DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jift.2017.354

فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحه ۱۱۸-۱۰۷، بهار ۱۳۹۶

تأثیر کنسانتره پروتئین بادام شیرین و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی خمیر و کیک برنجی

فاطمه عباس‌زاده[1]، مهران اعلمی[2*] ، علیرضا صادقی ماهونک[2]، مهدی کاشانی نژاد[3]

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
2. دانشیار، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3. استاد، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: **95/4/10**، تاریخ پذیرش: **95/6/28**)

چکیده

کیک به‌دلیل تنوع طعم و راحتی مصرف از مهم‌ترین محصولات صنایع پخت پس از نان است. با توجه به شیوع بیماری سلیاک، که در اثر عدم هضم پروتئین‌های گلوتن در افراد مستعد ایجاد می‌شود، تولید کیک‌های فاقد گلوتن در اکثر مناطق جهان رو به گسترش است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از کنسانتره پروتئین بادام شیرین (SAPC) در چهار سطح 0، 5، 10 و 15 و صمغ زانتان در سه سطح 0، 0/2 و 0/4 (درصدها بر پایه آرد برنج) بر روی ویژگی‌های فیزیکی خمیر و شیمیایی و بافتی کیک بدون گلوتن می‌باشد. نتایج نشان داد که افزایش سطح SAPC سبب افزایش میزان پروتئین رطوبت و خاکستر کیک شد. وزن مخصوص و قوام خمیر نیز با افزودن صمغ زانتان و SAPC افزایش پیدا کردند. بر اساس نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین سفتی مربوط به نمونه حاوی 0/4 درصد زانتان و 15 درصد SAPC بود و نمونه حاوی 0/4 درصد زانتان بدون SAPC کم‌ترین سفتی را نشان داد. افزودن زانتان موجب بهبود شاخص‌های قابلیت ارتجاعی، پیوستگی و صمغیت شد در حالی که SAPC صمغیت را افزایش و قابلیت ارتجاعی و پیوستگی را کاهش داد. در نهایت سطح 0/2 درصد برای زانتان و 5 درصد برای SAPC به‌دلیل ایجاد خصوصیات کیفی مناسب مورد قبول واقع شدند.

واژه‌های کلیدی: کیک فاقد گلوتن، آرد برنج، کنسانتره پروتئین بادام شیرین، صمغ زانتان، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی.

* نویسنده مسئول: mehranalami@gmail.com

1- مقدمه

کیک پس از نان، یکی از پر مصرف‌ترین و مهم‌ترین محصولات صنایع پخت است. این محصول به‌دلیل تنوع طعم و ظاهر، راحتی مصرف و مدت زمان نگه‌داری طولانی (در حدود 4 هفته) در بین تمامی اقشار جامعه از جمله بیماران مبتلا به بیماری‌های خاص جایگاه مهمی دارد. در حال حاضر مصرف سرانه کیک در دنیا در حدود 1/5 درصد می‌باشد [1]. به‌طور معمول در کیک از آرد گندم که حاوی گلوتن است استفاده می‌شود. گلوتن نام عمومی یکی از پروتئین‌های موجود در گندم، چاودار (گندم سیاه) و جو می‌باشد. با توجه به شیوع بیماری سلیاک، تولید کیک‌های فاقد گلوتن در اکثر مناطق جهان رو به گسترش است. سلیاک نوعی بیماری خود ایمنی گوارشی است که در اثر هضم گلوتن در افرادی که از لحاظ ژنتیکی مستعد آن هستند به‌وجود می‌آید [2].

آرد برنج یکی از مناسب‌ترین آردهای دانه غلات به‌منظور آماده‌سازی مواد غذایی برای بیماران مبتلا به سلیاک است. با این حال کیفیت محصولات بر پایه برنج پایین‌تر از محصولات بر پایه گندم، به‌دلیل عدم وجود گلوتن در آن‌ها بوده و بنابراین استفاده از مواد پلیمری جهت شبیه‌سازی خواص ویسکوالاستیک گلوتن امری ضروری است [3].

در فرمولاسیون فراورده‌های فاقد گلوتن، صمغ‌ها به‌عنوان اجزای پلیمری عمل کرده و در آب متورم شده و ساختاری معادل شبکه گلوتن در خمیر گندم ایجاد کرده و موجب ایجاد ویژگی‌های ویسکوالاستیک مشابه گلوتن در خمیر نان گندم می‌شوند [4]. زانتان از دسته هیدروکلوئیدهایی است که بیش‌ترین استفاده را در فراورده‌های فاقد گلوتن دارد. صمغ زانتان به‌دلیل گروه‌های آب‌دوست فراوانی که دارد با ترکیباتی مانند آب و نشاسته و زنجیره صمغ‌های زانتان دیگر در محیط خمیر تشکیل یک ژل قوی را می‌دهد [5]. در همین راستا سیارانی و همکاران به بررسی اثر هیدروکلوئیدهایی مانند زانتان، کاراگینان، آلژینات، کربوکسی متیل سلولز و ژلاتین بر ویژگی‌های خمیر و کیفیت نان بدون گلوتن پرداختند. نتایج نشان داد که افزودن تمامی هیدروکلوئیدها منجر به افزایش قوام خمیر نان بدون گلوتن شده است. بیش‌ترین میزان قوام در حدود 678 گرم (انرژی) در نمونه حاوی صمغ زانتان گزارش شد. مطالعه بافت نشان داد که نان‌های حاوی زانتان و کربوکسی متیل سلولز، اسفنجی‌تر و از بافت نرم‌تری برخوردارند [6]. محمدی و همکاران به بررسی اثر صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز برروی پارامترهای کیفی نان مسطح فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش در غلظت زانتان تاثیر بیش‌تری در کاهش سختی و افزایش الاستیسته می‌گذارد. سازگاری زانتان و کربوکسی متیل سلولز با بسیاری از ترکیبات غذایی مانند نشاسته باعث بهبود رئولوژی خمیر، خصوصیات پخت و ظاهر نان تولیدی می‌شود [7]. مگهایدا و همکاران از مخلوط هیدروکلوئیدهای مختلف برای تولید نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و ذرت استفاده کردند. ترکیب استفاده شده شامل زانتان-کاراگینان، زانتان-پکتین و کاراگینان-پکتین بود. نتایج نشان داد که رطوبت نان گندم (شاهد) به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از تمام انواع نان بدون گلوتن بود و تفاوت قابل توجهی در خاکستر، پروتئین و محتویات چربی در بین نمونه‌های نان بدون گلوتن مشاهده نشد[8].

ایجاد غنی‌سازی در فرمولاسیون کیک باعث تغییرات بافتی قابل توجهی در محصول می‌شود. از این نظر غنی‌سازی این فراورده‌ها 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 بوده و در اسنک‌ها و انواع غذاهای فراوری شده به‌ویژه صنایع قنادی مورد استفاده قرار می‌گیرد [9]. بادام منبع خوبی از پروتئین‌های با کیفیت بالا می‌باشد و مقدار پروتئین آن 22-16 درصد گزارش شده است [10]. پروتئین‌های بادام قابلیت هضم بالایی دارند و آلبومین و گلوبولین 99-88 درصد از پروتئین‌های اصلی آن را تشکیل می‌دهند [9]. سانچز و همکاران، با استفاده از روش سطح پاسخ[1] به بهینه سازی نان بدون گلوتن غنی شده با آرد سویا و شیر خشک پرداختند. نتایج بررسی قوام خمیر نان در این مطالعه نشان داد که با افزایش سطوح آرد سویا، به‌خصوص در سطوح پایین شیر خشک، میزان قوام خمیر افزایش و میزان نرمی آن کاهش و در سطوح بالای آرد سویا، میزان قوام خمیر با افزایش میزان شیر خشک کاهش یافته است [11]. ماتوز و

1. Response Surface Methodology

همکاران اثر منابع پروتئینی مانند ایزوله پروتئین سویا، ایزوله پروتئینی نخود، پروتئین سفیده تخم مرغ و کازئین را بر کیفیت خمیر و مافین بدون گلوتن بر پایه آرد برنج مورد بررسی قرار دادند. ایزوله پروتئینی سویا اثر معنی‌داری بر شاخص‌های بافتی مغز محصول نداشت. این در حالی است که ایزوله پروتئینی نخود موجب نرم‌تر شدن و افزایش معنی‌دار حالت ارتجاعی مافین بدون گلوتن شده است [12]. ناماکنا و همکاران تأثیر ایزوله‌های پروتئینی و هیدروکلوئیدها را بر روی ویژگی‌های رئولوژی و فیزیکوشیمیایی خمیر و کیفیت کراکر بدون گلوتن مورد بررسی قرار دادند. منابع پروتئینی مورد استفاده شامل ایزوله پروتئین سویا، ایزوله پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین نخود و هیدروکلوئیدها شامل کربوکسی متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و زانتان بودند. افزودن این پروتئین‌ها و هیدروکلوئیدها تأثیر مثبتی بر روی میزان رطوبت و سفتی نمونه‌ها گذاشت به‌طوری که نمونه دارای 0/5 درصد زانتان و همچنین نمونه حاوی 5 و 10 درصد ایزوله پروتئین سویا بیش‌ترین میزان رطوبت را داشتند. از طرفی ایزوله پروتئین نخود بیش‌ترین میزان قابلیت ارتجاعی و پیوستگی را داشت [13]. بنابراین هدف از این پژوهش تولید کنسانتره پروتئین بادام شیرین (SAPC[1]) و بررسی اثر افزودن آن به کیک بدون گلوتن در نسبت‌های 0، 5، 10 و 15٪ و هم‌چنین استفاده از صمغ زانتان در سه سطح 0، 0/2 و 0/4% جهت ایجاد بافتی مناسب در محصول و در نهایت ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیای خمیر و کیک هم‌چون پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر، وزن مخصوص و قوام و نیز ویژگی‌های بافتی کیک می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

مواد اولیه مورد نیاز جهت تولید کیک شامل آرد برنج (10/03درصد رطوبت، 6/8 درصد پروتئین، چربی 0/35 درصد و0/15 درصد خاکستر)، پودر قند، روغن گیاهی، تخم مرغ، آب، پودر آب پنیر (4 درصد رطوبت، 8-4 درصد پروتئین، 1 درصد چربی و 5 درصد خاکستر) شیر خشک بدون چربی (5 درصد رطوبت، 35-31 درصد پروتئین، 1/5 درصد چربی و 8/2 خاکستر)، وانیل، بکینگ پودر، امولسیفایر (مخلوط مونو و دی گلیسرید)، صمغ زانتان و کنسانتره پروتئین بادام شیرین (SAPC) (4/06 درصد رطوبت، پروتئین 61/89 درصد، 0/76 درصد چربی، 5/34 درصد خاکستر) بودند. برنج نیم‌دانه رقم فجر از یکی از فروشگاه‌های معتبر شهرستان گرگان خریداری و سپس جهت تهیه آرد خیسانده و خشک و در نهایت توسط آسیاب به آرد تبدیل شد. کنجاله بادام شیرین (36/47 درصد پروتئین، 20/95 درصد چربی، 7/84 درصد رطوبت و 7/25 درصد 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. دستگاههای مورد استفاده شامل آون (شرکت Memert، مدل WNB22، آلمان)، سانتریفوژ (شرکت Hanil، مدل یخچال‌دار Cambi-514R، کره جنوبی)، فر برقی (LETO-010 چین)، بافت سنج (شرکت استیبل میکروسیستم، مدل TA.XT plus، انگلستان) بودند.

2-1- تهیه آرد کنجاله بدون چربی

به‌منظور حذف روغن باقی‌مانده در کنجاله، کنجاله به نسبت 1 به 4 با هگزان مخلوط [14]، به مدت 24 ساعت نگه‌داری و سپس توسط صافی حلال از کنجاله جداسازی شد. محصول نهایی به مدت 24 ساعت زیر هود جهت تبخیر شدن باقیمانده حلال نگه‌داری و در نهایت پس از خشک کردن در آون، آسیاب شد و ذرات از الک 80 عبور داده شدند.

2-2- تهیه کنسانتره پروتئینی بادام شیرین (SAPC)

جهت تهیه کنسانتره پروتئینی از روش وانگ و همکاران با کمی تغییرات استفاده شد. آرد بدون چربی کنجاله (5/32 درصد رطوبت، 47/14 درصد پروتئین، 0/8 درصد چربی، 7/4 درصد خاکستر) به نسبت 1 به 10 با اتانول 70 درصد مخلوط شد. سپس در دمای 25 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه هم زده و مخلوط در 10000 xg به مدت 15 دقیقه

1. Sweet almond protein concentrate

سانتریفیوژ شد. رسوب حاصل در زیر هود قرار گرفت تا الکل اضافی تبخیر شود. سپس در دمای 30-25 درجه سانتی‌گراد توسط آون خشک و به دنبال آن آسیاب شد. آرد کنسانتره حاصل در نهایت از الک 80 عبور داده شد و پس از بسته بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی در یخچال نگه‌داری شد [15].

2-3- تهیه خمیر و تولید کیک

جهت تولید خمیر کیک از روش شکر-خمیر (بنویین و همکاران) با کمی تغییر در مقدار مواد اولیه استفاده گردید. مواد اولیه شامل 100 گرم آرد برنج، 72 گرم پودر قند، 57 گرم روغن، 4 گرم پودر آب پنیر، 2 گرم پودر شیر خشک، 0/25 گرم امولسیفایر، 0/5 گرم وانیل، 72 گرم تخم مرغ، 2 گرم بکینگ پودر و 30 گرم آب و زانتان در 3 سطح (صفر، 0/2 و 0/4) و SAPC در 4 سطح صفر، 5، 10 و 15 بودند و مقدار مواد بر اساس 100 گرم آرد برنج در نظر گرفته شد [16]. 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 2 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. 30 گرم از خمیر آماده شده را در قالب‌های فنجانی کوچک که همراه با کاغذ مخصوص کیک هستند ریخته و به مدت 25 دقیقه در دمای 170 درجه سانتی‌گراد در فر برقی پخته شدند. پس از پخت و سرد شدن، کیک‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در دمای محیط برای انجام آزمون‌ها نگه‌داری شدند.

2-4- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی مشترک آرد برنج، کنجاله، آرد کنجاله بدون چربی، SAPC و کیک

رطوبت، خاکستر، پروتئین و چربی به ترتیب مطابق با استانداردهای AACC 46-12،AACC 08-01،AACC 44-16 و AACC 30-10 اندازه‌گیری شد [17]. فاکتور پروتئینی جهت اندازه‌گیری درصد پروتئین برای آرد برنج 5/95، کنجاله و SAPC 5/3 و برای کیک 6/25 قرار داده شد [18].

2-5- وزن مخصوص خمیر

اندازه‌گیری وزن مخصوص خمیر طبق روش سومیا و همکاران انجام گرفت؛ به‌طوری که وزن حجم معینی از خمیر در ظرف مخصوص توزین و به وزن همان حجم از آب هم دما، تقسیم گردید [19].

2-6- قوام خمیر

نمونه‌های خمیر در یک ظرف استوانه‌ای از جنس پرسپکس[1] با عمق، ارتفاع، قطر داخلی و قطر خارجی به‌ترتیب 50، 69، 50 و 60 میلی‌متر ریخته شد. به‌منظور اندازه‌گیری قوام از آزمون اکستروژن پسرو[2] توسط دستگاه بافت‌سنج استفاده شد. برای انجام این آزمون از پروب A/B-d35 (قطر 35 میلی‌متر) استفاده شد. سرعت قبل، حین و پس از آزمون به‌ترتیب 1، 1 و 10 میلی‌متر بر ثانیه تنظیم شد. با نفوذ پروب به درون نمونه و برگشت آن به‌ترتیب بخش مثبت و منفی منحنی نیرو-زمان به‌دست آمد. مساحت بخش مثبت منحنی نیرو-زمان به‌عنوان شاخص قوام خمیر (بر حسب نیوتن در ثانیه) محاسبه شد (شکل 1) [20].

2-7- ارزیابی پروفایل بافت[3] مغز کیک

ارزیابی بافت کیک در فاصله زمانی 2 ساعت بعد از پخت صورت گرفت. بدین منظور ابتدا قطعات 2×2 سانتی‌متر از مغز نمونه‌ها بدون پوسته تهیه شد. سپس با استفاده از دستگاه بافت سنج و با به کارگیری پروب P/36R (قطر 36 میلی‌متر) به اندازه 1 سانتی‌متر (50 درصد) از بافت فشرده شد. سرعت نیروی قبل، حین و بعد از آزمون به‌ترتیب 2، 1 و 2 میلی‌متر بر ثانیه بود. شاخص‌های مورد مطالعه شامل: سفتی[4] (نیوتن)، پیوستگی[5]، قابلیت ارتجاعی[6] و صمغیت[7] (نیوتن) می‌باشد که با استفاده از منحنی نیرو-زمان (شکل 2) محاسبه شدند [21].

1. Perspex
2. Back-Extrusion
3.Texture Profile Analysis (TPA)
4. Hardness
5. Cohesiveness
6. Springiness
7. Gumminess

8-2- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، کلیه نمونه‌ها در 3 تکرار تولید و آزمون‌ها حداقل در سه تکرار انجام گرفت. داده‌های به‌دست 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 95 درصد انجام شد.

3- نتایج و بحث

3-1- رطوبت

همانگونه که در جدول (1) مشاهده می‌شود، افزودن صمغ زانتان و SAPC به فرمولاسیون سبب افزایش معنی‌دار رطوبت نمونه‌های کیک نسبت به کیک شاهد شده است ($P<0/05$). دلیل افزایش محتوای رطوبت نمونه‌های حاوی زانتان، قدرت بالای این صمغ در جذب رطوبت و نگه‌دای آن در حین فرایند پخت می‌باشد [22]. پروتئین‌های SAPC نیز احتمالا به‌دلیل خاصیت آب دوستی آن‌ها رطوبت نمونه‌ها را افزایش داده است [23]. بین تیمارها نمونه حاوی 15 درصد SAPC و 0/4 درصد زانتان بیش‌ترین مقدار و نمونه شاهد کم‌ترین مقدار رطوبت را دارا بودند. در همین راستا ایوبی و همکاران و هم‌چنین گواردا و همکاران به این نتیجه رسیدند که با افزودن زانتان در محصولات فاقد گلوتن، رطوبت نمونه افزایش می‌یابد [24، 25]. عوض صوفیان و همکاران نیز به نتایج مشابهی در خصوص صمغ زانتان و کنجاله بادام شیربن در کیک فاقد گلوتن رسیدند [23].

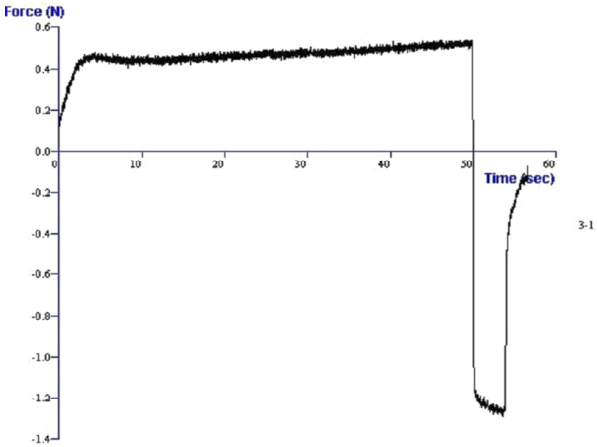
3-2- پروتئین

با توجه به نتایج درج شده در جدول (1) می‌توان دریافت که با افزایش سطح SAPC در فرمولاسیون کیک، میزان پروتئین به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) افزایش پیدا کرده است. از آن‌جایی که SAPC 61/89 درصد پروتئین دارد، پس انتظار می‌رود که با افزایش آن میزان پروتئین نمونه‌ها افزایش یابد. نتایج مطالعات آتونو و آکبوندو بر روی تأثیر کوکی غنی شده با آرد بدون چربی دانه کدو بر ویژگی‌های تغذیه‌ای و حسی آن نشان داد که با افزایش میزان این آرد از 10 تا 40 درصد، محتوای پروتئین کل در کوکی تا 40 درصد پروتئین در نمونه شاهد افزایش یافت [26]. افزودن زانتان نیز سبب افزایش معنی‌دار محتوی پروتئین نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد. این را می‌توان به‌علت وجود برخی از اسیدهای آمینه در ترکیب ساختاری زانتان بیان کرد [27].

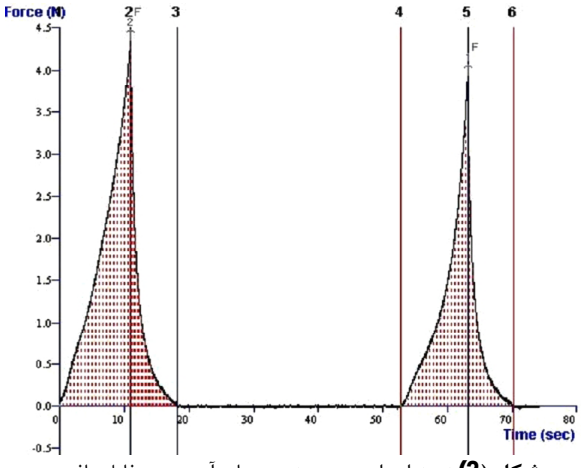
3-3- خاکستر

نتایج آنالیز مقدار خاکستر نمونه‌های کیک در جدول (1) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش سطح زانتان موجب افزایش معنی‌دار ($P<0/05$) میزان خاکستر نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شده است که علت آن داشتن املاح و فیبر بالا در ساختار صمغ‌ها است [28]. افزودن SAPC نیز سبب افزایش معنی‌دار محتوای خاکستر در نمونه‌ها

1. General Linear Model (GLM)



شکل(1) نمونه‌ای از منحنی به‌دست آمده از آزمون اکستروژن پسرو



شکل (2) نمونه‌ای از منحنی نیرو-زمان آزمون پروفایل بافت

جدول (1) اثر صمغ زانتان و SAPC بر روی رطوبت، پروتئین (بر مبنای وزن خشک) و خاکستر (بر مبنای وزن خشک) نمونه‌های کیک (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد).

تیمار	SAPC	زانتان	رطوبت	پروتئین	خاکستر
1	0	0	18/99±0/51 f	9/81±0/07 f	1/08±0/07 e
2	0	0/2	19/40±0/28 ef	9/95±0/03 e	1/28±0/10 e
3	0	0/4	20/43±0/76 bcde	9/77±0/07 f	1/52±0/03 de
4	5	0	19/41±0/35 ef	11/51±0/04 d	1/57±0/02 cde
5	5	0/2	19/69±0/51 def	11/75±0/07 c	2/18±0/21 bcd
6	5	0/4	20/96±0/28 abc	11/83±0/02 c	2/23±0/23 bc
7	10	0	20/38±0/25 bcde	11/44±0/02 d	2/25±0/56 bc
8	10	0/2	20/66±0/23 abcd	11/99±0/02 b	2/55±0/42 ab
9	10	0/4	21/35±0/57 ab	12/06±0/02 b	2/51±0/01 ab
10	15	0	20/13±0/47 cde	13/86±0/01 a	2/30±0/56 b
11	15	0/2	21/28±0/68 ab	13/86±0/01 a	2/80±0/28 ab
12	15	0/4	21/71±0/25 a	13/87±0/01 a	3/10±0/14 a

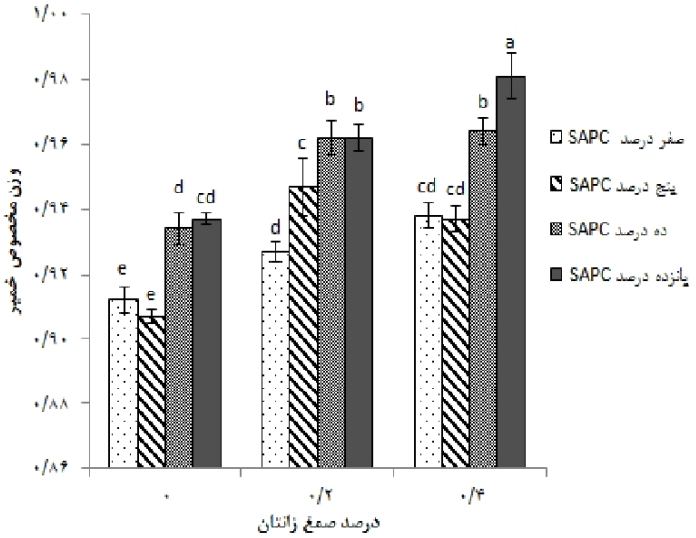
گردیده است. بر این اساس کم‌ترین مقدار خاکستر مربوط به نمونه شاهد و بیش‌ترین آن مربوط به نمونه حاوی 0/4 درصد زانتان و 15 درصد SAPC است. تحقیقات ترابی و همکاران نیز افزایش میزان خاکستر محصولات بدون گلوتن حاوی صمغ را در مقایسه با نمونه‌های شاهد نشان داد [29].

4-3- وزن مخصوص خمیر

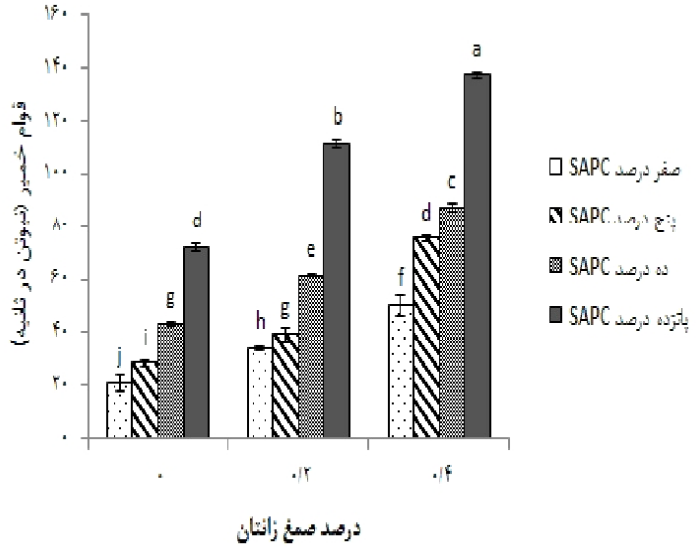
نتایج حاصل از بررسی تأثیر صمغ زانتان و SAPC بر وزن مخصوص خمیر در شکل (1) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش صمغ زانتان و SAPC سبب افزایش معنی‌دار وزن مخصوص خمیر نسبت به نمونه شاهد شده است ($P<0/05$). اثر مستقل صمغ زانتان نشان می‌دهد که بین دو سطح 0/2 و 0/4 تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. سطح 5 درصد SAPC نیز تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارد. وزن مخصوص خمیر کیک به‌عنوان فاکتوری برای ارزیابی قابلیت کلی خمیر برای حفظ هوا، اطلاعات محدودی در مورد اندازه و میزان پخش سلول‌های گازی می‌دهد [30]. نگه‌داری هوا در خمیر ارتباط نزدیکی با قوام خمیر دارد. به‌طوری که هر چقدر قوام خمیر بیش‌تر باشد مقدار هوای وارد شده در آن کم‌تر و وزن مخصوص خمیر افزایش می‌یابد [31]. سالاما و همکاران نیز در گزارشات خود بیان کردند که افزودن زانتان سبب افزایش وزن مخصوص خمیر کیک اسفنجی می‌شود [32].

5-3- قوام خمیر

نتایج به‌دست آمده از اثر افزودن صمغ زانتان و SAPC بر روی قوام خمیر نشان داد (شکل 4) که هر دو مورد سبب افزایش معنی‌دار قوام خمیر نسبت به نمونه شاهد شدند ($P<0/05$). توانایی بالای صمغ زانتان در جذب سریع و بالای آب می‌تواند دلیل عمده افزایش قوام خمیر باشد [33]. مطالعات ایوبی و همکاران نیز نشان داد که افزودن صمغ‌های گوار و زانتان سبب افزایش قوام خمیر کیک روغنی می‌شود [24]. مور و همکاران بیان کردند که در فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن، خمیر با محتوای پروتئین بالا قوام بالاتری دارد [34]. در همین خصوص سیارانی و همکاران نیز بیان کردند که خمیر حاوی مخلوط سویا، ذرت و برنج قوام بیش‌تری از خمیر حاوی مخلوط ذرت و برنج دارد و علت آن را محتوای پروتئین بالاتر در سویا دانسته‌اند [35]. بنابراین قوام بالاتر خمیر حاوی SAPC نیز به‌دلیل محتوای پروتئین بالاتر آن است.



شکل (3) اثر صمغ زانتان و SAPC بر روی وزن مخصوص خمیر (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد)



شکل (4) اثر صمغ زانتان و SAPC بر روی قوام خمیر (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد)

3-6- ارزیابی پروفایل بافت مغز کیک

3-6-1- قابلیت ارتجاعی

اندازه‌گیری بافت یکی از ویژگی‌های مهم در محصولات صنایع پخت است و قابلیت پذیرش مصرف کننده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. قابلیت ارتجاعی نشان دهنده میزان برگشت ماده غذایی به حالت اولیه بین زمان جویدن اولیه و ثانویه است [36]. نتایج مربوط به قابلیت ارتجاعی نشان دهنده این است که مقدار ارتجاعیت با افزایش SAPC کاهش یافته است (جدول 2). این کاهش فقط در سطح 15 درصد تفاوت معنی‌دار با شاهد دارد ($P<0/05$). در مقابل آن افزایش صمغ زانتان سبب افزایش قابلیت ارتجاعی شد، اما این افزایش تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. مطالعات کراکت و همکاران نیز نشان داد که ایزوله پروتئین سویا سبب کاهش قابلیت ارتجاعی نان فاقد گلوتن می‌شود [37]. پری شارت و همکاران نیز افزودن زانتان را سبب بهبود قابلیت ارتجاعی کیک بدون گلوتن دانستند و بیان کردند که سطح 0/3 و 0/4 تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند [38]. مینارو و همکاران در بین آرد بقولات مورد استفاده در تهیه نان بدون گلوتن، نمونه حاوی آرد سویا را

دارای بیش‌ترین و آرد نخود را دارای کم‌ترین میزان قابلیت ارتجاعی دانستند [39].

2-6-3- سفتی

همان‌طور که در جدول (2) آمده است، سفتی نمونه‌ها با افزایش زانتان کاهش پیدا می‌کند اما سطح 0/4 سفتی بیش‌تری از 0/2 داشت ولی در کل تفاوت آن‌ها در سطح اطمینان 95 درصد معنی‌دار نیست. هیدروکلوئیدها از طریق تضعیف ساختار نشاسته و توزیع و حفظ یکنواخت آب موجب کاهش سفتی بافت می‌گردند[40]. از طرفی کراکت و همکاران بیان نمودند که هیدروکلوئیدها در اثر حرارت تشکیل یک ژل برگشت‌پذیر می‌دهند که در دماهای بالاتر از 50 درجه سانتی‌گراد به‌صورت ژل بسیار مقاوم در می‌آیند [41]. این پدیده باعث پایدار کردن ساختار ژلاتینی مغز محصول در طی دماهای پخت شده ولی سفتی بافت مغز را بعد از پخت کاهش می‌دهد [42]. در مقابل آن افزایش SAPC موجب افزایش معنی‌دار (P<0/05) سفتی کیک‌ها نسبت به نمونه شاهد می‌شود و تنها در سطح 5 درصد معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد به‌دلیل این‌که SAPC ایجاد ویسکوزیته بالایی می‌کند [23]، حباب‌های تشکیل شده دارای دیواره‌های سختی بوده و نیروی بیش‌تری برای تخریب احتیاج است. دمیرکسن و همکاران و نقی‌پور و همکاران نیز در گزارشات خود کاهش سفتی را در اثر افزودن زانتان بیان کردند [22، 43]. عوض صوفیان و همکاران 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 [23].

3-6-3- پیوستگی

پیوستگی میزان فروپاشیده شدن ماده غذایی را تحت یک عمل مکانیکی نشان می‌دهد [36]. بر اساس نتایج درج شده در جدول (2)، افزودن صمغ زانتان سبب افزایش غیر معنی‌دار پیوستگی نمونه‌های کیک نسبت به کیک شاهد شده است. گامبوس و همکاران نیز در گزارشات خود تأثیر مثبت زانتان را بر روی پیوستگی بافت مغز نان فاقد گلوتن بیان کردند [4]. در همین راستا امیرآبادی و همکاران استفاده از صمغ زانتان را باعث بهبود پیوستگی دانستند [44]. از طرفی افزایش سطح SAPC سبب کاهش معنی‌دار پیوستگی شد(P<0/05) SAPC از طریق جذب آب بالا و خشک شدن سایر اجزا سبب کاهش جاذبه بین مولکولی شده است. اسمردل و همکاران نیز بیان کردند که استفاده از ایزوله پروتئین سویا سبب کاهش پیوستگی در نان بدون گلوتن می‌شود [45]. در مطالعه‌ای دیگر

جدول (2) اثر صمغ زانتان و SAPC بر روی خصوصیات بافتی مغز کیک (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد)

تیمار	SAPC	زانتان	قابلیت ارتجاعی	سفتی (نیوتن)	پیوستگی	صمغیت (نیوتن)
1	0	0	0/933±0/00 ab	4/33±0/1 bcde	0/72±0/04 abc	3/12±0/12 bc
2	0	0/2	0/932±0/019 ab	3/62±0/81 de	0/728±0/01 ab	2/64±0/63 bc
3	0	0/4	0/939±0/024 ab	3/27±0/34 e	0/76±0/004 a	2/48±0/27 c
4	5	0	0/938±0/002 ab	4/24±0/02 bcde	0/68±0/01 bcd	2/91±0/04 bc
5	5	0/2	0/942±0/004 a	4/61±0/64 bcde	0/669±0/009 bcd	3/08±0/38 bc
6	5	0/4	0/924±0/00 ab	3/96±0/7 cde	0/662±0/02 cde	2/63±0/58 bc
7	10	0	0/927±0/004 ab	5/17±1/61 bcde	0/67±0/02 bcd	3/46±0/95 abc
8	10	0/2	0/941±0/007 a	5/67±0/46 abc	0/65±0/007 de	3/73±0/26 ab
9	10	0/4	0/936±0/014 ab	4/97±0/32 bcde	0/67±0/04 bcd	3/35±0/43 abc
10	15	0	0/912±0/007 b	5/97±0/41 ab	0/59±0/002 f	3/54±0/23 abc
11	15	0/2	0/915±0/007 ab	5/28±0/58 abcd	0/60±0/01 ef	3/20±0/41 bc
12	15	0/4	0/916±0/012 ab	7/07±1/51 a	0/63±0/03 def	4/45±0/71 a

جایگزینی کامل آرد کم‌چربی بارو (بادام بریزیلی) با آرد گندم در کیک بدون گلوتن توسط دالیویرا پنلی و همکاران انجام شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این جایگزینی افزایش سفتی و کاهش پیوستگی را به دنبال داشت [46].

4-6-3- صمغیت

صمغیت نشان دهنده انرژی مورد نیاز برای خرد کردن در دهان و آماده کردن آن برای بلع است [36]. این شاخص از ضرب سفتی در پیوستگی محاسبه می‌گردد. نتایج به‌دست آمده در جدول (2) نشان می‌دهد که افزودن SAPC به‌طور معنی‌داری سبب افزایش صمغیت می‌شود ($P<0/05$). اما سطح 5 درصد SAPC تفاوت معنی‌دار با نمونه شاهد ندارد. SAPC به‌دلیل تقویت دیواره سلول‌های هوا که از طریق افزایش ضخامت این دیواره‌ها توسط ذرات پروتئین است، صمغیت را افزایش داد. روند مربوط به صمغیت و سفتی مشابه هم هستند پس می‌توان نتیجه گرفت که صمغیت بیش‌تر تحت تأثیر سفتی است. مطالعات مجذوبی و همکاران نشان داد که افزایش ایزوله پروتئین سویا سبب افزایش صمغیت کیک اسفنجی می‌شود. افزودن زانتان سبب کاهش صمغیت شد به‌طوری که تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشتند اما سطح 0/4 آن صمغیت بیش‌تری نسبت به سطح 0/2 داشت [36]. امیرآبادی و همکارن بیان کردند که افزودن زانتان سبب کاهش صمغیت کیک شیفون می‌شود [44].

4- نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که صمغ زانتان و SAPC سبب افزایش رطوبت، پروتئین و خاکستر کیک‌ها می‌شوند. افزایش SAPC در فرمولاسیون کیک بدون گلوتن موجب افزایش محتوای پروتئین از 9/81 درصد به 13/87 درصد نسبت به نمونه شاهد گردید و این می‌تواند دلیلی بر افزایش ارزش تغذیه‌ای نمونه‌ها باشد. قوام و وزن مخصوص با افزایش زانتان و SAPC افزایش پیدا کرد. افزایش قابلیت ارتجاعی در اثر افزودن زانتان مشاهده شد که این خود سبب احساس دهانی مطلوب‌تر در کیک‌های حاوی زانتان می‌شود. در مقابل SAPC سبب کاهش این شاخص شد. افزودن زانتان با سطوح ذکر شده کاهش سفتی کیک‌ها را به دنبال داشت و سطح 0/2 نسبت به 0/4 سفتی نمونه‌ها را بیش‌تر کاهش داد. هم‌چنین زانتان بر روی پیوستگی و صمغیت تأثیر مثبتی گذاشت و موجب کاهش صمغیت و افزایش پیوستگی شد. در صورتی‌که SAPC سبب افزایش صمغیت و کاهش پیوستگی گردید. بنابراین به‌منظور دارا بودن حداقل تأثیرات SAPC در مجموع بر اساس نتایج به‌دست آمده می‌توان سطح 0/2 درصد برای زانتان و 5 درصد برای SAPC را به‌عنوان بهترین ترکیب گزارش کرد.

منابع

[1] Cauvain, S. P., Young, L. S. (2006). Ingredients and their influences. In: *Baked product: Science, Technology and Practice*, p. 72, Blackwell Publishing, Oxford. UK.

[2] Elke, K. A., Dal Bello, F. (2008). The gluten-free cereal products and beverages Elsevier Inc, 1-394.

[3] Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci. Technol.*, 15(3), 143–152.

[4] Gambus, H., Sikora, M., Ziobro, R. (2007). The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten free bread. *Acta Scientiarum Polonorum*, 6(3), 61-74.

[5] Whitcomb P. J., Macosko CW. (1978). Rheology of xanthan gum. *J. Rheol.*, 22(5), 493-505.

[6] Sciarini, L.S., Ribotta, P. D., Leó, A. E., Pérez, G. T. (2010a). Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *Int. J. Food Sci. Technol,*

45(11), 2306-2312.

[7] 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. *J. Ind. Eng. Chem.*, 20(4), 1812-1818.

[8] Maghaydah, S., Abdul-Hussain, S., Ajo, R., Tawalbeh, Y., Alsaydali, O. (2013). Utilization of different hydrocolloid combinations in gluten-free bread making. *Food Nutr. Sci*., 4(5), 496-502.

[9] Sang, S., Lapsley, K., Jeong, W. S., Lachence, P. A., Ho, C. T., Rosen, R. T. (2002). Antioxidative phenolic compounds isolate from almond skins (Prunus amygdalus Batsch). *J. Agric. Food Chem*., 50(8), 2459-2463.

[10] Sathe, S. K. (1993). Solubilization, electrophoretic characterization and in vitro digestibility of almond (Puruns amygdalus) proteins. *J. Food Biochem*., 16(4), 249-264.

[11] Sanchez, H., Osella, C., De la torre, M. (2004). Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. *Food Sci. Technol. Int.*, 10(1), 5-9.

[12] Matos, M. E., Sanz., T., Rosell, C. M. (2014). Establishing thr function of protein on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*, 35, 150-158.

[13] Nammakuna, N., Barringer, S. A., Ratanatriwong, P. (2015). The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Sci. Nutr.*, 4(2), 143-155.

[14] عبدالشاهی، الف.؛ مرتضوی، س. ع.؛ شعبانی، ع. ا.؛ الهامی راد، ا. ح.؛ طاهری، م.؛ و حیدری مجد، م. (1393) بررسی اثر حلال و تکنیک استخراج بر ترکیب اسیدهای چرب روغن پسته. *نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد 10، شماره 2، ص 170-165.

[15] Wang, H., Johnson, L. A., Wang, T. (2004). Preparation of soy protein concentrate and isolate from extruded-expelled soybean meals. *J. Am. Oil Chem. Soc*., 81(7), 713-717.

[16] Bennion, E. B., 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] 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(7), 1827-1836.

[20] Nasaruddin, F., Chin, N., Yusof, Y. (2012). Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. *Int. J. Food Prop*., 15(3), 495-506.

[21] Marco, C., Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free bread. *Eur. Food Res. Technol*., 227(4), 1205-1213.

[22] نقی‌پور، ف.؛ کریمی، م.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ حدادخداپرست، 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 گوآر و زانتان. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، دوره 13، شماره 41، ص 139-127.

[23] عوض صوفیان، ع.؛ اعلمی، م.، صادقی ماهونک، ع. ر.؛ قربانی، م.؛ ضیایی فر، ا. م. (1392) تولید کیک اسفنجی فاقد گلوتن و فراسودمند با استفاده از کنجاله بادام شیرین. نشریه

پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی،جلد 3، شماره 2، ص 196-185.

[24] ایوبی، ا.؛ حبیبی نجفی، م. ب.؛ و کریمی، م. (1387) تأثیر 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*، دوره 4، شماره 2، ص 46-33.

[25] Guarda , A., Rossel ,C. M., Benedito, C.,Galotto, M. J. 2004. Different Hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18(2), 241-247.

[26] Atuonwu, A., Akobundu, E. (2010). Nutritional and sensory quality of cookies supplemented with defatted pumpkin (Cucurbita pepo) seed flour. *Pak. J. Nutr*., 9(7), 672-677.

[27] Miller, L. L. Setser, C. (1982). Xanthan gum in a reduce egg white angel food cake. *Cereal Chem*., 60(1), 62-65.

[28] موحد، س.؛ رنجبر، س.؛ و احمدی چناربن، ح. (1392) ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی، بیاتی و ارگانولپتیکی کیک‌های بدون گلوتن حاوی صمغ زانتان و کربوکسی متیل سلولز. *مهندسی بیوسیستم ایران*، دوره 44، شماره 2، ص 178-173.

[29] Turabi, E., Gulum, S., Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro structure of gluten free rice cake containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 755-762.

[30] Baeva, M. R., Panchev, I. N., Terzieva, V. V. (2000). Comparative study of texture of normal and energy reduced sponge cakes, *Die Nahrung*, 44(4), 242-246.

[31] نورمحمدی، ا.؛ پیغمبر دوست، س. ه.؛ اولاد غفاری، ع.؛ آزاد مرد دمیرچی، ص.؛ و حصاری، جواد. (1390) تأثیر جایگزینی ساکارز توسط قندهای الکلی و آسپارتام بر خواص کیک اسفنجی. *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی*، جلد 21، شماره 2، ص 165-155.

[32] Salama, A., Eldesoaky, S., Abul-Fadl, M. M., Bedeir, S. H., Elmashad, A. (2013). The Influence of Xanthan Gum or Glycerol Mono Stearate Incorporation on the Quality Characteristics of Sponge Cake. *J. Appl. Sci. Res*., 9(8), 5390-540.

[33] Glicman, M. (1969). Gum technology in the food industry. Academic Press Newyork and London.

[34] Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E. K. (2004). Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chem.*, 81(5), 567–575.

[35] Sciarini, L.S., Ribotta, P. D., Leó, A. E., Pérez, G. T. (2010). Influence of Gluten-free Flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. *Food Bioprocess Technol.*, 3(4), 577-585.

[36] Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., Farahnaky, A. (2014). Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. *J. Food Process. Preserv*, 38(3), 1164-1170.

[37] Crockett, R., Le, P., Vodovotz, Y. (2011). Effects of protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chem*., 129(1), 84-91.

[38] 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. *Int. J. Food Sci. Technol*., 46(12), 2591-2597.

[39] Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *J. Cereal Sci*., 56(2), 476-481.

[40] Armero, E., Collar, C. (1996). Antistaling additive effects on fresh wheat bread quality. *Food Sci. Technol. Int*., 2(5), 323–333.

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

[42] Maleki, G., Milani, J., Amiri, Z. (2012). Effect of different hydrocolloids on staling of barbari bread. *Adv. Food Sci*., 34, 36-42.

[43] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulation. *J. Food Eng*., 96(2), 295-303.

[44] امیر آبادی، س.؛ کوچکی، الف.؛ و محبی، م. (1393) بررسی اثر صمغ‌های زانتان و قدومه شهری بر کیفیت و ماندگاری کیک شیفون. *نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد 10، شماره 4، 386-375.

[45] Smerdel, B., Pollak, L., Novotni, D., Čukelj, N., Benković, M., Lušić, D., Ćurić, D. (2012). Improvement of gluten-free bread quality using transglutaminase, various extruded flours and protein isolates. *J. Food Nutr. Res*., 51(4), 242-253.

[46] De Oliveira Pineli, L. D. L., De Aguiar, L. A., De Oliveira, G. T., Botelho, R. B. A., Ibiapina, M. D. D. F. P., De Lima, H. C., Costa, A. M. 2015. Use of Baru (Brazilian Almond) Waste from Physical Extraction of Oil to Produce Gluten Free Cakes. *Plant Foods Hum. Nutr*., 70(1), 50-55.