

## استفاده از کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان در تولید کیک بدون گلوتن

عبدالستار عوض صوفیان<sup>1</sup>، مهران اعلمی<sup>2\*</sup>، علیرضا صادقی ماهونک<sup>3</sup>، محمد قربانی<sup>3</sup>، امان محمدضیائی فر<sup>3</sup>

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- 2- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
\*نویسنده مسئول (mehranalami@yahoo.com)
- 3- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

تاریخ دریافت: 92/11/09  
تاریخ پذیرش: 93/05/11

### واژه‌های کلیدی

آرد برنج  
زانتان  
کنجاله بادام  
کیک فاقد گلوتن

بیماری سلیاک یک اختلال خود ایمنی بوده و بیمار در معرض عدم تحمل دائمی به پروتئین‌های گلوتن (به‌ویژه پروتئین‌های گندم) در رژیم غذایی می‌باشد و تنها راه درمان آن، استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر افزودن صمغ زانتان در چهار سطح (0، 0/3، 0/6 و 1/0 درصد) و کنجاله بادام شیرین در سه سطح (0، 5 و 10 درصد) بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های خمیر و کیک فاقد گلوتن حاصل از آرد برنج است. میزان مولفه روشنی رنگ (L\*) کیک حاوی صمغ زانتان در محدوده 58/4-64/1 به دست آمد که حاکی از روشن‌تر شدن رنگ کیک با افزودن صمغ است. با افزایش میزان کنجاله بادام از صفر به 10 درصد، نمونه‌ها تیره‌تر شده و مولفه L\* از 58/4 به 56/8 کاهش یافت. با افزودن کنجاله بادام، میزان تخلخل نمونه‌های کیک 31/2 درصد افزایش یافت در حالی که مقدار آن در نمونه‌های حاوی صمغ زانتان تا سطح 0/3 درصد افزایش و پس از آن کاهش یافت. با افزودن صمغ زانتان میزان سفتی، رطوبت و ویسکوزیته تمام نمونه‌ها افزایش یافت. نتایج آنالیز حسی نشان داد که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد، از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند.

### مقدمه

(2008). جایگزینی گلوتن، یکی از مسایل چالش برانگیز برای صنعت غذا است، زیرا تهیه مواد غذایی فاقد گلوتن که از کیفیت تغذیه‌ای و عملکردی مطلوب برخوردار باشند دشوار است. پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، امولسیفایرها و یا ترکیبی از این موارد به منظور بهبود خواص فیزیکی و محتوای تغذیه‌ای محصولات فاقد گلوتن استفاده می‌شوند.

برنج یکی از مهم‌ترین غلات مناسب جهت تهیه رژیم‌های غذایی فاقد گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد. برنج دارای خواص تغذیه‌ای منحصر به فرد، بی‌رنگ، طعم دلپذیر و حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین،

بیماری سلیاک یک اختلال خود ایمنی بوده و بیمار در معرض عدم تحمل دائمی به گلوتن گندم می‌باشد. با مصرف گلوتن در این افراد، روده کوچک دچار التهاب شده و باعث آسیب به مخاط روده و اشکال در جذب مواد مغذی می‌شود. تنها درمان موثر برای بیماری سلیاک پایبندی به یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر بیمار می‌باشد (Lazaridou et al., 2007). این بیماران بایستی از مصرف برخی پروتئین‌های ذخیره‌ای (پرولامین‌ها) که در گندم (گلایدین)، چاودار (سکالین) و جو (هوردئین) وجود دارند اجتناب کنند (Turabi et al.,

غنی شده با فیبرهای مختلف، بسته به ماهیت فیبر باعث افزایش محتوای تغذیه‌ای آن می‌شوند.

مغز بادام یک ماده غذایی سرشار از مواد مغذی بوده و منبع غنی از ویتامین E، فیبر رژیمی، ویتامین‌های گروه B و مواد معدنی ضروری مانند منیزیم، مس، منگنز، کلسیم و پتاسیم می‌باشد. وجود انواع ویتامین‌ها در بادام به سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها در بدن کمک می‌کند (Yada et al., 2011). مقدار پروتئین در ارقام تجاری بادام در محدوده 23-16 درصد گزارش شده است که این پروتئین‌ها قابلیت هضم بالایی داشته و آلومین و گلوبولین بخش مهمی از پروتئین‌های اصلی آن را تشکیل می‌دهند (88-91 درصد از کل پروتئین). به طور معمول بادام به عنوان یک میان وعده غذایی و یا اجزای تشکیل‌دهنده انواع مواد غذایی فرآیند شده و به طور خاص در صنایع شیرینی‌پزی و نانوبی استفاده می‌شود (Sang et al., 2002). آرد بادام فاقد پروتئین‌های تشکیل‌دهنده شبکه گلوتن در خمیر است و از طرفی یک ترکیب بسیار مغذی است، لذا با استفاده از آن در فرمولاسیون فرآورده‌های فاقد گلوتن می‌توان یک محصول فراسودمند تولید نمود. با توجه به نیاز بیماران سلیاکی در کشور به فرآورده‌های بدون گلوتن و از طرفی عدم تولید صنعتی این گونه فرآورده‌ها در داخل کشور که مورد تایید سازمان‌های مربوطه باشد، هدف از این پژوهش ارائه فرمولاسیونی مناسب برای تولید کیک بدون گلوتن و فراسودمند می‌باشد که جنبه‌ی اقتصادی برای تولید را دارا بوده و نیز نیاز تغذیه‌ای بیماران سلیاکی را رفع کند. در نهایت ویژگی‌های کیک‌های تولیدی شامل رنگ پوسته، ویژگی‌های حسی، سفتی بافت، ویسکوزیته خمیر، رطوبت، تخلخل و شاخص حجم کیک اندازه‌گیری شد.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

مواد اولیه پایه کیک شامل آرد برنج (رطوبت 9/2 درصد، پروتئین 8/43 درصد و خاکستر 0/4 درصد)، روغن گیاهی، شکر، تخم مرغ، آب، پودر آب‌پنیر، صمغ زانتان، بیکنینگ پودر و آرد کنجاله بادام شیرین روغن‌گیری شده (رطوبت 10/91 درصد، پروتئین 43/56 درصد، روغن 68/ درصد و خاکستر 4/26 درصد) بود.

چربی، فیبر و مقدار زیاد کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالاست. از این‌رو، استفاده از آن در غذاهای کودک، پودینگ‌ها و غذای بیماران مبتلا به سلیاک افزایش یافته است (Gujral et al., 2003). به هر حال، در فرآورده‌های بر پایه برنج در مقایسه با فرآورده‌های بر پایه گندم، به دلیل فقدان پروتئین‌های تشکیل‌دهنده شبکه ویسکوالاستیک گلوتن، کیفیت تکنولوژیکی پایین‌تر است و برخی از مشکلات کیفی در محصول مانند حجم پایین و بافت ضعیف بروز می‌کنند. بنابراین، استفاده از مواد پلیمری مانند هیدروکلوئیدها که خواص ویسکوالاستیکی مشابه گلوتن را نشان می‌دهند اجتناب‌ناپذیر است (Gallagher et al., 2004). از میان هیدروکلوئیدها، زانتان به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان قوام‌دهنده و تثبیت‌کننده برای طیف گسترده‌ای از فرآورده‌ها استفاده می‌شود.

ویژگی‌های فرآورده‌های بدون گلوتن بستگی به مقدار و نوع هیدروکلوئید جایگزین گلوتن دارد. نقطه مشترک مطالعات صورت گرفته روی هیدروکلوئیدها حاکی از آن است که زانتان و کربوکسی متیل سلولز باعث ایجاد کیفیت مناسب در تولید نان بدون گلوتن می‌شوند. زانتان و کربوکسی متیل سلولز با بسیاری از ترکیبات غذایی مانند نشاسته سازگار هستند و از این طریق باعث بهبود رئولوژی خمیر، ویژگی‌های پخت و ظاهر نان تولیدی می‌شوند (Mohammadi et al., 2013). Turabi و همکاران (2008) در پژوهشی که بر روی فرمولاسیون کیک برنجی با ترکیب صمغ‌های متفاوت و امولسیفایر و بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و کیفی نمونه‌های خمیر و کیک تولیدی داشتند، دریافتند که نمونه‌های کیک حاوی ترکیب زانتان و امولسیفایر، دارای حجم و تخلخل زیاد و بافت مطلوبی هستند. افزودن صمغ باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های خمیر کیک شد.

Gularte و همکاران (2012)، اثر جایگزینی فیبرهای مختلف (تا 20 درصد آرد برنج) را به صورت جداگانه و ترکیبی، در کیک لایه‌ای برنجی مورد بررسی قرار داده و دریافتند که وجود فیبرها، به جز اینولین، باعث افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شود. مخلوط فیبرهای اینولین و سبوس جو در کیک‌های غنی شده باعث افزایش حجم ویژه کیک و سفتی مغز کیک شدند. به هر حال، کیک‌های

آرد طبق روش AACC 46-12 (1999) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پروتئین، مقدار کل ازت اندازه‌گیری و از طریق فاکتور مربوط به پروتئین برنج (5/99) و بادام (5/18) محاسبه شد (Jones, 1941).

#### تعیین ویسکوزیته خمیر

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد ساخت آمریکا (مدل DV-II، متصل به Helipath) استفاده گردید. در کلیه آزمایش‌ها سرعت چرخشی برابر 50 دور در دقیقه انتخاب گردید. بر اساس آزمون و خطا و راهنمای دستگاه ویسکومتر، اسپیندل با کد T-E جهت بررسی ویژگی‌های ویسکومتری خمیرها استفاده شد (Lakshminarayan *et al.*, 2006).

#### ارزیابی شاخص حجم

شاخص حجم نمونه‌های کیک با روش 91-10 AACC (1983) اندازه‌گیری شد. در این روش، کیک به طریق عمودی از وسط برش داده شده و ارتفاع نمونه کیک در سه نقطه (B, C, D) در امتداد برش عرضی کیک با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد (شکل 1). برطبق این روش، شاخص حجم از رابطه 1 محاسبه شد. رابطه (1) شاخص حجم =  $B+C+D$  که C، ارتفاع کیک در نقطه مرکزی، B و D، ارتفاع کیک در نقاط 2/5 سانتی‌متر از مرکز به طرف چپ و راست می‌باشد.

#### تعیین سفتی

سفتی بافت داخلی نان طی فاصله زمانی 24 ساعت پس از پخت با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل TA.XT plus (شرکت استیبل میکرو سیستم، انگلستان) اندازه‌گیری شد. برای این کار قطعه مکعبی 2/5 سانتی‌متری از بافت مغز کیک بدون پوسته جدا گردید و پروب دستگاه از نوع P/36R (قطر 36 میلی‌متر) به اندازه یک سانتی‌متر (40 درصد) از بافت مغز را فشرده کرد. سرعت نیروی وارده قبل و حین آزمون یک میلی‌متر بر ثانیه و پس از آزمون 10 میلی‌متر بر ثانیه بود. بیشترین نیروی وارد شده به نمونه در پایان عمل فشردن بر حسب نیوتن گزارش شد (پورصفر و همکاران، 1389).

برنج طارم از کارخانه شالی‌کوبی شهرستان گرگان به صورت نیم‌دانه تهیه و با استفاده از آسیاب به آرد تبدیل شد. کنجاله‌ی بادام شیرین از شرکت داروسازی گیاه اسانس گرگان تهیه و با استفاده از آسیاب به آرد تبدیل شد. صمغ زانتان با نام تجاری (Xanthan Gum, E415) Rhodia Gel از شرکت Rhodia food تهیه گردید. پودر آب‌پنیر از کارخانه پگاه گرگان و بقیه مواد از فروشگاه‌های معتبر شهرستان گرگان تهیه شدند.

#### روش تهیه خمیر و تولید کیک

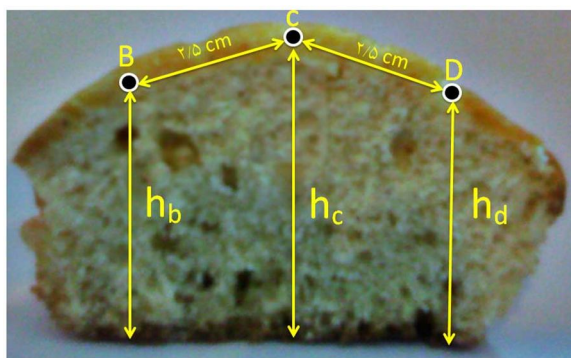
دستور تهیه خمیر کیک بر طبق روش Turabi و همکاران (2008) با تغییراتی در مقدار مواد اولیه که حاوی 100 گرم آرد برنج، 100 گرم پودر قند، 25 گرم روغن گیاهی، 70 گرم تخم مرغ تازه، بیکنگ پودر 2 گرم و پودر آب پنیر 2 گرم (همه درصدهای مواد مورد استفاده در فرمول بر پایه 100٪ آرد برنج) بود. زانتان در چهار سطح 0، 0/3، 0/6 و 1 درصد و کنجاله بادام در سه سطح 0، 5 و 10 درصد مورد بررسی قرار گرفتند. کیک بدون زانتان و کنجاله بادام به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

جهت تولید کیک، ابتدا ترکیبات مورد نظر شامل آرد برنج، کنجاله‌ی بادام شیرین، بیکنگ پودر، صمغ و پودر آب پنیر به طور کامل با یکدیگر مخلوط شدند. شکر و روغن را در ظرف دیگری مخلوط نموده تا به صورت مایع کرم رنگی درآید. سپس تخم مرغ‌های زده شده به مخلوط شکر و روغن اضافه و 5 دقیقه تا مخلوط شدن کامل همزده شدند. در این مرحله، ترکیبات خشک فرمول به طور همزمان به این مخلوط اضافه و به مدت 3 دقیقه با دور پایین همزن، مخلوط شدند. خمیر آماده شده در قالب‌هایی با اندازه مشخص ریخته و به مدت 40 دقیقه در دمای 180-200 درجه سانتی‌گراد در فر گازی پخته شد و پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی و در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگهداری شد.

#### آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آرد، خمیر و کیک

##### آزمون‌های آرد

رطوبت مطابق روش AACC 44-15 (1999)، خاکستر مطابق روش AACC 08-01 (1999) و پروتئین



شکل 1- برش عرضی کیک جهت محاسبه شاخص حجم کیک

خالص) تا +120 (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از -120 (آبی خالص) تا +120 (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متر از پوسته کیک تهیه گردید، سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J نسخه 1/47 قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plug in، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Zheng *et al.*, 2006).

#### ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل، تصاویر تهیه شده از مغز نمونه‌های کیک توسط دوربین دیجیتال کانن (مدل powershot A3400 IS) در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور، تصاویر تهیه شده به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متری از مغز کیک، در اختیار نرم افزار Image J نسخه 1/47 قرار گرفت. با فعال کردن قسمت 8 بیت<sup>1</sup>، تصاویر سطح خاکستری<sup>2</sup> ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی<sup>3</sup>، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید (شکل 2). تصاویر دودویی مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد می‌شود که هرچه قدر نسبت قسمت روشن به تاریک بیشتر باشد به این معناست که میزان حفرات موجود در کیک بیشتر است (Haralick *et al.*, 1973).

#### ارزیابی حسی

در این مطالعه، مقایسه تیمارهای مختلف در ویژگی‌های حسی مورد نظر (رنگ، طعم، بافت و پذیرش کلی) توسط ده نفر ارزیاب آموزش دیده به روش Ronda و همکاران (2005) انجام شد. به این منظور، از روش ارزیابی هدونیک پنج نقطه‌ای (1 = غیرقابل قبول، 5 = خیلی خوب) برای بررسی این ویژگی‌ها (رنگ، بافت، عطر و طعم و پذیرش کلی) استفاده شد. ارزیاب‌ها طی چند جلسه برای این منظور آموزش دیدند. آموزش مورد نظر با توجه به ویژگی‌های مورد ارزیابی در فرم‌های ارزشیابی با توضیح دادن نکات لازم و تعاریف موجود از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری شده انجام گردید. ارزیابی حسی تمام نمونه‌های کیک 24 ساعت پس از پخت و در دمای اتاق انجام شد.

#### ارزیابی رنگ پوسته

بررسی رنگ پوسته نمونه‌های کیک با تعیین سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  انجام گرفت. عکس‌برداری در فاصله زمانی 3 ساعت پس از پخت با استفاده از دوربین دیجیتال کانن با حساسیت 16 مگا پیکسل (مدل powershot A3400 IS) درون اتاقک طراحی شده (برای عکس‌برداری)، در شرایط ثابت که دیواره‌های آن با پارچه مشکی پوشیده بود تا بازتاب نور در فضا ایجاد نشده و از ایجاد نوسان در تصویرگیری جلوگیری شود انجام گرفت. از هرکدام از نمونه‌های کیک به صورت جداگانه عکس گرفته و عکس‌های گرفته شده با فرمت JPEG ذخیره شدند. شاخص  $L^*$  بیانگر میزان روشنایی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا 100 (سفید خالص) متغیر است. شاخص  $a^*$  نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از -120 (سبز

1- Bit

2 Gray level images

3 Binary images

### آنالیز آماری

می‌شود و در ارزیابی حسی نیز تاثیر این مطلوبیت در مقبولیت تیمارها مشخص است. در همین راستا ریخته‌گری و همکاران (1390) در بررسی که بر روی اثر زانتان در نان داشتند، به این نتیجه رسیدند که با افزودن زانتان، فاکتور روشنایی ( $L^*$ )، نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده روشن‌تر شدن رنگ پوسته بوده و مطلوب است. فاکتور  $a^*$  (قرمزی-سبزی) در نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی‌داری یافته و در مقابل آن افزودن زانتان موجب افزایش معنی‌دار فاکتور  $b^*$  نسبت به نمونه شاهد گردیده است. افزودن هیدروکلوئیدها موجب افزایش زردی پوسته شدند که در کیک مطلوب تلقی می‌شود. Lazaridou و همکاران (2007)، Mohammadi و همکاران (2013) در مطالعه‌ی مولفه روشنایی نان بدون گلوتن به این نتیجه رسیدند که افزودن زانتان سبب روشن‌تر شدن رنگ پوسته می‌گردد.

### رطوبت

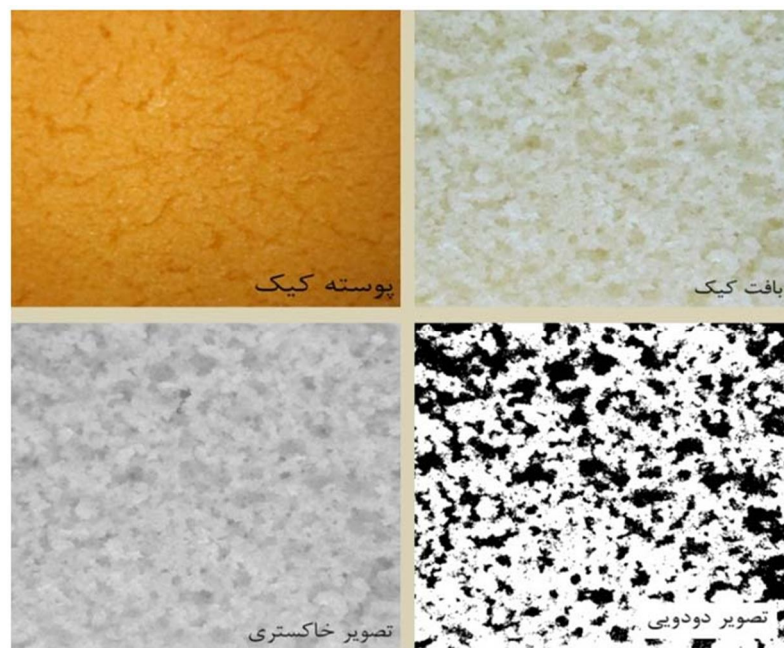
نتایج مربوط به رطوبت نشان دهنده این است که مقدار رطوبت نمونه‌های حاوی کنجاله بادام و زانتان نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) دارند و میزان رطوبت بیشتری دارند (جدول 2). بررسی اثر متقابل زانتان با کنجاله بادام نشان داد که مقدار رطوبت تمام نمونه‌ها به صورت ترکیبی نسبت به نمونه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) و میزان رطوبت بیشتری دارند. زانتان از قدرت جذب آب و قابلیت نگهداری بالایی برخوردار است که این ویژگی می‌تواند دلیل عمده این افزایش معنی‌دار در رطوبت کیک با افزایش سطح صمغ باشد. مقادیر بالای رطوبت در نمونه‌های حاوی کنجاله بادام ناشی از قدرت جذب آب ترکیبات دارای گروه‌های آب دوست موجود در ساختار بادام است. Guarda و همکاران (2004) و ایوبی و همکاران (1387) نیز به این نتیجه رسیدند که با افزودن زانتان در محصولات فاقد گلوتن، رطوبت نمونه افزایش می‌یابد.

در این تحقیق، کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل، تجزیه و تحلیل شدند. آنالیز واریانس و مقایسه تیمارها با استفاده از رویه  $GLM^1$  نرم‌افزار Mstat-c انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال 5٪ صورت گرفت.

### نتایج و بحث

#### ارزیابی مولفه‌های رنگ پوسته

با توجه به نتایج مندرج در جدول 1، میزان مولفه  $L^*$  نمونه‌های کیک حاوی صمغ زانتان نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) افزایش و میزان این مؤلفه برای نمونه‌های کیک حاوی کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) کاهش یافت. با بررسی نتایج اثر متقابل زانتان با کنجاله‌ی بادام (جدول 1) مشخص شد که با افزایش سطح کنجاله بادام در نمونه‌های ترکیبی، مولفه  $L^*$  کاهش می‌یابد به طوری که بین نمونه حاوی 0/3 درصد زانتان در ترکیب با 10 درصد کنجاله‌ی بادام نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مولفه  $a^*$  (قرمزی-سبزی) در بررسی اثر نمونه‌های حاوی زانتان و کنجاله‌ی بادام نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری کاهش یافت و بر اساس نتایج نمونه شاهد بیشترین میزان مولفه  $a^*$  را داشت. این بدین معنی است که افزودن هیدروکلوئیدها موجب کاهش ته رنگ قرمز در نمونه‌های حاوی کیک گردیده است (جدول 1). در بررسی مولفه  $b^*$  کنجاله بادام در سطح 5 درصد نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ولی نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) داشت و مقدار این مولفه افزایش یافت (جدول 1). با توجه به اثر متقابل هیدروکلوئید با آب، فعالیت آبی محصول تحت تاثیر قرار می‌گیرد، در نتیجه بر روند تغییرات پارامترهای رنگ اثر می‌گذارد. به طور کلی زانتان موجب زردتر و روشن‌تر شدن پوسته کیک به دلیل کاهش در سرعت واکنش قهوه‌ای شدن میلارد نسب به نمونه شاهد در لایه پوسته کیک شده است. این اتفاق در پوسته کیک مطلوب تلقی



شکل 2- نمونه تصویر تبدیل شده از مغز کیک به روش پردازش تصویر

جدول 1- اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام بر روی مولفه‌های رنگی کیک فاقد گلوتن

تیما	کنجاله بادام	زانتان	L*	a*	b*
1	0	0	58/44±0/21 <sup>e</sup>	19/78±0/1 <sup>a</sup>	52/17±0/19 <sup>b</sup>
2	0	0/3	60/71±0/14 <sup>c</sup>	17/20±0/07 <sup>c</sup>	58/27±0/08 <sup>a</sup>
3	0	0/6	63/96±0/15 <sup>a</sup>	15/88±0/09 <sup>e</sup>	58/73±0/11 <sup>a</sup>
4	0	1	64/05±0/2 <sup>a</sup>	15/89±0/15 <sup>e</sup>	58/74±0/1 <sup>a</sup>
5	5	0	57/75±0/18 <sup>f</sup>	19/35±0/11 <sup>b</sup>	52/19±0/21 <sup>b</sup>
6	5	0/3	60/92±0/15 <sup>c</sup>	16/99±0/15 <sup>cd</sup>	58/31±0/13 <sup>a</sup>
7	5	0/6	62/38±0/13 <sup>b</sup>	15/43±0/13 <sup>f</sup>	58/76±0/13 <sup>a</sup>
8	5	1	62/58±0/23 <sup>b</sup>	15/45±0/17 <sup>f</sup>	58/75±0/11 <sup>a</sup>
9	10	0	56/88±0/19 <sup>e</sup>	19/11±0/12 <sup>b</sup>	52/15±0/16 <sup>b</sup>
10	10	0/3	59/01±0/21 <sup>e</sup>	16/63±0/01 <sup>d</sup>	58/36±0/18 <sup>a</sup>
11	10	0/6	59/86±0/21 <sup>d</sup>	15/19±0/01 <sup>f</sup>	58/74±0/1 <sup>a</sup>
12	10	1	60/03±0/24 <sup>d</sup>	15/25±0/18 <sup>f</sup>	58/76±0/09 <sup>a</sup>

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد)

### تخلخل

میزان ویسکوزیته بالای خمیر نمونه‌های حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد که در مرحله پخت حباب‌های گاز را نگه داشته و باعث افزایش شاخص حجم کیک گردیده است. Turabi و همکاران (2008) نیز گزارش کردند که نمونه‌های کیک حاوی زانتان، شاخص حجم بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشته و این نمونه‌ها مقبولیت بیشتری در بین مصرف‌کنندگان دارند. Gomez و همکاران (2007) اثر هیدروکلوئیدهای مختلف را بر روی حجم کیک ارزیابی کردند و کیک تهیه شده با زانتان حجم ویژه بالایی را نشان داد. آنها حجم ویژه بالای کیک در حضور زانتان را به ویسکوزیته بالای خمیر این نمونه‌ها نسبت دادند که از انتشار بیشتر حباب‌های گاز در مرحله پخت جلوگیری می‌کند.

### ارزیابی ویسکوزیته

نتایج اثر صمغ زانتان و کنجاله‌ی بادام نشان داد که با افزایش درصد صمغ و کنجاله بادام مقدار ویسکوزیته خمیر کیک نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0/05$ ). براساس نتایج اثرات متقابل، ترکیب زانتان با کنجاله بادام به ویژه با نسبت 10:1 بیشترین اثر معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) را در افزایش میزان ویسکوزیته خمیر داشت و تمام نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد باعث افزایش ویسکوزیته شدند (شکل 3). مقادیر بالای ویسکوزیته صمغ زانتان ناشی از ساختار پلیمری آن و اثرات متقابل بین زنجیره‌های پلیمری و ترکیبات فرمولاسیون می‌باشد. وجود فیبر و ترکیبات آب‌دوست دارای گروه هیدروکسیل در ساختار کنجاله بادام باعث افزایش ویسکوزیته شده است. مقادیر بالای ویسکوزیته خمیر کیک شامل صمغ زانتان، ساختار کیک را بهبود می‌بخشد و این منجر به حجم بالاتر کیک می‌شود. Turabi و همکاران (2008) و Lazaridou و همکاران (2007) نشان دادند که صمغ زانتان ویسکوزیته خمیر را افزایش می‌دهد.

نتایج حاصل از میزان تخلخل نشان داد که کنجاله بادام، میزان تخلخل بافت تمام نمونه‌های کیک را نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد در حالی که میزان تخلخل نمونه‌های حاوی صمغ زانتان تا سطح 0/3 درصد باعث افزایش میزان تخلخل و با افزایش بیشتر سطح زانتان، روند کاهش در میزان تخلخل مشاهده شد (جدول 2) به طوری که میزان تخلخل نمونه شامل 1 درصد زانتان نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری در سطح 5 درصد کاهش یافت. هم‌چنین با بررسی اثر نتایج متقابل مشخص گردید که نمونه‌های حاوی زانتان با کنجاله بادام تا سطح 0/3 درصد زانتان سبب افزایش میزان تخلخل می‌شوند به طوری که ترکیب 0/3 زانتان با 10 درصد کنجاله بادام دارای بیشترین میزان تخلخل بود. افزایش میزان تخلخل به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول است. در مقادیر بالای درصد صمغ به دلیل ویسکوزیته زیاد خمیر، امکان توزیع یکنواخت و افزایش سلول‌های گازی وجود ندارد و بالاتر از مقدار 0/3 درصد زانتان تخلخل کاهش می‌یابد. در پژوهشی که نقی‌پور و همکاران (1392) بر روی تولید کیک فاقد گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و زانتان داشتند، به این نتیجه رسیدند که افزودن زانتان تا سطح 0/3 درصد سبب افزایش میزان تخلخل و مقادیر بالاتر از آن باعث کاهش میزان تخلخل می‌شود. Turabi و همکاران (2008) نیز گزارش کردند که کیک حاوی زانتان نسبت به نمونه شاهد دارای میزان تخلخل بیشتری است.

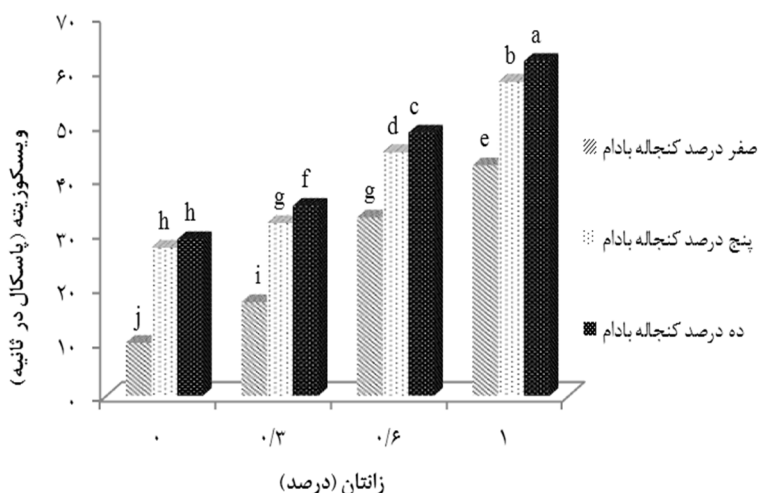
### شاخص حجم

با بررسی نتایج حاصل از اثر زانتان و کنجاله‌ی بادام بر شاخص حجم کیک مشخص شد که نمونه‌های حاوی کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری ندارند، در حالی که نمونه‌های حاوی زانتان در سطح معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) باعث افزایش این مولفه نسبت به نمونه شاهد شد (جدول 2). افزایش شاخص حجم ناشی از

جدول 2- اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام روی میزان رطوبت، شاخص حجم و تخلخل کیک فاقد گلوتن

تیمار	کنجاله بادام	زانتان	درصد تخلخل	رطوبت	شاخص حجم (سانتی متر)
1	0	0	32/1±0/42 <sup>e</sup>	17/66±0/06 <sup>g</sup>	9/04±0/03 <sup>e</sup>
2	0	0/3	38/38±0/53 <sup>d</sup>	18/06±0/05 <sup>def</sup>	9/36±0/07 <sup>cd</sup>
3	0	0/6	30/73±0/32 <sup>f</sup>	18/45±0/07 <sup>abc</sup>	9/79±0/1 <sup>a</sup>
4	0	1	26/39±0/26 <sup>g</sup>	18/48±0/07 <sup>abc</sup>	9/86±0/08 <sup>a</sup>
5	5	0	39/24±0/35 <sup>d</sup>	17/85±0/04 <sup>fg</sup>	9/05±0/06 <sup>e</sup>
6	5	0/3	43/45±0/49 <sup>b</sup>	18/21±0 <sup>cde</sup>	9/37±0/08 <sup>cd</sup>
7	5	0/6	31/94±0/2 <sup>e</sup>	18/68±0/1 <sup>ab</sup>	9/69±0/06 <sup>ab</sup>
8	5	1	27/03±0/19 <sup>g</sup>	18/7±0/11 <sup>ab</sup>	9/78±0/08 <sup>a</sup>
9	10	0	42/19±0/55 <sup>c</sup>	17/95±0/05 <sup>efg</sup>	9/2±0/03 <sup>de</sup>
10	10	0/3	45/41±0/29 <sup>a</sup>	18/38±0/05 <sup>bcd</sup>	9/5±0/1 <sup>bc</sup>
11	10	0/6	32/26±0/37 <sup>e</sup>	18/78±0/09 <sup>a</sup>	9/59±0/09 <sup>abc</sup>
12	10	1	31/27±0/25 <sup>ef</sup>	18/8±0/09 <sup>a</sup>	9/07±0/1 <sup>ab</sup>

(حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 5 درصد)

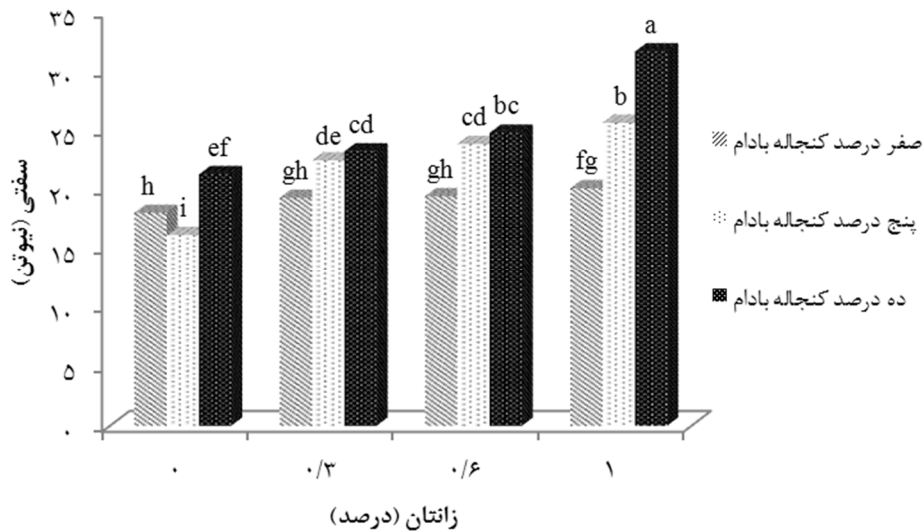
شکل 3- اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام بر میزان ویسکوزیته خمیر کیک فاقد گلوتن. (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال  $P < 0/05$ )

در ساختمان کیک می‌شود که باعث انبساط بیشتر هوای داخل حفرات می‌شود و در نتیجه ساختمان کیک در برابر نیروی وارد توسط دستگاه به راحتی تخریب می‌شود. Turabi و همکاران (2008) به این نتیجه رسیدند کیک حاوی مخلوط صمغ زانتان-گوار بدون امولسیفایر بافت سفتی دارد که به دلیل ضخیم شدن دیواره‌های اطراف فضاهای هوا در مغز کیک است. ایوبی و همکاران (1387) نیز در تحقیقی که بر روی اثر صمغ زانتان بر روی خصوصیات کیفی و فیزیکیوشیمیایی کیک روغنی داشتند، به این نتیجه رسیدند افزودن صمغ زانتان سبب افزایش سفتی بافت کیک می‌شود. Lazaridou و همکاران (2007) و Guarda و همکاران (2003) دریافتند که افزودن صمغ زانتان به نان بدون گلوتن سبب افزایش سفتی آن می‌شود.

#### سفتی

نتایج بررسی اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام (شکل 4) در فاصله‌ی زمانی 24 ساعت پس از پخت، نشان داد که میزان سفتی تمام نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام به طور معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. صمغ زانتان منجر به افزایش تعداد حفرات موجود در ساختمان کیک و ریز و یکنواخت شدن این حفرات می‌شود که از انبساط بیشتر هوای داخل حفرات جلوگیری می‌کند، وجود این حفرات کوچک سبب می‌شود ساختمان کیک در برابر نیروی وارد شده توسط دستگاه بافت‌سنج، به راحتی تخریب نشوند (ایوبی و همکاران، 1387). در حالت استفاده از 5 درصد کنجاله بادام در ترکیب کیک، باعث تشکیل حفرات بزرگ





شکل 4- اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام بر میزان سفی کیک فاقد گلوتن (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال  $P < 0/05$ )

بیشترین مطلوبیت هستند. نمونه‌های حاوی 1/0 درصد زانتان در ترکیب با 5 و 10 کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد دارای مطلوبیت بیشتر و اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) داشتند.

ریخته‌گری و همکاران (1390)، نقی‌پور و همکاران (1392)، Lazarido و همکاران (2007) و Demirkesen و همکاران (2010)، به این نتیجه رسیدند که استفاده از هیدروکلوئیدها در تولید محصولات فاقد گلوتن، خصوصیات حسی محصول را ارتقاء می‌دهند و نسبت به نمونه شاهد دارای مقبولیت بیشتری هستند.

#### نتیجه‌گیری

به طور کلی، در آزمایش‌های انجام شده بر روی خمیر و کیک فاقد گلوتن، تاثیر مثبت زانتان و کنجاله بادام در ارتقای خصوصیات فیزیکی و حسی محصول کاملاً نمایان است. نتایج نشان داد صمغ زانتان می‌تواند به عنوان یکی از بهترین جایگزین‌های گلوتن در محصولات فاقد گلوتن استفاده شود. نمونه حاوی 0/3 درصد زانتان با 10 درصد کنجاله بادام به دلیل تاثیر خوبی که بر روی ویژگی‌های فیزیکی و حسی کیک فاقد گلوتن داشته به عنوان بهترین ترکیب افزودن صمغ و کنجاله بادام پیشنهاد می‌شود.

#### ارزیابی حسی

نتایج اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام بر روی فاکتورهای رنگ و عطر و طعم نشان داد که تمام نمونه‌های حاوی صمغ زانتان نسبت به نمونه شاهد، اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) داشتند و امتیاز بیشتری نسبت به نمونه شاهد به دست آوردند (جدول 3). نمونه‌های حاوی کنجاله بادام در دو سطح 5 و 10 درصد در بررسی رنگ و عطر و طعم با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی نسبت به نمونه شاهد در فاکتور عطر و طعم اختلاف معنی‌دار ( $P < 0/05$ ) داشتند و مطلوبیت بیشتری کسب نمودند. نتایج مربوط به بررسی بافت نمونه، نشان داد که نمونه‌های حاوی کنجاله بادام نسبت به نمونه شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند. نمونه‌های حاوی 0/3 صمغ زانتان در ترکیب با سطوح 0، 5 و 10 درصد کنجاله بادام با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی نسبت به نمونه شاهد و سایر سطوح صمغ با کنجاله، اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) داشته و دارای بیشترین مطلوبیت هستند. بررسی نتایج مربوط به پذیرش کلی نشان‌گر این است که بین سطوح 0/3 و 0/6 زانتان بدون کنجاله بادام و سطوح 0/3 و 0/6 زانتان در ترکیب با سطوح 5 و 10 درصد کنجاله اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ( $P < 0/05$ ) دارند و دارای

جدول 3- اثر صمغ زانتان و کنجاله بادام بر روی ویژگی‌های حسی کیک فاقد گلوتن

تیمار	کنجاله بادام	زانتان	رنگ نمونه	بافت نمونه	عطر و طعم	پذیرش کلی
1	0	0	3/13±0/15b	2/95±0/28d	3/16±0/12c	3/11±0/29c
2	0	0/3	4/57±0/1a	4/82±0/1ab	4/74±0/16a	4/85±0/06a
3	0	0/6	4/77±0/21a	4/29±0/13c	4/71±0/14a	4/67±0/06a
4	0	1	4/87±0/23a	4/08±0/12c	4/66±0/16a	4/32±0/46ab
5	5	0	2/94±0/13b	3±0/22d	4/1±0/14b	3/28±0/12c
6	5	0/3	4/57±0/18a	4/84±0/06ab	4/8±0/13a	4/9±0/08a
7	5	0/6	4/58±0/12a	4/37±0/08bc	4/8±0/13a	4/66±0/08a
8	5	1	4/66±0/11a	4/18±0/1c	4/7±0/15a	4/3±0/28ab
9	10	0	2/78±0/11b	2/96±0/07d	4/22±0/03b	3/65±0/42bc
10	10	0/3	4/39±0/13a	4/89±0/09a	4/85±0/1a	4/85±0/15a
11	10	0/6	4/62±0/29a	4/46±0/15abc	4/85±0/1a	4/44±0/06a
12	10	1	4/73±0/31a	4/38±0/15bc	4/81±0/09a	4/23±0/03ab

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد.

### منابع

- ایوبی، ا.، حبیبی نجفی، م.ب.، و کریمی، م. 1387. تاثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر (WPC) و صمغ‌های گوار و زانتان بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 4: 33-46.
- پورصفر، ل.، پیغمبردوست، س.ه.، علیزاده شلچی، ل.، شکویی بناب، ا.، و رافت، س.ه. 1389. بررسی تاثیر دما و زمان فرآیند حرارت‌دهی آرد گندم بر ویژگی‌های کیفی کیک اسفنجی. مجله الکترونیک فرآوری و نگهداری مواد غذایی، 2: 87-104.
- ریخته‌گری، ص.، قنبرزاده، ب.، و غیائی، ب. 1390. تاثیر هیدروکلونید زانتان در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حسی خمیر و نان بربری. مجله مهندسی بیوسیستم ایران، 42: 205-213.
- نقی‌پور، ف.، کریمی، م.، حبیبی نجفی، م.ب.، حداد خداپرست، م.ح.، شیخ الاسلامی، ز.، قیافه داودی، م.، و صحرائیان، ب. 1392. بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و گزانتان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، 41: 127-139.
- AACC. 1983. Approved methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St, Paul, MN.
- AACC. 1999. Approved method of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St, Paul, MN.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., & Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten-free bread formulation. Journal of Food Engineering, 96: 295-303.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., & Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science and Technology, 15: 143-152.
- Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V., & Rosell, C.M. 2003. Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 3814-3818.

- 10-Gularte, M.A., de la Hera, E., Gómez, M., & Rosell, C. M. 2012. Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology*, 48 (2): 209-214.
- 11-Guarda A., Rosell C.M., Bénédict C. & Galotto M.J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers & anti-staling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241–247.
- 12-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.
- 13-Haralick, R.M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45 (6): 1995-2005.
- 14-Jones, D.B., 1941. Factors for converting percentages of nitrogen in foods and feeds into percentages of proteins. Circular 183, US Department of Agriculture, Washington, DC. Retrieved January 20, 2010 from: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>.
- 15-Kim, C., & Yoo, B. 2006. Rheological properties of rice starch–xanthan gum mixtures. *Journal of Food Engineering*, 75: 120–128.
- 16-Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, M., & Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology & bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
- 17-Lakshminarayan, S.M., Rathinam, V., & KrishnaRau, L. 2006. Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (5): 706-712.
- 18-Mohammadi, M., Nasim Sadeghnia, M., Azizi, M.H., Neyestani, T.R., & Mortazavian, A.M. 2013. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, In press.
- 19-Mandala, I.G., Savvas, T.P., & Kostaropoulos, A.E., 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. *Journal of Food Engineering*, 64: 335–342.
- 20-Ronda, F., Gómez, M., Blanco, C.A., & Caballero, P.A. 2005. Effects of polynondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chemistry*, 90: 549-555.
- 21-Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W.S., Lachence, P. A., Ho, C. T., & Rosen, R. T. 2002. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus* Batsch). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50: 2459–2463.
- 22-Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22: 305-312.
- 23-Yada, S., Lapsley, K., & Huang, g. 2011. A review of composition studies of cultivated almonds: macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 469–480.
- 24-Zheng, C., Sun, D.W., & Zheng, L. 2006. Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection - a review. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 642-655.

## Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake

Abdulsattar Avazsufiyan<sup>1</sup>, Mehran Aalami<sup>2\*</sup>, Alireza Sadeghi Mahoonak<sup>3</sup>,  
Mohammad Ghorbani<sup>3</sup>, Aman Mohammad Ziaifar<sup>3</sup>

1- MSc. Student, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

\* Corresponding author (mehranalami@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

### Abstract

Celiac disease is an autoimmune disorder that results in permanent intolerance to dietary gluten (especially wheat gluten). Using a gluten-free diet is the only effective remedy to this disease. The aim of this study was to evaluate the effect of xanthan gum (0.0, 0.3, 0.6, and 1.0%) and sweet almond meal (0, 5, and 10%) on physico-chemical properties of batter and gluten-free cake samples. Brightness values ( $L^*$ ) cake samples containing xanthan gum were in the range of 58.4 to 64.1 indicating that increasing levels of xanthan gum would cause an increase in the brightness of cake samples. However, increasing concentrations of almond meal significantly reduced the  $L^*$  of cakes, so that  $L^*$  decreased from 58.4 to 56.8. The addition of almond meal increased the porosity of cake samples, while the addition of xanthan gum up to 0.3% increased the porosity, but its further concentrations negatively affect the porosity of cakes. Firmness and moisture content of cake samples and viscosity of batters were increased by adding xanthan gum. Sensory evaluation of cakes revealed that samples containing xanthan gum and almond meal were more desirable compared to the control sample.

**Keywords:** Almond meal, Gluten-free cake, Rice flour, Xanthan