تاثیر استفاده از کنسانتره پروتئین بادام شیرین و صمغ زانتان بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن

فاطمه عباس‌زاده [۱]، مهران اعلمی [۲*]، علیرضا صادقی ماهونک [۲]، مهدی کاشانی نژاد [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲- دانشیار دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استاد دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۵ /۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۵)

چکیده

سلیاک یک بیماری خود ایمنی وراثتی بوده که عدم تحمل مصرف پروتئین‌های گلوتنی را در تمام طول عمر سبب می‌شود. تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی فاقد گلوتن است. هدف از انجام این پژوهش، تأثیر افزودن صمغ زانتان و کنسانتره پروتئین بادام شیرین (SAPC) بر روی خصوصیات فیزیکی کیک‌های تهیه شده از آرد برنج می‌باشد. صمغ زانتان در سه سطح صفر، ۰/۲ و ۰/٤درصد و SAPC در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵درصد (درصد ها بر پایه آرد برنج) مورد استفاده قرار گرفتند. SAPC توسط روش استخراج الکلی تهیه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزودن صمغ زانتان و SAPC رطوبت نمونه‌های کیک و ویسکوزیته خمیر افزایش می‌یابد. SAPC سفتی نمونه‌ها را افزایش می‌دهد در صورتی که صمغ زانتان سبب کاهش سفتی می‌شود. حجم و تخلخل نیز با افزودن زانتان و SAPC کاهش یافتند. بررسی پذیرش کلی در ارزیابی حسی نشان داد که سطوح ۰/۲ درصد برای زانتان و ۵ درصد برای SAPC بیش‌ترین امتیاز را کسب نمودند.

کلید واژگان: بادام شیرین ، صمغ ، سلیاک، آرد برنج

* مسئول مکاتبات: mehranalami@gmail.com

۱- مقدمه

سلیاک یک بیماری خودایمنی و وراثتی بوده که عدم تحمل مصرف پروتئین‌های گلوتنی را در تمام طول عمر سبب می‌شود. پروتئین‌های گلوتنی در گندم، چاودار و جو وجود دارند. مصرف پروتئین‌های گلوتن توسط این بیماران سبب آسیب به مخاط روده کوچک شده و پرزهای روده‌ای با تداوم مصرف از بین رفته و سبب سوء تغذیه در این افراد می‌شود [۱].

در بین فرآورده‌های غله‌ای موجود، کیک که نوعی شیرینی با بافتی مخصوص است، به دلیل طعم دلپذیر، ارزش غذایی بالا و سهولت مصرف کاربرد زیادی دارد [۲]. یکی از مواد اصلی تشکیل دهنده آن، آرد گندم است که عامل اصلی ایجاد حالت اسفنجی در کیک بوده، اما برای بیماران سلیاکی ایجاد مشکل می‌کند و ما مجبور به استفاده از آردهای فاقد گلوتن هستیم.

برنج که فاقد گلوتن، مقادیر بسیار کم سدیم، پروتئین، چربی، فیبر و مقدار بالای کربوهیدرات قابل هضم است، یکی از غلاتی است که اغلب به عنوان جایگزین گندم در محصولات غذایی فاقد گلوتن استفاده می‌شود [۳]. با این حال استفاده از نشاسته‌ها، صمغ‌ها و یا محصولات لبنی برای تقلید ویژگی‌های گلوتن برای این فرآورده‌ها ضروری است [٤].

زانتان از دسته هیدروکلوئیدهایی است که بیشترین استفاده را در فرآورده‌های فاقد گلوتن دارد. صمغ زانتان به دلیل گروه‌های آب دوست فراوانی که دارد با ترکیباتی مانند آب و نشاسته و زنجیره صمغ‌های زانتان دیگر در محیط خمیر تشکیل یک ژل قوی را می‌دهد [٥].

ترابی و همکاران (۲۰۱۰)، به بررسی ساختارهای منافذ کیک حاوی صمغ‌های زانتان و گوار و پخته شده در فرهای مختلف پرداختند نتایج به این صورت بود که هم زانتان به تنهایی و هم ترکیب زانتان-گوار سبب افزایش حجم و ویسکوزیته نمونه‌ها می‌شوند. همچنین زانتان به دلیل خواص دی الکتریک بالاتری که دارد در هنگام پخت در فر ترکیبی مایکروویو-مادون قرمز سبب دریافت گرمای بیشتر و ژلاتینه شدن بیشتر خمیر کیک می‌شوند که در نتیجه سبب افزایش تخلخل شده و منافذ تشکیل شده ساختار همگن‌تری دارند [٦]. دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) از صمغ‌های زانتان، گوار، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ لوبیای خرنوب، پکتین، زانتان-گوار، زانتان-خرنوب و امولسیفایر داتم[1] در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج استفاده کردند و ویژگی‌های رئولوژیکی آن را مورد بررسی قرار دادند. زانتان، زانتان-خرنوب و زانتان-گوار در بهبود ساختار خمیر نقش به سزایی داشتند و نمونه‌های حاوی زانتان-گوار و زانتان-خرنوب بیشترین میزان الاستیسیته خمیر و کمترین سفتی بافت مغز نان را دارا بودند [۷]. موحد و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که افزودن صمغ‌های زانتان و کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون کیک سبب بهبود ویژگی‌های حسی محصول نسبت به نمونه شاهد می‌شوند و بیاتی را نیز به تأخیر می‌اندازند [۸].

فرآورده‌های فاقد گلوتن دارای مقدار پروتئین کمی هستند و از نظر ریزمغذی‌ها و فیبرها دارای کمبودهای تغذیه‌ای می‌باشند [۹]. از این نظر غنی‌سازی این فرآورده‌ها با پروتئین‌های در دسترس و ارزان‌قیمت که هم از نظر تغذیه‌ای در حد مطلوب و هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند، حائز اهمیت است. بادام که متعلق به خانواده روزاسهآ است، یکی از محبوب‌ترین مغزها در سراسر جهان می‌باشد. در میان وعده‌ها و انواع غذاهای فرآوری شده به ویژه صنایع قنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۰]. یک منبع خوبی از پروتئین‌های با کیفیت بالا می‌باشد و مقدار پروتئین در بادام ۲۲-۱٦٪ بر اساس وزن خشک گزارش شده است [۱۱]. پروتئین‌های بادام قابلیت هضم بالایی دارند و آلبومین و گلوبولین ۹۹-۸۸٪ از پروتئین‌های اصلی آن را تشکیل می‌دهند [۱۰]. مطالعه استورک و همکاران (۲۰۱۳) بر روی غنی‌سازی نان فاقد گلوتن با مکمل‌های پروتئینی (ایزوله کازئین و آلبومین) نشان داد که این مکمل‌ها تأثیر مثبتی بر روی حجم و بافت مغز نان گذاشتند [۱۲]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز به مطالعه بر روی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از کنجاله بادام شیرین و صمغ زانتان پرداختند. نتایج نشان داد که زانتان و کنجاله بادام تاثیر مثبتی در ارتقای خصوصیات فیزیکی و حسّی محصول می‌گذارند و صمغ زانتان می‌تواند به عنوان بهترین جایگزین

1. DATEM

گلوتن در محصولات فاقد گلوتن استفاده شود [۱۳]. بنابراین با توجه به اینکه تا کنون از کنسانتره پروتئین بادام شیرین در صنایع پخت استفاده نشده است، هدف از این پژوهش تولید کنسانتره پروتئین بادام شیرین (SAPC) [1] و بررسی اثر افزودن آن به کیک بدون گلوتن و همچنین استفاده از صمغ زانتان جهت ایجاد بافتی مناسب در محصول و در نهایت ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی نظیر حجم، تخلخل، رنگ، سفتی بافت و ویسکوزیته و ارگانولپتیکی کیک حاصل می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد نیاز جهت تولید کیک شامل: آرد برنج (۱۰/۰۳درصد رطوبت، ٦/۸ درصد پروتئین، چربی ۰/۳۵ درصد و۰/۱۵ درصد خاکستر)، پودر قند، روغن گیاهی، تخم مرغ، آب، پودر آب پنیر (٤ درصد رطوبت، ۸-٤ درصد پروتئین، ۱ درصد چربی و ۵ درصد خاکستر) شیر خشک بدون چربی (۵ درصد رطوبت، ۳۵-۳۱ درصد پروتئین، ۱/۵ درصد چربی و ۸/۲ خاکستر)، وانیل، بکینگ پودر، امولسیفایر (مخلوط مونو و دی گلیسرید)، صمغ زانتان و کنسانتره پروتئینی بادام شیرین (SAPC) (٤/۰٦ درصد رطوبت، پروتئین ٦۱/۸۹ درصد، ۰/۷٦ درصد چربی، ۵/۳٤ درصد خاکستر) می‌باشد. برنج نیم‌دانه رقم فجر از یکی از فروشگاه‌های معتبر شهرستان گرگان خریداری شد و سپس جهت تهیه آرد خیسانده شده و در ادامه خشک شد و در نهایت توسط آسیاب به آرد تبدیل شد. کنجاله بادام شیرین (۳٦/٤۷ درصد پروتئین، ۲۰/۹۵ درصد چربی، ۷/۸٤ درصد رطوبت و ۷/۲۵درصد خاکستر) نیز از شرکت داروسازی گیاه اسانس گرگان، صمغ زانتان با نام تجاری Rhodia Gel (Xanthan Gum, E415) از شرکت Rhodio food، پودر آب پنیر و شیر خشک بدون چربی از کارخانه پگاه گلستان تهیه و سایر مواد از مراکز خرید معتبر گرگان خریداری شدند. تخم مرغ تازه نیز در همان روز تهیه شد. الکل اتیلیک خالص و هگزان و سایر مواد شیمیایی با درجه آزمایشگاهی و از نمایندگی‌های مجاز شرکت‌های معتبر تهیه شدند.

۲-۱- تهیه آرد کنجاله بدون چربی

به منظور حذف روغن باقی مانده در کنجاله، کنجاله به نسبت ۱ به ٤ با هگزان مخلوط شد [۱٤] و به مدت ۲٤ ساعت نگه‌داری و سپس توسط صافی حلال از کنجاله جداسازی شد. باقی مانده حلال در محصول نهایی به مدت ۲٤ ساعت زیر هود به منظور تبخیر شدن نگه‌داری و در نهایت پس از خشک کردن در آون (شرکت Memert، مدل WNB22، آلمان) با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲ ساعت، آسیاب شد و ذرات از الک ۸۰ عبور داده شدند.

۲-۲-تهیه کنسانتره پروتئینی بادام شیرین (SAPC)

جهت تهیه کنسانتره پروتئینی از روش وانگ و همکاران (۲۰۰٤) با کمی تغییرات استفاده شد. آرد بدون چربی کنجاله (۵/۳۲ درصد رطوبت، ٤۷/۱٤ درصد پروتئین، ۰/۸ درصد چربی، ۷/٤ درصد خاکستر) به نسبت ۱ به ۱۰ با الکل ۷۰ درصد مخلوط شد. سپس در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه هم زده و مخلوط در g× ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (شرکت Hanil، مدل یخچال‌دار Cambi-514R، کره جنوبی) شد. رسوب حاصل در زیر هود قرار گرفت تا الکل اضافی تبخیر شود. سپس در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط آون (شرکت Memert، مدل WNB22، آلمان) خشک و به دنبال آن آسیاب شد. آرد کنسانتره حاصل در نهایت از الک ۸۰ عبور داده شد و پس از بسته بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی در یخچال نگه‌داری شد [۱۵].

۲-۳- تهیه خمیر و تولید کیک

جهت تولید خمیر کیک از روش شکر- خمیر (بنویین و بمفرد، ۱۹۹۷) با کمی تغییر در مقدار مواد اولیه استفاده گردید. مواد اولیه شامل: ۱۰۰ گرم آرد برنج، ۷۲ گرم پودر قند، ۵۷ گرم روغن، ٤ گرم پودر آب پنیر، ۲ گرم پودر شیر خشک، ۰/۲۵ گرم امولسیفایر، ۰/۵ گرم وانیل، ۷۲ گرم تخم مرغ، ۲ گرم بکینگ پودر و ۳۰ گرم آب (مقدار آب در تمام تیمارها یکسان می‌باشد) و زانتان در ۳ سطح (صفر، ۰/۲ و ۰/٤) و SAPC در ٤ سطح (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵) بودند (مقدار مواد بر اساس ۱۰۰

1. Sweet Almond Protein Concentrate

گرم آرد برنج در نظر گرفته شد) [۱۶]. جهت تهیه کیک ابتدا روغن و پودر قند را هم زده تا به مایع کرم رنگی تبدیل شد. سپس تخم مرغ را که قبلا زده شده بود به مایع اضافه کرده و ۲ دقیقه با دور تند کاملا مخلوط شدند. نصف آب را اضافه کرده و هم زده و سپس مواد پودری را که قبلا مخلوط شده بودند با دور آهسته هم زده شدند. در نهایت نصف دیگر آب به خمیر اضافه شد. ۳۰ گرم از خمیر آماده شده را در قالب‌های فنجانی کوچک که همراه با کاغذ مخصوص کیک هستند ریخته و به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۱۷۰ درجه سانتی گراد در فر برقی (LETO-010) پخته شدند. پس از پخت و سرد شدن، کیک‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگه‌داری شدند.

۲-٤- آزمون‌های وشیمیایی مشترک آرد برنج، کنجاله، آرد کنجاله بدون چربی، SAPC

آزمون‌های رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر برای آرد برنج، کنجاله، آرد کنجاله بدون چربی و SAPC طبق روش AACC (۲۰۰۰) انجام شد [۱۷]. فاکتور پروتئینی جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین برای آرد برنج ۵/۹۵، کنجاله و SAPC ۵/۳ قرار داده شد [۱۸].

۲-۵- ارزیابی حجم

برای اندازه‌گیری حجم کیک از روش جابه‌جایی دانه کلزا استفاده شد. در این روش ابتدا دانسیته توده‌ای کلزا با استفاده از وزن و حجم مشخصی از دانه‌ها محاسبه شد. سپس نمونه به طور کامل به همراه دانه‌ها داخل ظرفی با ابعاد مشخص قرار داده شد و حجم بر اساس رابطه (۱) محاسبه شد [۱۷].

$$W_{\text{کلزا}} = W_{\text{کل}} - W_{\text{کیک}} - W_{\text{ظرف}}$$

$$V_{\text{کلزا}} = \frac{W_{\text{کلزا}}}{\rho_{\text{کلزا}}}$$

$$V_{\text{کیک}} = W_{\text{ظرف}} - W_{\text{کلزا}}$$

رابطه (۱)

در این رابطه W: وزن (گرم)، V: حجم (سانتی متر مکعب) و ρ: دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب) است.

۲-٦- ارزیابی دانسیته ظاهری و جسمی کیک

دانسیته ظاهری کیک با محاسبه نسبت وزن به حجم کل و دانسیته جسمی با محاسبه نسبت وزن به حجم واقعی کیک اندازه‌گیری شد [۱۹].

۲-۷- ارزیابی تخلخل

جهت اندازه‌گیری تخلخل ابتدا حجم واقعی کیک تعیین شد. برای این منظور، نمونه کیک داخل استوانه مدرج فشرده شد به طوری که هیچ گونه خلل و فرجی باقی نماند. سپس طبق رابطه (۲) درصد تخلخل محاسبه شد.

در این رابطه V_{true}، حجم واقعی و V_{bulk}، حجم کل کیک اندازه‌گیری شده به روش جا به جایی دانه کلزا است [۲۰].

رابطه (۲)

$$\text{درصد تخلخل} = \left[1 - \frac{V_{true}}{V_{bulk}}\right] \times 100$$

۲-۸- ارزیابی سفتی بافت

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت بعد از پخت صورت گرفت. بدین منظور ابتدا قطعات ۲×۲ سانتی‌متر از مغز نمونه‌ها بدون پوسته تهیه شد. سپس با استفاده از دستگاه بافت سنج (شرکت استیبل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) و با به کارگیری پروب P/36R (قطر ۳٦ میلی متر) به اندازه ۱ سانتی متر (۵۰ درصد) از بافت فشرده شد. سرعت نیروی قبل، حین و بعد از آزمون به ترتیب ۲، ۱ و ۲ میلی‌متر بر ثانیه بود. بیش‌ترین نیرویی که به نمونه در پایان عمل فشردن وارد شد بر حسب نیوتن گزارش شد [۲۱].

۲-۹- ارزیابی رنگ پوسته و مغز

آنالیز رنگ توسط اندازه‌گیری ۳ شاخص L*، a* و b* انجام شد. شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه محدوده صفر (سیاه مطلق) تا ۱۰۰ (سفید مطلق)، شاخص a* بیان‌گر میزان نزدیکی نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز است و محدوده آن از ۱۲۰+ (قرمز مطلق) تا ۱۲۰- (سبز مطلق) می‌باشد و b* نشان دهنده میزان نزدیکی نمونه به رنگ‌های آبی و زرد بوده و

محدوده آن از ۱۲۰+ (زرد مطلق) تا ۱۲۰- (آبی مطلق) در نظر گرفته شده است. عکس برداری از نمونه‌ها ۲ ساعت پس از پخت توسط اسکنر مدل LIDE 120 ساخت شرکت Canon با وضوح dpi ۲٤۰۰×٤۸۰۰ از پوسته و مغز کیک صورت گرفت. تجزیه و تحلیل نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار Image J انجام شد [۲۲].

۲-۱۰- تعیین ویسکوزیته خمیر

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته خمیر از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد ساخت آمریکا (مدل DV-II متصل به Helipath) استفاده شد. بر اساس آزمون و خطا و راهنمای دستگاه، اسپیندل T-C از مجموعه Helipath Spindele انتخاب شد. ویسکوزیته تمام نمونه‌ها با سرعت چرخشی برابر ۲۵ دور در دقیقه اندازه‌گیری شد [۲۳].

۲-۱۱- ارزیابی حسی

این ارزیابی توسط ۱۰ نفر از افراد نیمه آموزش دیده آشنا با تکنیک‌های ارزیابی حسی انجام شد. نمونه‌های پخته شده بعد از ۲ ساعت در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ویژگی‌های مورد بررسی شامل رنگ پوسته ، سفتی، بافت، عطر و طعم و پذیرش کلی با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱= نامطلوب، ۵= مطلوب) مورد ارزیابی قرار گرفت [۲٤].

۲-۱۲- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، کلیه نمونه‌ها در ۳ تکرار تولید و آزمون‌ها حداقل در سه تکرار انجام گرفت. داده‌های به دست آمده از آزمون‌ها با استفاده از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل با استفاده از رویه مدل‌های خطی تعمیم یافته[1] نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ویسکوزیته خمیر

ویسکوزیته خمیر کیک، می‌تواند تعیین کننده میزان حباب‌های هوا، نحوه توزیع آن‌ها، بافت و پذیرش حسی محصول نهایی باشد [۲۳]. اثر SAPC و صمغ زانتان بر ویسکوزیته خمیر در شکل ۱ نشان داده شده است. با افزایش درصد صمغ و SAPC مقدار ویسکوزیته خمیر نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری (P <۰/۰۵) افزایش یافت. مقادیر بالای ویسکوزیته صمغ زانتان به دلیل جذب و نگه‌داری آب بالا و ساختار پلی‌مری آن و اثرات متقابل بین زنجیره‌های پلی‌مری با ترکیبات فرمولاسیون می‌باشد [۱۳]. بنا به یافته‌های بی تقصیر و همکاران (۱۳۹۳) میزان ویسکوزیته با مقدار آب نسبت عکس دارد [۲۵]. بنابراین SAPC با داشتن پروتئین‌هایی که قدرت اتصال به آب را دارند می‌تواند میزان آب خمیر را کاهش داده و موجب افزایش ویسکوزیته شود. افزایش ویسکوزیته خمیر حاوی زانتان توسط ترابی و همکاران (۲۰۰۸) و آشوینی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است [۲٦و۲۰]. نتایج مطالعات عوض‌صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که صمغ زانتان و کنجاله بادام شیرین سبب افزایش ویسکوزیته خمیر کیک فاقد گلوتن شده است [۱۳].

۳-۲- رطوبت

نتایج افزودن صمغ زانتان و SAPC به این صورت بود که باعث افزایش معنی‌دار (P <۰/۰۵) محتوای رطوبت نمونه‌های کیک نسبت به نمونه کیک شاهد شد (شکل ۲). بررسی اثر متقابل زانتان با SAPC نشان داد که مقدار رطوبت تمام نمونه‌های ترکیبی نسبت به نمونه شاهد بیشتر شده است. دلیل افزایش محتوای رطوبت نمونه‌های حاوی زانتان، قدرت بالای این صمغ در جذب رطوبت و نگه‌دای آن در حین فرایند پخت می‌باشد [۲۷]. پروتئین‌های SAPC نیز احتمالا به دلیل خاصیت آب دوستی آن‌ها سبب افزایش رطوبت نمونه‌ها شده است. بین تیمارها نمونه حاوی ۱۵ درصد SAPC و ۰/٤ درصد زانتان بیش‌ترین مقدار و نمونه شاهد کم‌ترین مقدار رطوبت را دارا بودند. در همین راستا گواردا و همکاران (۲۰۰٤) و نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) افزایش میزان رطوبت را با افزایش زانتان گزارش کردند [۲۸و۲۷]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز به نتایج مشابهی در خصوص صمغ زانتان و کنجاله بادام رسیدند [۱۳].

1. General Linear Model (GLM)

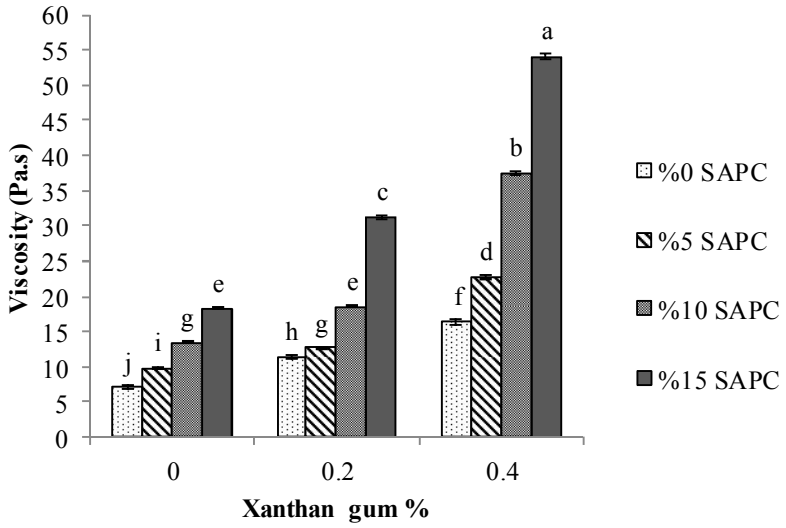

Fig 1 The effect of xanthan gum and SAPC on the viscosity of dough cake samples (different letters indicate a significant difference at 95% confidence level)

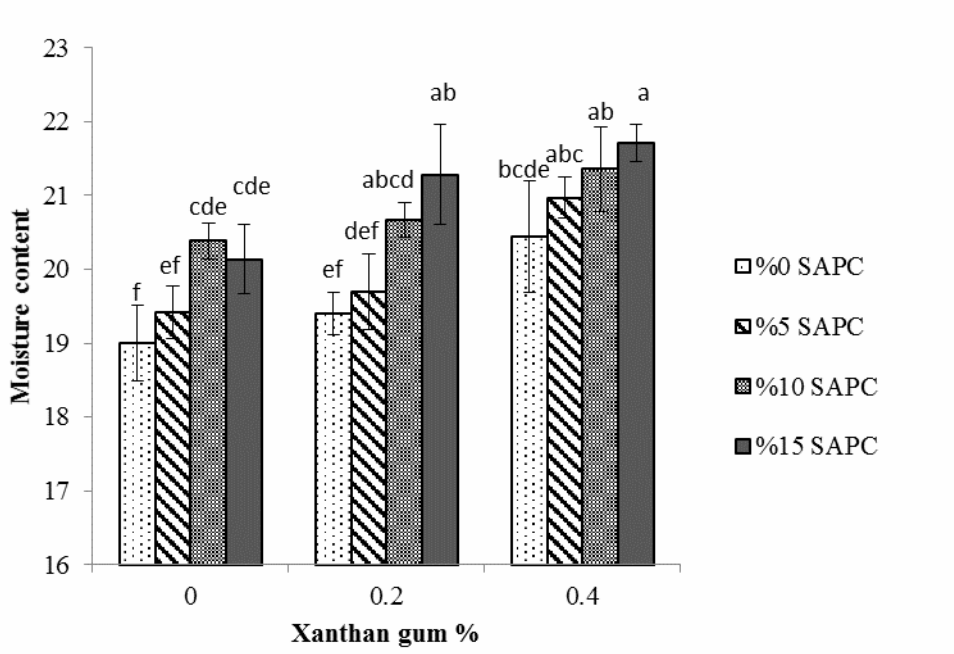

Fig 2 The effect of xanthan gum and SAPC on the moisture content of cake samples (different letters indicate a significant difference at 95% confidence level)

۳-۳- حجم و دانسیته ظاهری

نتایج حاصل از بررسی شاخص حجم و دانسیته ظاهری در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش درصد زانتان حجم نمونه‌ها کاهش می‌یابد اما این کاهش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اثر معنی‌داری نداشت. با افزایش زانتان خمیر سفت شده و توانایی گنجاندن گازهای ایجاد شده را ندارد [۲۹]. افزایش SAPC نیز سبب کاهش معنی‌دار حجم گردید ولی اثر مستقل نشان داد که نمونه حاوی ۵ درصد SAPC تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. لی و همکاران (۲۰۰٤) و بویاسی و همکاران (۲۰۰۹) ویسکوزیته خمیر را

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر حجم نهایی کیک بیان کردند [۳۱و۳۰]. بنابراین ویسکوزیته خمیر باید در حد مناسبی باشد. حجم نهایی کیک فقط به مقدار ابتدائی هوا که در داخل خمیر ترکیب شده است بستگی ندارد. مقدار هوایی که میتواند در داخل خمیر در طول مرحله پخت باقی بماند نیز اهمیت زیادی دارد [۳۲]. SAPC به دلیل ایجاد ویسکوزیته بالا احتمالا خاصیت ارتجاعی دیواره حباب‌های تشکیل شده را کاهش داده و مانع از افزایش حجم می‌شود. ویسکوزیته کم باعث می‌شود تا حباب‌های هوای تشکیل شده در طی مراحل آماده سازی و پخت به سطح آمده و پایدار نباشند. از طرفی ویسکوزیته بیش از حد هم در عمل مخلوط کردن اختلاط ایجاد کرده و حجم هوای کافی وارد سامانه خمیر نمی‌شود [۳۳]. در نتیجه هر دو این‌ها تأثیر منفی بر روی حجم و تخلخل می گذارند. دانسیته ظاهری با افزایش زانتان و SAPC افزایش معنی‌دار پیدا کرد ($P <$ ۰/۰۵). حجم و دانسیته ظاهری رابطه عکس دارند [۳٤] بنابراین در نمونه‌هایی که حجم کم‌تر است، دانسیته ظاهری بیش‌تر خواهد بود. سومیا و همکاران (۲۰۰۹) افزایش دانسیته ظاهری را به دلیل کاهش ترکیب هوا در خمیر کیک دانستند [۳۵]. بنابراین نمونه شاهد بیش‌ترین حجم و کم‌ترین دانسیته ظاهری و نمونه دارای ۰/٤ زانتان و ۱۵ درصد SAPC کم‌ترین حجم و بیش‌ترین دانسیته را داشتند. سالاما و همکاران کاهش حجم توسط زانتان را در سطوح استفاده شده ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ گزارش کردند [۳٦]. لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که افزودن ۱ درصد زانتان در نان بدون گلوتن تغییری ایجاد نکرد و مقدار ۲ درصد آن حتی باعث کاهش حجم شد [۲۹]. هاک و موریس (۱۹۹٤) بیان کردند که افزودن زانتان در نان بر پایه آرد برنج بر روی حجم بی‌تاثیر بود [۳۷]. شوبر و همکاران (۲۰۰۵) کاهش حجم را با زانتان در نان بدون گلوتن بر پایه سورگوم گزارش کردند [۳۸].

۳-٤- تخلخل و دانسیته جسمی

نتایج بررسی شاخص تخلخل و دانسیته جسمی نشان داد (جدول ۱) که افزایش زانتان سبب کاهش معنی‌دار ($P <$ ۰/۰۵) این دو شاخص نسبت به نمونه شاهد شد. اما در نتایج دانسیته جسمی سطح ۰/۲ تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. افزودن SAPC در رابطه با تخلخل سبب کاهش معنی‌دار آن شد و در رابطه با دانسیته جسمی تا سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت اما سطوح ۱۰ و ۱۵ درصد باعث کاهش معنی‌دار در میزان تخلخل شدند. بین حجم و تخلخل و دانسیته جسمی رابطه مستقیم وجود دارد [۳۹]. بنابراین با توجه به اینکه حجم با افزایش صمغ زانتان و SAPC کاهش می‌یابد، تخلخل و دانسیته جسمی نیز کاهش خواهد یافت. از طرفی میزان پروتئین بالا در SAPC و تقابل آن با زانتان سبب ایجاد ویسکوزیته بیش از حد در خمیر شده و اجازه بزرگ شدن حباب‌های گازی را نداده و سبب فشرده شدن بافت می‌شود. همچنین عوض صوفیان و همکاران نیز در گزارشات خود به این نتیجه رسیدند که در مقادیر بالای درصد صمغ به دلیل ویسکوزیته زیاد خمیر، امکان توزیع یکنواخت و افزایش سلولهای گازی وجود ندارد و تخلخل کاهش می‌یابد. لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که افزودن صمغ زانتان به نان فاقد گلوتن میزان تخلخل را کاهش می‌دهد [۲۹].

Table 1 The effect of xanthan gum and SAPC on the volume, bulk density, porosity and true density of cake samples

true density (gr/cm^3)	%Porosity	Bulk density (gr/cm^3)	Volume (cm^3)	Xanthan	SAPC	Treatment
1.23 ± 0.03^{a}	66.24 ± 0.21^{a}	0.38 ± 0.00^{i}	69.132 ± 0.92^{a}	0	0	1
1.19 ± 0.01^{ab}	66.10 ± 0.12^{a}	0.39 ± 0.003^{h}	66.90 ± 0.91^{b}	0.2	0	2
1.123 ± 0.00^{bc}	65.10 ± 0.21^{b}	0.40 ± 0.00^{g}	65.93 ± 0.86^{b}	0.4	0	3
1.15 ± 0.00^{abc}	64.21 ± 0.30^{c}	0.41 ± 0.001^{fg}	64.73 ± 0.63^{c}	0	5	4
1.13 ± 0.03^{abc}	63.66 ± 0.41^{d}	0.41 ± 0.00^{ef}	63.89 ± 0.48^{cd}	0.2	5	5
1.126 ± 0.11^{bc}	63.06 ± 0.34^{e}	0.42 ± 0.002^{e}	62.74 ± 0.37^{de}	0.4	5	6
1.123 ± 1.05^{bc}	61.35 ± 0.36^{f}	0.43 ± 0.003^{d}	61.67 ± 0.33^{ef}	0	10	7
1.11 ± 0.00^{bc}	60.55 ± 0.14^{g}	0.44 ± 0.004^{cd}	60.85 ± 0.57^{f}	0.2	10	8
1.08 ± 0.03^{bc}	60.49 ± 0.48^{g}	0.44 ± 0.003^{c}	60.78 ± 0.90^{f}	0.4	10	9
1.123 ± 0.01^{bc}	59.71 ± 0.22^{h}	0.45 ± 0.003^{b}	58.74 ± 0.92^{g}	0	15	10
1.10 ± 0.02^{bc}	59.38 ± 0.35^{h}	0.47 ± 0.001^{a}	56.24 ± 0.36^{h}	0.2	15	11
1.09 ± 1.02^{bc}	57.54 ± 0.13^{i}	0.47 ± 0.006^{a}	56.09 ± 0.59^{h}	0.4	15	12

(The different letters in each column indicate a significant difference at 95% confidence level).

۳-۵- سفتی بافت مغز کیک

نتایج حاصل از اندازه‌گیری سفتی بافت مغز کیک در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش سطح SAPC موجب افزایش معنی‌دار ($P <$ ۰/۰۵) سفتی کیک‌ها نسبت به نمونه شاهد می‌شود و تنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد به دلیل اینکه SAPC ایجاد ویسکوزیته بالایی می‌کند [۱۳]، حباب‌های تشکیل شده دارای دیواره‌های سختی بوده و نیروی بیش‌تری برای تخریب احتیاج است. از طرفی شبکه پروتئینی محکم تشکیل شده نیز می‌تواند دلیل این امر باشد. افزودن زانتان موجب کاهش غیر معنی‌دار سفتی گردید. نتایج اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین سفتی مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد SAPC و ۰/٤ درصد زانتان است. کراکت و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که هیدروکلوئیدها در اثر حرارت تشکیل یک ژل برگشت پذیر می‌دهند که در دماهای بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد به صورت ژل بسیار مقاوم در می‌آیند [٤۰]. این پدیده باعث پایدار کردن ساختار ژلاتینی مغز محصول در طی دماهای پخت شده ولی سفتی بافت مغز را بعد از پخت کاهش می دهد [٤۱]. دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) و نقی‌پور و همکاران (۱۳۹۲) نیز در گزارشات خود کاهش سفتی را در اثر افزودن زانتان بیان کردند [۲۷و۷]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر افزودن کنجاله بادام شیرین به کیک بدون گلوتن بیان داشتند که میزان سفتی نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و کنجاله بادام به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت [۱۳].

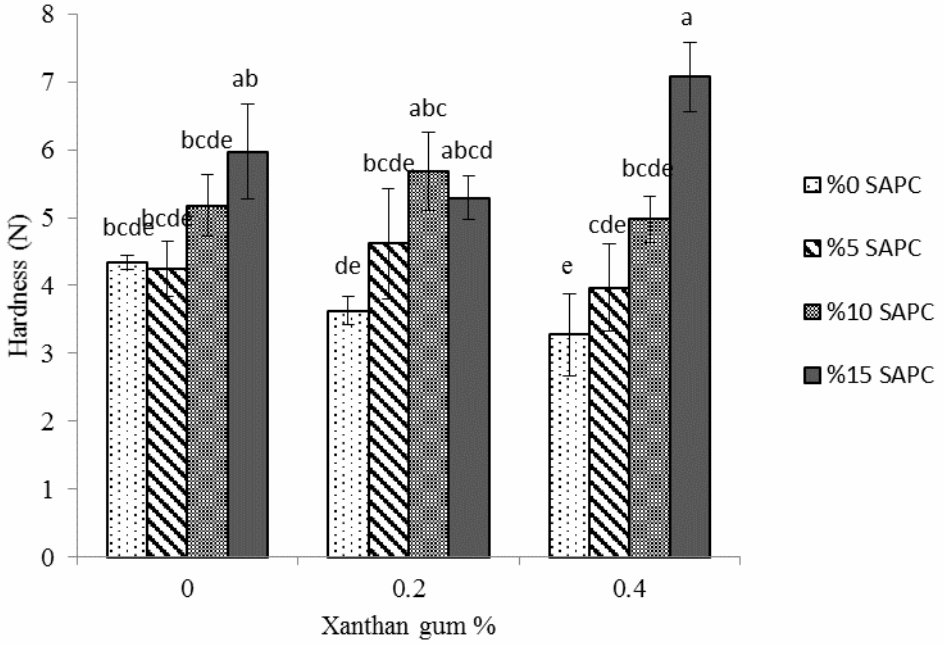

Fig 3 The effect of xanthan gum and SAPC on the hardness of the crumb cake samples (different letters indicate a significant difference at 95% confidence level)

۳-٦- رنگ پوسته و مغز

نتایج بررسی شاخص‌های L*، a* و b* پوسته و مغز در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح SAPC میزان شاخص L* پوسته و مغز نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($P <$ ۰/۰۵) نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرد و میزان این شاخص برای پوسته و مغز نمونه‌های حاوی صمغ زانتان افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. در پوسته اثر مستقل نشان می‌دهد که تنها سطح ۰/٤ درصد زانتان تفاوت معنی‌داری با شاهد دارد و در مورد SAPC سطح ۵ و ۱۰ درصد تفاوت معنی‌داری با یک دیگر ندارند. صمغ زانتان از طریق کاهش فعالیت آب به صورت غیر مستقیم سبب کاهش سرعت واکنش مایلارد شده و باعث روشن‌تر شدن کیک‌ها می‌شود [٤۲] اما SAPC همانطور که در جدول ٤ مشخص شده است، شاخص L* پایینی دارد و هم به این دلیل که پروتئین‌های آن به عنوان سوبسترا در واکنش

قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی مایلارد شرکت کرده و رنگ‌دانه‌های قهوه‌ای تولید می‌کنند، سبب تیره شدن رنگ کیک‌ها می‌شوند به طوری که نمونه حاوی ۱۵ درصد SAPC و بدون صمغ کمترین میزان شاخص L* را دارا بود. بالا بودن میزان روشنایی آرد برنج نیز می‌تواند دلیلی بر افزایش شاخص L* نمونه‌های فاقد SAPC دانست. اثر افزایش زانتان بر روی شاخص a* پوسته و مغز کاهشی و در پوسته فقط در سطح ۰/٤ درصد نسبت به شاهد معنی‌دار بود و در رنگ مغز اعداد به دست آمده تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند. افزودن SAPC سبب افزایش معنی‌دار شاخص قرمزی در مغز و پوسته کیک‌ها شد. اما به طور کلی اثر متقابل زانتان و SAPC افزایش ته رنگ قرمزی را هم در پوسته و هم در مغز نشان داد. نتایج بررسی شاخص b* نیز نشان داد که اثر زانتان سبب کاهش شاخص b* پوسته و مغز شد اما این کاهش تنها در پوسته تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. افزودن SAPC سبب کاهش معنی‌دار زردی پوسته شد. اما در مغز تنها سطح ۵ درصد سبب کاهش شاخص b* شد. حجت الاسلامی و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که با افزودن زانتان و تراگاکانت به کیک بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مقدار مولفه L* افزایش و b* کاهش می‌یابد [٤٣]. سیارانی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی مخلوط آردهای مختلف بر روی کیفیت نان بدون گلوتن مشاهده کردند که آرد سویا موجب کاهش روشنایی کیک شده است و دلیل آن را تولید رنگ تیره توسط واکنش مایلارد و کاراملیزه شدن دانستند [٤٤]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز کاهش شاخص L* را در اثر افزودن کنجاله بادام شیرین و کاهش ته رنگ قرمزی را با افزودن زانتان گزارش کردند [۱۳].

Table 2 The effect of xanthan gum and SAPC on the color index of crust cake samples

b*	a*	L*	Xanthan	SAPC	Treatment
38.52±0.39^{a}	13.33±0.08^{e}	59.57±0.4^{ab}	0	0	1
36.74±0.48^{b}	12.96±0.03^{f}	59.65±0.1^{ab}	0.2	0	2
35.96±0.61^{b}	10.13±0.07^{g}	61.07± 0.1^{a}	0.4	0	3
32.14±0.75^{c}	13.51±0.11^{e}	55.70±0.31^{cd}	0	5	4
30.83±0.43^{d}	13.47±0.07^{e}	56.14±0.21^{bc}	0.2	5	5
30.21±0.82^{d}	13.42± 0.07^{e}	56.09±0.24^{bc}	0.4	5	6
27.12±0.23^{e}	14.03±0.14^{c}	55.53±0.19^{cd}	0	10	7
26.26±0.33^{ef}	13.71±0.08^{d}	55.59±0.28^{cd}	0.2	10	8
25.71±0.44^{f}	13.52± 0.14^{e}	55.59±0.66^{cd}	0.4	10	9
26.77±0.14^{ef}	15.36±0.01^{a}	51.40±0.55^{e}	0	15	10
26.60± 0.39^{ef}	15.00± 0.07^{b}	51.64±0.76^{e}	0.2	15	11
23.69±0.74^{g}	13.84± 0.01^{d}	51.75±0.1^{de}	0.4	15	12

(The different letters in each column indicate a significant difference at 95% confidence level).

Table 3 The effect of xanthan gum and SAPC on the color index of the crumb cake samples

b*	a*	L*	Xanthan	SAPC	Treatment
13.52±0.33^{ab}	-0.60±0.14^{d}	83.73±0.18^{b}	0	0	1
13.88±0.04^{ab}	-0.67±0.17^{d}	83.75±0.02^{b}	0.2	0	2
13.97±0.13^{ab}	-0.70±0.08^{d}	84.37± 0.01^{a}	0.4	0	3
13.17±1.32^{ab}	5.85±0.92^{c}	72.28±0.00^{d}	0	5	4
12.89±1.08^{ab}	7647±0.82^{c}	73.31±0.01^{c}	0.2	5	5
12.26±0.01^{b}	5.50± 0.58^{c}	73.33±0.6^{c}	0.4	5	6
14.10±1.36^{a}	8.64±0.06^{ab}	65.62±0.07^{g}	0	10	7
13.75±0.51^{ab}	8.11±0.12^{b}	67.05±0.01^{f}	0.2	10	8
13.59±0.66^{ab}	7.96± 0.45^{b}	67.96±0.00^{e}	0.4	10	9
14.42±0.57^{a}	9.61±0.44^{a}	62.07±0.11^{i}	0	15	10
14.27± 0.27^{a}	9.53± 0.10^{a}	62.34±0.00^{i}	0.2	15	11
14.16±0.78^{a}	9.53± 0.03^{a}	64.32±0.00^{h}	0.4	15	12

(The different letters in each column indicate a significant difference at 95% confidence level).

Table 4 Rice flour and SAPC color index value

Sample	L*	a*	b*
Rice flour	66.09±0.25	-0.35±0.1	5.51±0.13
SAPC	45.41±0.18	7.51±0.07	25.21±0.23

۳-۷- ارزیابی حسی

نتایج اثر SAPC و صمغ زانتان بر ارزیابی حسی در جدول ۵ نشان داده شده است. SAPC به دلیل دارا بودن رنگدانه‌های تیره موجب کاهش معنی‌دار (P <۰/۰۵) امتیاز شاخص رنگ پوسته و مغز نسبت به نمونه شاهد شد در حالی که اثر زانتان بر پذیرش این دو شاخص بی‌معنی است. بررسی عطر و طعم نمونه‌های کیک نشان داد که اثر زانتان نسبت به نمونه شاهد بی‌معنی است ولی نسبت ۰/۲ به ۰/٤ زانتان معنی‌دار است و سطح ۰/۲ امتیاز بیش‌تری کسب نموده است. سطح ۵ درصد SAPC در این شاخص امتیاز بیش‌تری نسبت به شاهد دریافت کرده است و می‌توان به این نتیجه رسید که سطح ۵ درصد برای شاخص‌های عطر و طعمی سطح مناسبی است. مطالعه حسّی شاخص‌هایی نظیر سفتی و بافت (قابلیت جویدن) نشان داد که افزودن ۰/۲ درصد زانتان امتیاز بیش‌تری نسبت به شاهد کسب کرد به صورتی که در شاخص سفتی بی‌معنی و در شاخص بافت معنی‌دار است. با افزایش SAPC امتیاز مربوط به سفتی کاهش پیدا کرد که این به دلیل افزایش ویسکوزیته و در نتیجه افزایش حباب‌های ریز و یکنواخت و سفت‌تر شدن کیک‌ها می‌شود. در نهایت ارزیابی پذیرش کلی نشان داد که نمونه حاوی ۵ درصد SAPC و ۰/۲ درصد زانتان از بیش‌ترین امتیاز حسی برخوردار شدند و مورد مقبولیت قرار گرفتند. نقش صمغ زانتان در افزایش کیفیت حسی محصولات بدون گلوتن توسط پری‌شارت و همکاران (۲۰۱۱) و محمود و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شده است [٤٦و٤٥]. عوض صوفیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز بیان کردند که افزودن سطوح ۵ و ۱۰ درصد کنجاله بادام به همراه ۱ درصد زانتان مطلوبیت بیش‌تری داشته است [۱۳].

Table 5 Effect of xanthan gum and SAPC on the sensory properties of cake samples

Total acceptance	Hardness	Texture	Flavor	Crust color	Xanthan	SAPC	Treatment
4.38± 0.50^{abc}	4.15±0.80^{abc}	3.99±0.83^{ab}	4.00±0.77^{bc}	4.91±0.28^{a}	0	0	1
4.30±0.63^{bc}	4.46±0.66^{a}	4.18±0.60^{a}	3.90± 0.83^{bc}	4.91± 0.28^{a}	0.2	0	2
4.30± 0.63^{bc}	3.93±0.86^{abc}	4.09± 0.70^{a}	3.72±0.64^{bc}	5.00±0.00^{a}	0.4	0	3
4.61±0.50^{ab}	4.07±0.75^{abc}	4.18± 0.60^{ab}	4.00± 0.63^{bc}	4.66±0.49^{a}	0	5	4
4.84±0.55^{a}	4.38±0.50^{ab}	4.72±0.46^{a}	4.63±0.50^{a}	4.66± 0.49^{a}	0.2	5	5
4.69± 0.63^{ab}	4.00±0.57^{abc}	3.81± 0.40^{ab}	4.00± 0.63^{bc}	4.66± 0.49^{a}	0.4	5	6
3.76± 0.72^{d}	3.69±0.48^{c}	3.63±0.50^{ab}	3.72± 0.64^{bc}	4.58±0.51^{a}	0	10	7
3.92±0.75^{cd}	4.15±0.55^{abc}	4.00±0.63^{ab}	4.27±0.46^{ab}	4.16±0.57^{b}	0.2	10	8
3.46±0.66^{d}	3.76± 0.59^{c}	3.72± 0.46^{ab}	3.09±0.30^{d}	3.83± 0.57^{bc}	0.4	10	9
3.69±0.63^{d}	3.84± 0.80^{bc}	3.81± 0.40^{ab}	3.81± 0.60^{bc}	3.66± 0.49^{c}	0	15	10
3.76± 0.43^{d}	3.76± 0.43^{c}	3.81± 0.40^{ab}	3.54±0.52^{cd}	3.66±0.65^{c}	0.2	15	11
3.69±0.48^{d}	3.76±0.72^{c}	3.45±0.68^{b}	4.00± 0.63^{bc}	3.66± 0.65^{c}	0.4	15	12

(The different letters in each column indicate a significant difference at 95% confidence level).

٤- نتیجه گیری

مطالعه بر روی تاثیر افزودن SAPC و صمغ زانتان نشان داد که اگرچه این دو سبب کاهش حجم و تخلخل می‌شوند، اما بر روی ویژگی‌های حسی، سفتی، رنگ و رطوبت تاثیر مطلوب دارند. بررسی رنگ نمونه‌ها نشان دهنده این بود که زانتان موجب افزایش روشنایی، کاهش زردی و قرمزی نمونه‌ها و SAPC موجب کاهش روشنایی، افزایش قرمزی و کاهش زردی شد. افزودن زانتان با سطوح ذکر شده سبب کاهش سفتی کیک‌ها شد و سطح ۰/۲ نسبت به ۰/٤ سفتی نمونه‌ها را بیش‌تر کاهش داد. سطح ۰/۲ درصد زانتان و ۵ درصد SAPC امتیاز بیش‌تری در پذیرش کلی ارزیابی حسی کسب کرد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که سطوح ۰/۲ درصد برای زانتان و

۵ درصد برای SAPC می‌تواند قابل قبول‌ترین سطوح به منظور تولید کیک فاقد گلوتن باشند.

۵- منابع

[1] Kagnoff., M. 2005. Overview and pathogenesis of celiac disease.*Gastroenterology*, 128(4 Suppl 1): 8-10.

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

[3] Sivaramakrishnan, H. P., Senge, B., and Chattopadhyay, P. K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(9): 37-45.

[4] Yaseen, E. I., Herald, T. J., Aramouni, F. M., & Alavi, S. 2005. Rheological properties of selected gum solutions. *Food Research International*, 38(2): 111–119.

[5] Whitcomb P. J., and Macosko CW. 1978. Rheology of xanthan gum. *Journal of Rheology*, 22:493-505.

[6] Turabi, E., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cake containing different types of gums baked in different oven. *Food Hydrocolloids*, 24: 755-762.

[7] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.

[8] Movahed, S., Ranjbar, S., and Ahmadi chenarban, H. 2013. Evaluation of chemical properties, stale and sensory gluten free cakes containing xanthan gum and carboxymethyl cellulose. *Iran Biosystems Engineering*, 44(2): 173-178.

[9] Thompson, T. 2000. Folate, iron, and dietary fiber content for the gluten-free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(11): 1389-1396.

[10] Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W. S., Lachence, P. A., Ho, C. T., and Rosen, R. T. 2002. Antioxidative phenolic compounds isolate from almond skins (Prunus amygdalus Batsch). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50: 2459-2463.

[11] Sathe, S. K. 1993. Solubilization, electrophoretic characterization and in vitro digestibility of almond (Puruns amygdalus) proteins. *Journal of Food Biochemistry*, 16: 249-264.

[12] Storck, C. R., da Rosa Zavareze, E., Gularte, M. A., Elias, M. C., Rosell, C. M., and Dias, A. R. G. (2013). Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, 53(1), 346-354.

[13] Avazsufiyan, A., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M., and Ziaiifar, A. M. 2014. Application of sweet almond meal and xanthan gum in the production of gluten-free cake. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2): 185-196.

[14] Abdolshahi, A., Mortazavi, S. A., Shabani, A.A., Elhamirad, A.H., Taheri, M., and Heydari Majd, M. 2014. The effect of solvent extraction techniques on the composition of fatty acids pistachio oil. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(2): 165-170.

[15] Wang, H., Johnson, L. A., and Wang, T. 2004. Preparation of soy protein concentrate and isolate from extruded-expelled soybean meals. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 81: 713-717.

[16] Bennion, E. B., and Bamford, G. S. 1997. The Technology of cake making. *Blackie Academic and Professional*. London. UK.

[17] AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the AACC, (10thed.).

[18] 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.

[19] Kocer D, Hicsasmaz Z, Bayindirli A and Katnas SA, 2006. Bubble and pore formation of the highratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer, Journal of Food Engineering 78: 953-964.

[20] Turabi, E., Sumnu, G., and sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cake formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22: 305-312.

[21] Marco, C., and Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, 227, 1205-1213.

[22] Yam, K. L., and Papadakis, S. E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of food Engineering*, 61: 137-142.

[23] Jia, C., Huang, W., Ji, L., Zhang, Li, N., Li, Y. 2014. Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. *Food Hydrocolloids*, 41:227-232.

[24] Ronda, F., GÃmez, 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.

[25] Bitaghsir, M., Kadivar, M., Shahedi, M. 2014. Investigation of the Possibility of Producing Low-calorie Cake Containing Flaxseed Mucilage as Fat Replacer. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(3): 73-82.

[26] Ashwini, A., Jyotsna, R., Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. *Food Hydrocolloids*, 23: 700-707.

[27] Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., and Sahraiyan, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghom flour, guar and xanthan gums. *Journal of Food Science and Technology* (in persian). 41(10): 127-139.

[28] Guarda , A., Rossel ,C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. 2004. Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.

[29] 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.

[30] Lee, S., Inglett, G. E., and Carriere, C. J. 2004. Effect of nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes. *Cereal Chemistry*, 81(5), 637-642.

[31] Boyacı, İ. H., Sumnu, G., and Sakiyan, O. 2009. Estimation of dielectric properties of cakes based on porosity, moisture content, and formulations using statistical methods and artificial neural networks. *Food and Bioprocess Technology*, 2(4), 353-360.

[32] Matsakidou, A., Blekas, G. and Paraskevopoulou, A. 2010. Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *Food Science and Technology*, 43, 949-957.

[33] Sobhani, S., M., Aalami, M., Sadeghi Mahoonak, A., and Kashaninejad, M. 2015. Application of pumpkin seed meal and xanthan gum in formulation of gluten-free cake. A thesis of M.Sc. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

[34] Zarenegad, F., Peighambardoust, S. H., Azadmard damirchi, S. 2014. The effect of raw wheat germ and stabilized on qualitative properties Forms cakes. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 10(3): 241-248.

[35] Sowmya M., Jeyarani T., Jyotsna R., Indrani D. 2009. Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocolloids*, 23, 1827-
1836.

[35] Salama, A., Eldesoaky, S., Abul-Fadl, M. M., Bedeir, S. H., and Elmashad, A. 2013. The Influence of Xanthan Gum or Glycerol Mono Stearate Incorporation on the Quality Characteristics of Sponge Cake. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(8): 5390-540.

[36] Haque, A., & Morris, E. R. (1994). Combined use of ispaghula and HPMC to replace or augment gluten in breadmaking. *Food Research International*, 27: 379–393.

[37] Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., & Arendt, E. K. (2005). Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82, 394–404.

[38] Nourmohammadi, E., Peighambardoust, S. H., Olad Ghaffari, A., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J. 2011. Effect of sucrose replacement with polyols and aspartame on the characteristics of sponge cake. *Food Technology Research Journal*, 21(2): 155.165.

[39] Crockett, R. 2009. The Physicochemical Properties of Gluten-Free Dough with the Addition of Hydrocolloids and Proteins, The Ohio State University, Ph.D thesis.

[40] Maleki, G. & Milani, J. 2014. Effect of different hydrocolloids on barbari bread texture and microstructure.
Acta Alimentaria, 43(4): 584–591.

[41] Jahandideh, H., Taghizadeh, M., Haddad Khodaparast, M. H., and Koocheki, A. 2015. Effect of xanthan gum on physical and textural properties of Baguette bread containing Tahinimeal. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(4): 337-350.

[42] Hojjatoleslami, M., and Azizi, M. H. 2015. Impact of Tragacanth and Xanthan Gums on the Physical and Textural Characteristics of Gluten-free Cake. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(2): 29-37.

[43] Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. 2010. Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality.*Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.

[44] Preichardt, L. D., Vendruscolo, C. T., Gularte, M. A., Moreira, A. D. S. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2591-2597.

[45] Mahmoud, R., Yousif, E., Gadallah, M., and Alawneh, A. 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat breadd. *Annals of Agricultural Sciences*, 58: 19-25.

The effect of sweet almond protein concentrate (SAPC) and xanthan gum on the properties of gluten free cakes

Abbaszadeh, F. [1], Alami, M. [2*], Sadeghi Mahoonak, A. R. [2], Kashaninejad, M. [3]

1. MSc Student, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

(Received: 2016/06/14 Accepted:2016/07/26)

Celiac is a genetically based autoimmune disease triggered by consumption of gluten proteins. The only effective treatment for celiac disease is a strict adherence to gluten-free diet throughout the patient's lifetime. The aim of this research, were impact adding xanthan gum and sweet almond protein concentrate (SAPC) on the physical properties cakes made from rice flour. Xanthan gum was used at three different levels 0, 0.2, 0.4% and SAPC at four levels 0, 5, 10, 15% (rice flour basis). SAPC was prepared by using an alcoholic extraction method. The results of this research shown that the moisture content cake samples and viscosity of dough increased by adding xanthan gum and SAPC. SAPC increases hardness samples whereas xanthan gum causes hardness reduced. Volume and porosity were reduced with adding xanthan and SAPC. The study of total acceptance in sensory evaluation indicates were that levels of % 0.2 for xanthan gum and %5 for SAPC maximum score gained.

Keywords: Sweet almond, Gum, Celiac, Rice flour.

* Corresponding Author E-Mail Address: mehranalami@gmail.com