیت نگهداری آب بالاتر، حلالیت پروتئینی و ثبات امولسیون بیشتری نسبت به نمونه تهیه شده از شرکت دوم بود. نتایج نشان داد جایگزینی اکارا تا ۳۰ درصد وزنی/وزنی آرد گندم در فرمولاسیون بیسکوئیت تفاوت معناداری با نمونه‌های شاهد از لحاظ رنگ، عطر و طعم و ویژگی‌های فیزیکی (سفتی و فعالیت آبی) و حسی نشان نمی‌دهد [۹].

بررسی مطالعات صورت گرفته بر محصولات بدون گلوتن نشان دهنده وجود پژوهش‌های متعددی در راستای تولید این فرآورده‌ها و بهبود خصوصیات کیفی آنها با استفاده از افزودنی‌های مختلف است. اسکیارینی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز به خمیر نان‌های فاقد گلوتن در کاهش سفتی مغز نان، افزایش میزان جذب آب، حفظ رطوبت بافت نان، به تاخیر انداختن بیاتی و ماندگاری آن موثر است [۱۰]. هم‌چنین کائور و همکاران (۲۰۱۴) از آرد گندم سیاه برای تهیه بیسکوئیت بدون گلوتن استفاده کردند. با افزودن میزان ۱ گرم در ۱۰۰ گرم آرد گندم سیاه از صمغ‌هایی مانند گوار، صمغ عربی، زانتان و کتیرا در تهیه بیسکوئیت مشاهده کردند که زانتان به صورت قابل قبولی باعث بهبود در رنگ، طعم و ظاهر محصول شده بود [۱۱]. بررسی نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که برخی از

- 1-Okara
- 2- Tofu
- 3-Isoflavone
- 4 -Daidzein
- 5- Genistein
- 6 -Coumestan
- 7- Thiamine
- 8- Riboflavin
- 9- Niacin

## ۱-۲- بررسی ویژگی‌های کیفی اکارا و نشاسته

### برنج

آزمون‌های شیمیایی شامل رطوبت اکارا (استاندارد ملی شماره ۸۴۳۸) و رطوبت نشاسته برنج (استاندارد ملی شماره ۲۷۰۵)، پروتئین اکارا (استاندارد ملی شماره ۱-۱۰۷۰۳) و پروتئین نشاسته برنج (استاندارد ملی شماره ۲۸۶۳)، چربی اکارا (استاندارد ملی شماره ۷۵۹۳) و چربی نشاسته برنج (استاندارد ملی شماره ۲۸۶۲)، فیبر خام اکارا (استاندارد ملی شماره ۵۲۰) و خاکستر نشاسته برنج (استاندارد ملی شماره ۲۷۰۶) به منظور بررسی کیفی مواد اولیه اصلی مورد استفاده در تهیه محصول صورت گرفت [۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹].

## ۲-۲- تولید کیک اکارای فاقد گلوتن

در جدول (۱) درصد مواد اولیه مورد نیاز تولید کیک بدون گلوتن آورده شده است. به منظور تهیه خمیر کیک ابتدا شکر و وانیل به زرده افزوده و هم زده شدند. پس از زمان معین، آب و روغن به آنها افزوده و مجدداً اختلاط شدند. سپس اکارا همراه با درصدهای مشخص از صمغ‌ها و امولسیفایر اضافه شد و هم زدن ادامه پیدا کرد. سفیده تخم‌مرغ‌ها جداگانه هم‌زده شدند تا فرم کف ماندی حاصل شود. سپس مواد تهیه شده به ظرف حاوی سفیده تخم‌مرغ انتقال یافت. در مرحله بعد، مواد خشک (نشاسته برنج و پودر پخت و شیر خشک و پودر آب پنیر) پس از الک کردن به مواد فوق افزوده و پس از ترکیب به قالب‌های کیک فنجان‌ی انتقال یافت. پخت محصول در فر صنعتی تحت دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه صورت گرفت. در نهایت، نمونه‌ها از فر خارج و خنک شدند و در جعبه‌های مقوایی نگه‌داری و پس از حدود ۱۸ ساعت برای انجام آزمایشات مورد نظر استفاده قرار گرفتند [۲۰].

**Table 1** The quantities of used materials in the formulation of free gluten cake

Raw material	grams
Wheat flour	0
Rice starch	68
Okara	53.33
Oil	57
Egg	72
Whey powder	4
Milk powder	2
Sugar	72
Baking powder	1.34
Vanilla	0.5

پروتئین‌های غیرگلوتنی، هیدروکلوئیدها و امولسیفایرها مهمترین کاربردی‌ترین افزودنی‌هایی هستند که به منظور بهبود محتوای ارزش تغذیه‌ای و خواص فیزیکی محصولات فاقد گلوتن و تقلید از خواص ویسکوالاستیک گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. صمغ‌ها از جمله زانتان و کربوکسی‌متیل سلولز موجب اصلاح ویژگی‌های نشاسته، تغییر دمای ژلاتیناسیون، بهبود ویسکوزیته خمیر و کاهش سرعت رترورگراسیون در محصولات نانوبی و قنادی می‌شود و تا حدودی می‌تواند جایگزینی برای ویژگی‌های گلوتن در خمیر باشد. امولسیفایرها از جمله داتم نیز به عنوان تعدیل‌کننده خمیر به دلیل تأثیر بر نشاسته و پروتئین در صنعت نانوبی کاربرد وسیعی دارد که با بهبود ویژگی‌های امولسیون خمیر موجب افزایش حجم نهایی محصول، بهبود طعم مطلوب و کاهش سرعت بیات شدن آن می‌گردد.

علیرغم ارزش غذایی بالای اکارا، سالانه مقادیر زیادی از این محصول ثانویه در صنایع فرآوری سویا تولید می‌شود که تاکنون کاربردی جز استفاده در خوراک دام برای در کشور ما برای آن تعریف نشده است. لذا، هدف از این پژوهش فرموله کردن کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و استفاده از اکارا به عنوان یک منبع پروتئینی و فیبری مناسب در آن است. در این راستا از افزودنی‌های مجاز مانند هیدروکلوئیدها و امولسیفایرها به منظور ایجاد ساختار بافتی مناسب شبیه محصولات دارای گلوتن بهره‌گیری شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

به منظور فرموله کردن کیک‌های فنجان‌ی بدون گلوتن در این پژوهش مواد اولیه همچون اکارای مرطوب (شرکت مکسوی اصفهان)، نشاسته برنج (شرکت اطلس اصفهان)، وانیل (شرکت نسترن)، شکر (لادن)، بکینگ پودر (بهاره)، پودر آب پنیر و شیر خشک (شرکت زرین شاد سپاهان) و تخم‌مرغ (تلاونگ) از فروشگاه‌های سطح شهر خریداری شدند. صمغ کربوکسی‌متیل-سلولز (شرکت صنایع شیمیایی ولش<sup>۱</sup>)، صمغ زانتان (شرکت فونگ<sup>۲</sup>) و امولسیفایر داتم (شرکت اموپارس<sup>۳</sup>) نیز تهیه گردیدند.

1. Werlech Chemical Industry  
2. Fufeng  
3. Emupars

## ۲-۳- ارزیابی ویژگی‌های کیفی محصول

## ۲-۳-۱- رطوبت کیک

محتوی رطوبت موجود در کیک مطابق استاندارد ملی شماره ۲۷۰۵ توسط آون‌گذاری محصول ارزیابی گردید [۱۳].

## ۲-۳-۲- دانسیته کیک

اندازه‌گیری دانسیته با استفاده از روش جایگزینی حجم دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ انجام شد [۲۱].

## ۲-۳-۳- رنگ کیک

برای بررسی پارامترهای رنگی، تصویربرداری از نمونه‌ها در اتاقکی دوزنقه از جنس ام.دی.اف به رنگ سفید صورت گرفت. منبع نور شامل دو لامپ فلوروسنت با زاویه ۴۵ درجه و تصویربرداری با استفاده از دوربین پاناسونیک مدل Lumix Dmc-TZ5 که با فاصله ۳۴/۵ سانتی‌متر از نمونه‌ها و موازی با آنها تنظیم شده بود صورت گرفت. نمونه‌ها با فرمت JPEG ذخیره و تصاویر به کمک نرم افزار فتوشاپ در فضای رنگی RGB مورد آنالیز قرار گرفتند و 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. از کارت‌های استاندارد رال به منظور تعیین ضریب خطای آزمون استفاده شد [۲۲، ۲۳].

## ۲-۳-۴- بافت سنجی

یکی از روش‌های متداول در آنالیز مکانیکی بافت مواد غذایی، آزمون آنالیز پروفایل بافت است که همبستگی خوبی با ویژگی‌های حسی محصول دارد. آنالیز بافت نمونه‌ها توسط دستگاه LFRA Texture Analyzer (Brookfield) 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 خصوصیات ماند سفتی، پیوستگی، چسبندگی، فنریت، مدول ظاهری و قابلیت جویدن مورد استفاده قرار گرفت [۲۴].

## ۲-۳-۵- اندازه‌گیری تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل، در فاصله زمانی ۱۲ ساعت پس از پخت، برشی به ابعاد ۲۰×۲۰ میلی متر از مغز کیک تهیه گردید و توسط دستگاه اسکنر مدل Laserjet 1536 BMF-MFTHp با وضوح ۱۲۰۰ پیکسل اسکن شد و با استفاده از نرم افزار Image J درصد تخلخل بافتی نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت [۲۵].

## ۲-۳-۶- مقایسه پارامترهای کیفی، ارزیابی حسی و روند

## بیاتی نمونه بهینه و نمونه‌های شاهد (گندم و برنج)

نمونه تهیه شده بر مبنی فرمولاسیون بهینه حاصل از مدل‌سازی پارامترها، با دو نمونه شاهد که اولی شامل محصول تهیه شده بر پایه آرد گندم (شاهد گندم) به منظور بررسی میزان شباهت این محصول به محصولات معمولی دارای گلوتن و دومی محصول تهیه بر پایه آرد برنج و اکارا بدون افزودن متغیرهای این پژوهش (شاهد برنج) به منظور بررسی تأثیر افزودن هیدروکلوئیدها و امولسیفایر در بهبود ویژگی‌های کیفی آن از لحاظ میزان تخلخل، ویژگیهای رنگ و خصوصیات بافتی به منظور بررسی سرعت بیات شدن (این آزمون از زمان تولید محصول تا چهارده روز پس از آن در فواصل زمانی هفت روزه انجام شد) بررسی گردید. خواص ارگانولپتیک نمونه‌ها، پس از گذشت ۱۲ ساعت از فرایند پخت، با استفاده از آزمون هدونیک ۶ نقطه ای<sup>۱</sup> توسط ۳۰ ارزیاب بررسی گردید. صفات مورد نظر داوران شامل رنگ، عطر و طعم، مطلوبیت بافت دهانی و پذیرش کلی بود.

## ۲-۳-۷- روش ارزیابی آماری

برای تعیین فرمولاسیون تیمارها (جدول ۲) و تجزیه و تحلیل نتایج آزمون‌ها از روش آماری سطح پاسخ به کمک نرم‌افزار Design-Expert 7.0.0، با در نظر گرفتن ۴ نقطه مرکزی استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز در دامنه (۳-۰ درصد) و امولسیفایر دی استیل تارتاریک اسید استر مونو گلیسرید در دامنه (۱-۰ درصد) و متغیرهای وابسته بررسی شده شامل دانسیته، تخلخل، رنگ و ارزیابی بافت در نظر گرفته شدند. در روش سطح پاسخ برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف و اثرات اصلی و متقابل متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بنابراین به منظور

1. Six point hedonic test

$$\text{خطا} = \frac{(\text{مقدار بهینه} - \text{مقدار واقعی})}{\text{مقدار واقعی}} \times 100 \quad (\text{رابطه ۲})$$

خطا

مقایسه پارامترهای کیفی و روند بیاتی نمونه بهینه، شاهد گندم و شاهد برنج در قالب طرح کاملا تصادفی و مقایسه میانگین آنها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) توسط نرم افزار SAS مورد ارزیابی قرار گرفتند.

حصول مدل‌های تجربی برای پیش‌بینی پاسخ، روابط خطی و چند جمله‌ای درجه دوم بر داده‌های به‌دست آمده از آزمایش‌ها برآزش شدند. سپس این مدل‌ها مورد آنالیز آماری قرار گرفته و مدل مناسب‌ترین گردید.

مقادیر بهینه متغیرهای مستقل بر مبنای پارامترهای کیفی مورد نظر مدلسازی گردید و پارامترهای کیفی نمونه بهینه اندازه‌گیری و با مقادیر حاصل از معادلات پیشنهادی توسط رابطه (۲) مورد مقایسه قرار گرفتند تا درصد خطای مدل‌سازی محاسبه گردد.

**Table 2** The levels of independent variables in treatments of products based on rice starch and okara

Treatment	DATEM (g)	Carboxymethyl cellulose (g)	Xanthan (g)
1	0.5	0	1.5
2	0.5	1.5	3
3	0.167	0.5	0.5
4	0.5	1.5	1.5
5	0.167	2.5	0.5
6	0.833	0.5	2.5
7	0.167	0.5	2.5
8	0.833	0.5	0.5
9	0.167	2.5	2.5
10	0.5	1.5	1.5
11	0.833	2.5	2.5
12	0.5	3	1.5
13	0.5	1.5	1.5
14	0.999	1.5	1.5
15	0.833	0.5	0.5
16	0.5	1.5	0
17	0.0005	1.5	1.5
18	0.5	1.5	1.5

ویژگی‌های شیمیایی نشاسته برنج و اکارا مورد استفاده در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن مطابق آزمون‌های استاندارد بررسی شد و نتایج آن در جدول (۳) گزارش شده است.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- خصوصیات شیمیایی نشاسته برنج و اکارا

**Table 3** Chemical properties of Okara and rice starch (g /100g dry weight)

	carbohydrate	Protein	Fat	Moisture	Ash
Rice starch	74.4	6.59	2.69	6.07	1.12
Okara	43.4	41.3	11.7	72	3.6

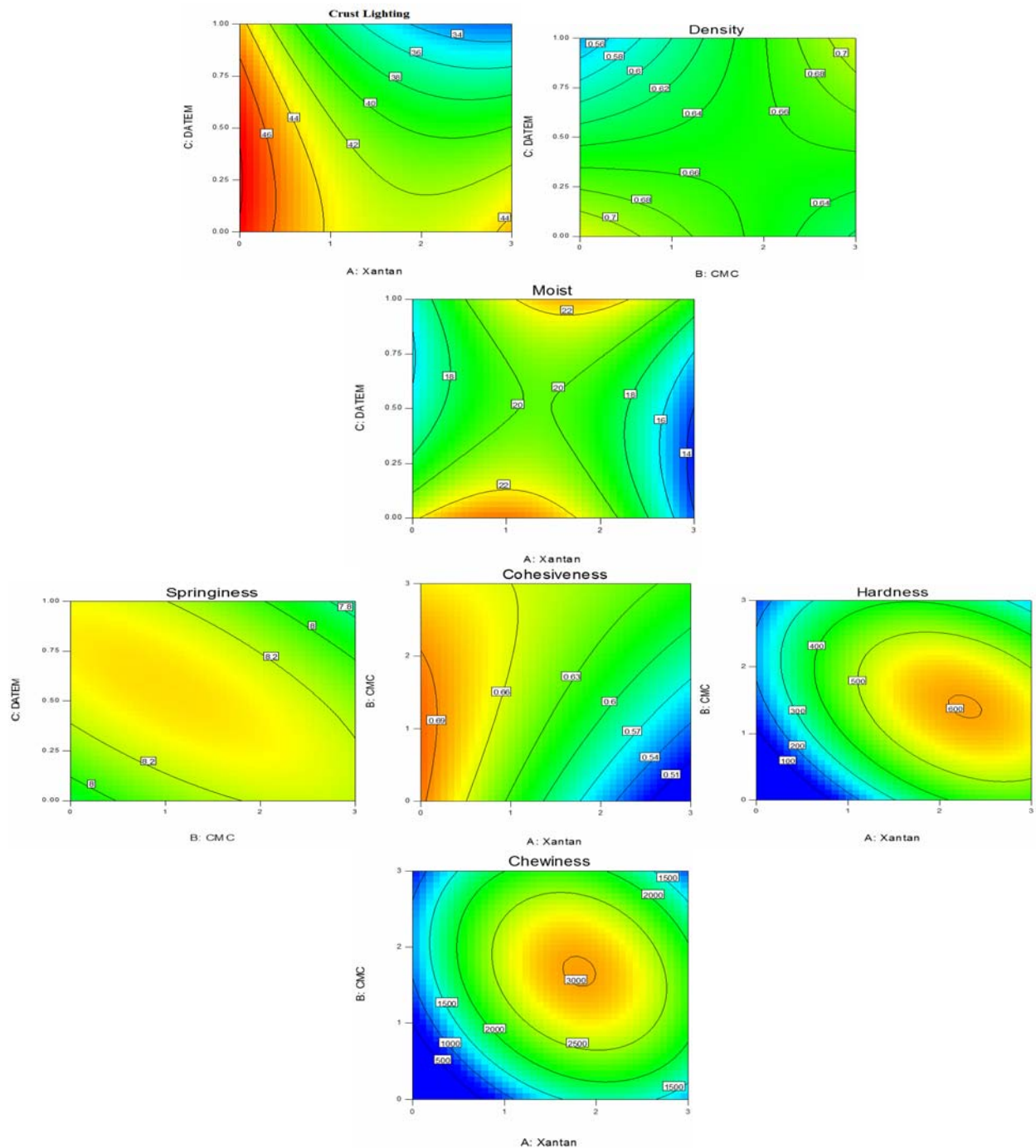
#### ۳-۲- ویژگی‌های کیفی کیک بدون گلوتن

##### ۳-۲-۱- رطوبت

صمغ کربوکسی متیل سلولوز و امولسیفایر داتم به صورت مجذور و اثر متقابل صمغ زانتان و امولسیفایر داتم بر محتوی رطوبت

کیک اکارای فاقد گلوتن معنی‌دار است. مطابق شکل (۱) I با افزایش صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولوز و امولسیفایر داتم از مقدار متوسط به بالا، روندی افزایشی در میزان رطوبت مشاهده می‌شود. گومز و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که دلیل افزایش رطوبت در نمونه‌های کیک برنجی حاوی صمغ به ظرفیت

کربوکسی متیل سلولز مصرفی مربوط است [۲۶].



**Fig 1** Textural properties, moisture, density and crust lighting changes of gluten-free cupcake in response surface plots

نتایج آنالیز آماری انجام شده بر این فاکتور مطابق جدول (۵) نشان می‌دهد، اثر خطی زانتان و اثر متقابل کربوکسی متیل سلولز

۳-۲-۲- دانسیته:

سفتی بافت، بیانگر مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری است. اثر خطی، متقابل و درجه دوم صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر میزان سفتی بافت کیک فاقد گلوتن معنی دار است. با توجه به شکل (۴) IV با افزایش مقدار صمغ زانتان میزان سفتی کیک با شیب بیشتری افزایش یافته است و افزایش صمغ کربوکسی متیل سلولز تا حدود ۲/۵ موجب افزایش سفتی محصول شده است. صمغ‌ها، موجب تقویت استحکام دیواره سلول های گازی موجود در محصول می‌شوند. لذا، به همین دلیل مقاومت کیک در برابر فشار وارد شده توسط پروب دستگاه بافت‌سنج افزایش می‌یابد که مشاهدات این پژوهش با نتایج تحقیق آروزارنا و همکاران (۲۰۰۱) مطابقت دارد [۳۰]. همچنین طبق تحقیقات ایوبی و همکاران (۱۳۸۷)، صمغ زانتان در غلظت های بالا با ممانعت از انبساط مناسب هوای داخل حفرات محصول در حین پخت به واسطه ویسکوزیته بالا، سبب ایجاد حفرات کوچک در محصول می‌شود که از تخریب ساختمان محصول در برابر نیروی وارده توسط دستگاه بافت‌سنج جلوگیری می‌کند [۲۷].

مدول ظاهری، شیب خط مماس بر منحنی سفتی را نشان می‌دهد و قاعدتا با پارامتر سفتی محصول همبستگی دارد. اثر درجه اول و درجه دوم زانتان، اثر درجه دوم کربوکسی متیل سلولز و اثر متقابل زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر تغییر این پارامتر معنی دار است. با افزایش صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز، میزان مدول ظاهری محصول نیز افزایش می‌یابد. با توجه به دلایل مطرح شده در مورد اثرات افزایش صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر فاکتور سفتی کیک، مدول ظاهری نیز متعاقباً "روندی صعودی را نشان می‌دهد.

پیوستگی، بیانگر مقاومت درونی ساختار ماده غذایی است و میزان آن به برهم‌کنش‌های درون مولکولی اجزاء فرمولاسیون بستگی دارد. اثر خطی و متقابل صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز بر میزان پیوستگی کیک اکارای فاقد گلوتن معنی دار است. مطابق با شکل (۵) V، افزایش مقدار زانتان، کاهش پیوستگی و افزایش کربوکسی متیل سلولز، افزایش پیوستگی بافتی محصول را به همراه دارد. افزایش ویسکوزیته ناشی از کربوکسی متیل سلولز در خمیر، امکان احتباس حباب‌های گازی و چسبندگی داخل

و امولسیفایر داتم بر دانسیته کیک بدون گلوتن معنی دار است. همان‌طور که در شکل (۲) II مشاهده می‌شود، افزایش کربوکسی متیل سلولز و امولسیفایر داتم به ترتیب موجب افزایش و کاهش دانسیته محصول می‌شود. به‌طور کلی هیدروکلوئیدها به علت سهولت در جذب آب، باعث افزایش گرانیوی خمیر می‌شوند که این افزایش در گرانیوی 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 کربوکسی متیل سلولز را می‌توان به گرانیوی بالای خمیر در غلظت‌های بالا نسبت داد که با یافته‌های پژوهش گومز و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد [۲۶]. همچنین ایوبی و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که صمغ زانتان در غلظت های بالا منجر به افزایش ویسکوزیته خمیر کیک شده و از انبساط بیشتر حباب‌های هوا در حین پخت جلوگیری می‌کند که قاعدتا این پدیده منجر به افزایش دانسیته محصول خواهد شد [۲۷]. کاهش دانسیته به واسطه استفاده امولسیفایر داتم در فرمولاسیون کیک به این دلیل است که امولسیفایرها با تغییر در کشش سطحی محیط بر قدرت ایجاد حباب‌های هوا در خمیر که موجبات بهبود بافت محصول را فراهم می‌کنند مؤثرند که با نتایج حاصل از تحقیق تورابی و همکاران (۲۰۰۸) و ساهی و الاوا (۲۰۰۳) مطابقت دارد [۲۸، ۲۹].

۳-۲-۳- رنگ:

طبق نتایج آنالیز واریانس نهایی مربوط به روشنایی پوسته کیک فاقد گلوتن، متغیرهای مستقل تنها به فرم خطی با ضریب تشخیص ۶۱٪ بر متغیر پاسخ مؤثر هستند. مطابق با شکل (۳) III، با افزایش مقدار زانتان و داتم، همگام با کاهش سرعت خروج رطوبت، میزان روشنایی پوسته کیک کاهش می‌یابد. تغییر ویژگی‌های سطحی به واسطه تغییر مواد اولیه نیز در پراکنش نور و میزان پارامترهای رنگی سطح محصول مؤثر است. با افزایش صمغ و امولسیفایر، همگام با کاهش سرعت خروج رطوبت، سرعت فرایندهایی که در تشکیل رنگ محصول مؤثر هستند افزایش و از میزان روشنایی پوسته کاسته خواهد شد. علاوه بر این، تغییر ویژگی‌های سطحی به واسطه تغییر مواد اولیه نیز در پراکنش نور و میزان پارامترهای رنگی سطح آن مؤثر است.

۳-۲-۴- آنالیز پروفایل بافت:

از بین رفتن حباب‌های ایجاد شده در خمیر می‌شود که این امر به کاهش حجم و فنریت محصول منجر خواهد شد. 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 می‌شود. اثر خطی، متقابل و درجه دوم صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولوز بر میزان قابلیت جویدن کیک اکارای فاقد گلو تن معنی‌دار است. شکل (۷) VII نشان می‌دهد که افزایش صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولوز تا حدود ۲/۵ موجب افزایش قابلیت جویدن محصول شده است. با توجه به اینکه صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولوز در مقادیر بالا، موجب افزایش سفتی، و در مقابل باعث کاهش پیوستگی و فنریت شده است و نظر به اینکه اثر متغیرها در افزایش سفتی بیشتر از اثر آنها در کاهش دو فاکتور دیگر است، بنابراین بافت کیک حاصل، دارای قابلیت جویدن شدیدتری می‌باشد.

بافتی را به شکل مطلوب‌تری فراهم می‌آورد. با توجه به تفاوت ساختاری هیدروکلونیدها، تأثیرات متفاوتی از آنها بر فاکتورهای بافتی محصول از جمله پیوستگی حاصل می‌گردد. لذا مطابق نتایج پژوهش حاضر، این ویژگی در مورد صمغ کربوکسی متیل سلولوز نسبت به زانتان ارجحیت دارد. 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. تأثیر اثرات اصلی، درجه دوم و متقابل متغیرها در جدول (۴) آورده شده است. مطابق با شکل (۶) VI، افزایش امولسیفایر داتم تا حدود ۰/۵ درصد منجر به بهبود فنریت نمونه‌ها می‌شود. در واقع امولسیفایر با کاهش کشش سطحی محیط به بهبود امکان ایجاد حباب‌های هوا در خمیر کمک می‌کند. افزایش غلظت بیشتر به واسطه کاهش بیش از حد کشش سطحی، موجب ناپایداری و

**Table 4** Coefficients of the independent variables of acquired regression models for qualitative properties of samples

Factor	Hardness (g)	cohesiveness	Chewiness (g.mm)	apparent modulus (mm/second)	Springiness (mm)	Adhesiveness(g)	Density (g/m <sup>3</sup> )	Moisture (%)
β <sub>0</sub>	-235.27***	0.74***	-1416.34***	-30.10***	8.40***	1.26***	0.60***	24.90***
β <sub>1</sub>	481.41***	-0.07***	2570.43***	54.08***	-0.05***	-2.93 <sup>ns</sup>	0.09***	3.58*
β <sub>2</sub>	408.40**	-7.32×10 <sup>3ns</sup>	2361.80***	44.30 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	-2.73 <sup>ns</sup>	-9.02×10 <sup>3ns</sup>	-4.60 <sup>ns</sup>
β <sub>3</sub>		-0.14 <sup>ns</sup>	634.60 <sup>ns</sup>	1.90 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	8.20***	-0.10 <sup>ns</sup>	-16.00 <sup>ns</sup>
β <sub>12</sub>	-64.10***	0.02*	-235.45**	-7.80***	-0.16***		-0.02 <sup>ns</sup>	
β <sub>13</sub>							-0.05 <sup>ns</sup>	3.40*
β <sub>23</sub>			-466.60 <sup>ns</sup>		-0.30**		0.01**	
β <sub>11</sub>	-85.55***		-598.10***	-8.10***	-0.20***	0.94***		-2.12***
β <sub>22</sub>	-92.93***		-505.80***	-9.90***	-0.06 <sup>ns</sup>	0.94***		1.65***
β <sub>33</sub>		0.13 <sup>ns</sup>			-0.70**	-11.56***		10.90**
	0.81	0.61	0.81	0.81	0.90	0.62	0.53	0.84
Lack of fit	0.41	0.34	0.16	0.11	0.32	0.05	0.05	0.60

ns, No significant

\*, \*\*, \*\*\*, significant at 90%, 95 % and 99 % confidence level respectively

0. Constant coefficient

1. Carboxy methyl cellulose

2. Xanthan

3. DATEM



## ۳-۳- بهینه سازی فرمول و اعتبارسنجی مدل

نمونه‌ای با سطوح بهینه به دست آمده (۱/۳۴ درصد صمغ زانتان و ۰/۱۶ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز و ۰/۴۱ درصد امولسیفایر داتم) مورد نظر تولید و 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. بررسی نتایج نشان می‌دهد که صحت عملکرد مدل‌های حاصل شده قابل قبول است.

بهینه‌سازی فرمولاسیون محصول براساس مهمترین پارامترهای کیفی کیک شاهد که فاقد اکارا، نشاسته و افزودنی‌های متغیر این پژوهش و دارای آرد گندم مناسب و فرمولاسیون پایه تیمارها است (دانسته، سفتی، پیوستگی، قابلیت جویدن، مدول ظاهری و فنریت) صورت گرفت. به منظور اعتبارسنجی مدل‌های حاصل،

**Table 5** Validation of response surface methodology models based on qualitative features of samples

parameters	Real	Predicted	percentage error
Hardness (g)	327±68	305.81	6.47
cohesiveness	0.72±0.035	0.61	15.44
Chewiness(g.mm)	1919.12±351.79	1500.01	21.83
Springiness(mm)	8.13±0.2	8.36	2.86
Density(g/m3)	0.64±0	0.64	0.84
Crust Lighting	41.68	39.10	4.03
Cake crumb color difference compared to wheat	16.66	13.84	16.92

فاکتور سیری رنگ، بین شاهد گندم و بهینه اختلاف معناداری وجود ندارد ولی با شاهد برنج به صورت معناداری اختلاف مشاهده می‌شود. نتایج بررسی ویژگی‌های بافتی محصول بهینه و مقایسه آن با نمونه‌های شاهد در قسمت بعدی آورده شده است.

## ۳-۴- مقایسه ویژگی‌های نمونه بهینه و شاهد

طبق جدول (۶) در مورد فاکتور تخلخل هیچ‌گونه تفاوت معناداری بین سه نمونه مشاهده نمی‌شود. در فاکتورهای زاویه رنگ و اختلاف رنگ با شاهد گندم، بین هر سه تیمار تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که در

**Table 6-** Physical properties and color characteristics (Crust) of optimum gluten-free sponge cake and control

Treatment	C*	$\Delta E_1$	Hue	Porosity (%)
Rice (Control)	63.73±0.85 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	50.06±0.20 <sup>a</sup>	16.94±3.42 <sup>a</sup>
Wheat(Control)	37.78±0.82 <sup>b</sup>	33.57±0.69 <sup>b</sup>	22.69±0.10 <sup>b</sup>	24.18±3.33 <sup>a</sup>
Optimal cake	35.35±1.33 <sup>b</sup>	39.63±0.46 <sup>a</sup>	15.82±0.07 <sup>c</sup>	13.72±7.90 <sup>a</sup>

Same letters in each column have no significant difference ( $p < 0.05$ )  
 $\Delta E_1$ : the overall color difference compared to the control cake based on Wheat flour

## ۳-۴-۱- بررسی روند بیاتی کیک بهینه و شاهد

مطابق شکل I(۱) و II(۲) در طی دوره نگهداری به دلیل افزایش مقدار نشاسته کریستاله در محصول، مقدار نیروی لازم جهت فشردن افزایش می‌یابد. سرعت افزایش سفتی و همچنین مدول ظاهری مربوط به نمونه بهینه نسبت به دو شاهد، کمتر است که علت آن به وجود امولسیفایر در فرمولاسیون محصول وابسته است که می‌تواند از بخش غیرقطبی مولکول خود به داخل ماریچ زنجیره آمیلوز وارد و با جلوگیری از تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین زنجیرهای مختلف آمیلوز و تجمع و متراکم شدن آنها، نقشی کلیدی در حفظ حالت محلول و ژلاتینه نشاسته و ممانعت از بیاتی آن، ایفا نماید [۳۴]. علاوه بر مورد فوق، کاهش سرعت افزایش سفتی و به تأخیر انداختن بیاتی در محصول را به وجود هیدروکلونیدها که به خوبی می‌توانند در حفظ رطوبت در طی مدت زمان نگهداری نمونه‌ها مؤثر باشند می‌توان نسبت داد.

در طی دوره نگهداری، مطابق با شکل III(۳)، افزایش قابلیت جویدن نمونه کیک بهینه نسبت به دو نمونه شاهد به واسطه حفظ و بالاتر بودن دو فاکتور پیوستگی و فنریت بافتی این نمونه ملاحظه می‌شود.

در طی دوره نگهداری، مطابق با شکل IV(۴)، کاهش فنریت نمونه بهینه در مقایسه با دو نمونه شاهد، بسیار کمتر است. بهبود نگهداری رطوبت و پیوستگی بافتی محصول و کم بودن سرعت افزایش سفتی بافت به واسطه وجود صمغ‌ها و امولسیفایر و فیبر موجود در اکارای کیک بهینه، عوامل اصلی حفظ حالت فنریت بافت نمونه در طول زمان نگهداری آن هستند.

شکل V(۵) نشان می‌دهند که در طی دوره نگهداری، میزان کاهش پیوستگی نمونه بهینه نسبت به هر دو شاهد کمتر است. عموماً در محصولات بدون گلوتن، به دلیل عدم وجود شبکه گلوتنی، تخلخل و پیوستگی در حد مطلوب ایجاد نمی‌شود و

عمر نگهداری محصول به واسطه افزایش سرعت واکنشهای مرتبط با کریستاله شدن نشاسته محلول کاهش می‌یابد. در نمونه بهینه فعلی، با افزودن هیدروکلونیدها به کیک فاقد گلوتن و افزایش قوام و ویسکوزیته خمیر و امکان حفظ رطوبت توسط آنها، کاهش پیوستگی بافت محصول کمتر مشاهده می‌شود. به علاوه وجود پروتئین‌ها با ایجاد ساختاری ویسکوالاستیک در اطراف حباب‌های هوا و افزایش تحمل آنها به فشار داخلی و ترکیبات فیبری موجود در اکارا با امکان جلوگیری از کاهش رطوبت در حین نگهداری محصول در کاهش سرعت تنزل پیوستگی نمونه بهینه مؤثر هستند.

در مدت زمان نگهداری مطابق با شکل VI(۶)، نمونه بهینه نسبت به دو شاهد، کاهش رطوبت کمتری را نشان می‌دهد. با توجه به وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار هیدروکلونیدها، تعاملات آب بیشتری از طریق پیوند هیدروژنی در آنها ایجاد می‌شود. از این رو به علت قدرت اتصال آبی که صمغ‌ها دارند و می‌تواند آن را در شبکه شبه گلوتنی ایجاد شده با گاز و نشاسته به خوبی حبس کنند، در حفظ رطوبت ساختار کیک نقش مثبتی ایفا می‌کنند. یافته‌های دیگر پژوهشگران از جمله مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) نیز این مشاهده را تأیید می‌کند [۳۱]. گواردا و همکاران نیز (۲۰۰۴) تأثیر هیدروکلونیدهای مختلف را به عنوان عوامل بهبود دهنده و عامل ضد بیاتی مورد توجه و بررسی قرار دادند [۳۲]. امولسیفایرها نیز به خاطر خاصیت آمفی‌فیلیک خود باعث کاهش کشش سطحی و ایجاد پراکندگی پایدار شده و با اثر متقابل با مولکول‌های نشاسته و ثابت نگه‌داشتن آب باعث به تعویق انداختن رتروگراداسیون و بیاتی می‌شوند [۳۳].

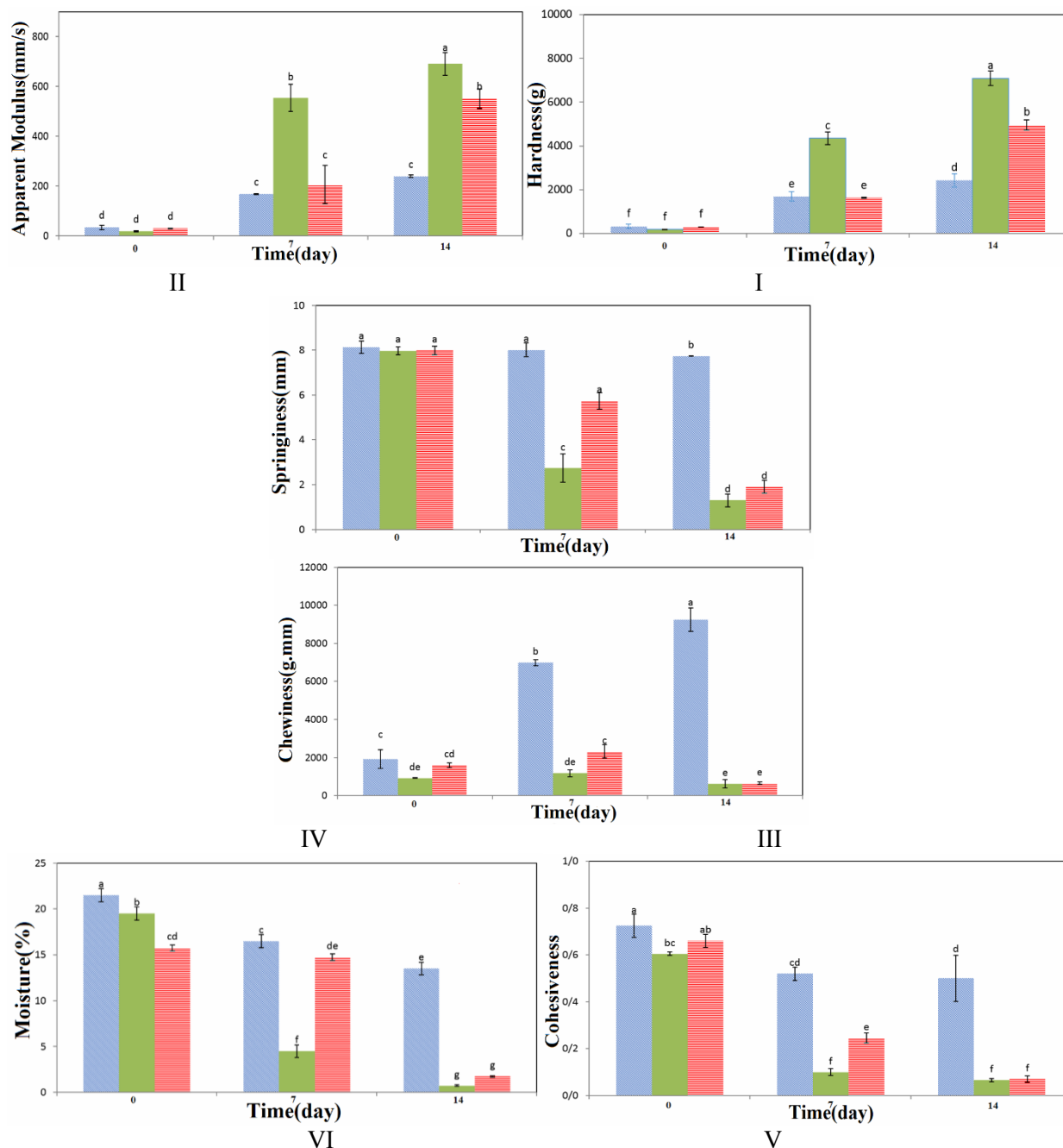


Figure 2. Texture profile analysis of optimum and control samples  
Column with different letters have statistically different mean (p<0.05)

Wheat Control ■ Rice Control ■ Optimum ■

شبهت این محصول به محصولات معمولی دارای گلوتن و محصول تهیه بر پایه آرد برنج و اکارا بدون افزودن متغیرهای این پژوهش (شاهد برنج) به منظور بررسی تأثیر افزودن هیدروکلوئیدها و امولسیفایر در بهبود ویژگی‌های کیفی آن نشان می‌دهد که در همه پارامترهای حسی، کیک بهینه با کیک شاهد

۳-۴-۲- مقایسه ویژگی‌های حسی کیک بدون گلوتن و نمونه‌های شاهد (گندم و برنج)

نتایج آزمون حسی که با هدف مقایسه نمونه بهینه با محصول تهیه شده بر پایه آرد گندم (شاهد گندم) به منظور بررسی میزان

دهانی و پذیرش کلی) تفاوت معنادار وجود دارد. در جدول (۷) مقایسه ویژگی‌های حسی کیک بهینه بدون گلوتن و دو شاهد مذکور، نشان داده شده است.

برنج دارای تفاوت معنادار است در حالیکه در مقایسه با کیک شاهد گندم هیچگونه تفاوت معناداری ندارد. در مورد فاکتور رنگ بین نمونه شاهد برنج و گندم اختلاف معناداری مشاهده نشد در حالیکه در سایر فاکتورها (عطر و طعم، مطلوبیت بافت

**Table 7** Sensory evaluation of optimum and controls samples

Treatment	Color	Flavor	Mouth feel desirability	General acceptance
Optimal cake	4.9±0.5 <sup>a</sup>	4.8±0.6 <sup>a</sup>	5.2±0.6 <sup>a</sup>	5.1±0.5 <sup>a</sup>
Rice (Control)	4.4±0.8 <sup>b</sup>	4.0±0.8 <sup>b</sup>	4.0±0.9 <sup>b</sup>	4.2±0.6 <sup>b</sup>
Wheat (Control)	4.8±1.1 <sup>ab</sup>	4.7±0.8 <sup>a</sup>	5.0±0.8 <sup>a</sup>	4.9±0.7 <sup>a</sup>

Different letters indicate significant differences in the level of 5%.

Results are listed as mean ± SD.

## ۴- نتیجه گیری

نتایج این پژوهش مؤید آن است که هیدروکلوئیدهای زانتان و کربوکسی متیل سلولز و امولسیفایر داتم در بهبود بافت و ایجاد ساختاری مشابه محصولات دارای گلوتن در فرآورده‌ای که بر پایه نشاسته برنج و اکارا تهیه شده است بسیار مؤثرند. پس از ارزیابی، مدل‌سازی و بهینه سازی اثرات غلظت‌های مختلف افزودنی‌ها بر خصوصیات بافتی و فیزیکی محصول با استفاده از روش سطح پاسخ، سطوح متغیرها در نمونه بهینه معادل ۱/۳۴٪ زانتان، ۰/۱۶٪ کربوکسی متیل سلولز و ۰/۴۱٪ امولسیفایر داتم معین گردید. نمونه بهینه فاقد گلوتن از لحاظ بسیاری از پارامترهای بافت‌سنجی مانند سفتی، قابلیت جویدن و سرعت بیاتی مناسب ارزیابی گردید و در طی ۱۴ روز نگهداری، به خوبی رطوبت را در ساختار خود حفظ می‌نماید و به این واسطه از نرمی، پیوستگی و فزیت بافتی مطلوبی برخوردار بود. با توجه به بالا بودن ارزش غذایی اکارا و امکان تولید محصولاتی با ویژگی‌های کیفی مطلوب از آن، توصیه می‌شود مطالعاتی از این دست به منظور بررسی امکان به کارگیری این محصول جانبی که در حال حاضر کاربردی در صنعت غذا ندارد، در تولید فرآورده‌های غذایی مختلف صورت گیرد.

## ۵- منابع

- [2] Pourfarzad, A., Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S. A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A. (2009). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food process Engineering*, 34 (5): 1435–1448. [In Persian].
- [3] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., Sahraiyani, B. (1392). Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology*, 41(10): 127-139. [In Persian].
- [4] Toda, K., Chiba, K., Ono, T. (2007). Effect of Components Extracted from Okara on the Physicochemical Properties of Soymilk and Tofu Texture. *Journal of Food Science*, 72(2): 108-113.
- [5] Hasanzadeh, A. (1390). Soy milk and its properties. *Journal of Food and Agriculture*, Year 9, Number 84, 82-84. [In Persian].
- [6] Zhang, Zhen-Shan., YE, Su-Ping., LI, Quan. (2004). The Processing and Utilizing of Okara. *Food Science (in Chinese)*, 25(10): 400-406.
- [7] Kumar, P., Yadava, R., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R., Yadav, S. (2011). Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat. A Review. *Life Sciences and Medicine Research (LSMR) Volume 22:1-10*.
- [8] Wang, L., Wang, Ch., Chang, T., Shi, L., Yang, H., Cui, M. (2014). Effect of Okara on the Sensory Quality of Cake. *Science and Engineering Publishing Company, Research in Health and Nutrition (RHN) Volume 2:1-4*.
- [9] Grizotto, R., Rufi, C., Yamada, E., Vicente, E. (2010). Evaluation of the quality of a molded sweet biscuit enriched with okara flour. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30: 270-275.
- [1] Rostami Nejad, M., Rostami, K., Emami, M.H., Zali, M.R., Malekzadeh, R. (2011). Epidemiology of Celiac Disease in Iran: A Review. *Middle East Journal of Digestive Diseases*, 3:5-12.

- [23] 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.
- [24] Lin, S.D., Lee, C.C. (2005). Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose. *Cereal Chemistry*, 82(4):405-413.
- [25] Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [26] 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.
- [27] Ayoubi, A., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M. (1387). Effect of whey protein concentrate, guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of muffin cake. *Journal of Food Science and Technology research methods Iran*, 4: 33-46. [In Persian].
- [28] 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: 305-312.
- [29] Sahi, S.S., Alava, J.M. (2003). Functionality of emulsifiers in sponge cake production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83 (11): 1419-1429.
- [30] Arozarena, I., Bertholo, M., Empise, j., Bungler, A., Sousa, I.D. (2001). Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cake. *Europe Research Technology*, 213: 312 - 316.
- [31] 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: 609-615.
- [32] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
- [33] Stauffer, C.E. (2000). Emulsifiers as antistaling agents. *Cereal Food World*, 45(3): 106-110.
- [34] Torabizadeh, H. (1381). *Food emulsions and emulsifiers*. Publishers Aiezh, Tehran, First Edition: 63-76. [In Persian].
- [10] Sciarini, L., Perez, G., de lamballerie, M., Leon, A., Ribotta, P. (2012). Partial-baking process on gluten-free bread. impact of hydrocolloid addition. *Food Bioprocess Technol*, 5(5): 1724-1732.
- [11] Kaur, M., Singh Sandhu, K., Arora, A., Sharma, A. (2014). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums. *Physicochemical and sensory properties*, *LWT - Food Science and Technology*, 1-5.
- [12] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 8438. Animal feed- Measurement of moisture and other volatiles- The test method.
- [13] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 2705- Method of measuring the moisture content of cereals and cereal products - the usual way.
- [14] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 10703-1. Animal feed, poultry and fish- Measuring nitrogen content and calculation of crude protein content- Part I: method Kldal.
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 2863- The method of measuring crude protein of cereals and cereal products.
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 7593. Oil Seeds- Measure the amount of oil- Test Method (Reference Method). The first revision.
- [17] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 2862- Fat measurement method of grain and its products.
- [18] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 520. Animal feed, poultry and fish- Crude fiber (fiber)-Test Method.
- [19] Institute of Standards and Industrial Research of IRAN, NO 2706- Measurement of ash grain and its products.
- [20] Ashwini, A., Jyotsna, K. & Indrom, D. (2008). Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cakes. *Food Hydrocolloids*, 23:700-707.
- [21] AACC. (2000). *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists*, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [22] 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.

## Investigation the effects of Carboxymethyl cellulose, xanthan gum and DATEM emulsifier on qualitative properties of gluten-free cup cake based on rice starch and Okara using response surface methodology

Zaghian, E. <sup>1</sup>, Abbasi, H. <sup>1\*</sup>, Fazel Najafabadi, M. <sup>1</sup>

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

(Received: 2016/06/22 Accepted: 2016/12/11)

Celiac is a gastro-intestinal autoimmune disease that comes from sensitivity to gliadin and is required patients to follow a gluten-free diet. Due to the effect of gluten on structure of products, its elimination can dramatically reduce qualitative properties of them. The purpose of present study was to prepare new formulation of gluten-free cup cake using okara (side product of soybean milk) and rice starch, and also improves its properties. For this purpose, the effects of addition of two hydrocolloids (carboxymethyl cellulose and xanthan) in (%0-3) level and DATEM emulsifier (%0-1) on the most important qualitative properties of product including textural properties (hardness, springiness, cohesiveness, and adhesiveness), color, density and porosity of samples were evaluated and modeled using response surface methodology with Design-Expert 7.0.0. The results demonstrate with increasing carboxymethyl cellulose and DATEM, product density increase and decrease respectively. Furthermore, with increasing three additives above average quantities, moisture content of products is increased. With decreasing the rate of water loss, the crust lightness of samples was reduced. The High levels of hydrocolloids increased hardness and chewiness of products. In addition, increasing the hydrocolloids of xanthan and carboxymethyl cellulose, respectively increase and decrease textural cohesiveness of product. DATEM to %0.5 is also effective in improving product springiness. The optimum quantities of variables with regarding the modes, is the mixture of 1.34% xanthan, 0.16% carboxymethyl cellulose and 0.41% DATEM. Comparisons of optimum sample with control shows the lower stalling rate of it in shelf life than control, and also maintain textural cohesiveness for fourteen days. This property is related to moisture maintenance of primary substances and additives used in formulation that reduce starch retrogradation. In general, with regarding textural properties and other evaluating parameters, especially sensorial properties, there are more similarities between optimal sample and the prepared one with wheat flour.

**Key words:** gluten-free cake, rice starch, okara, xanthan, carboxymethyl cellulose

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: H.Abbasi@khuisf.ac.ir