تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۷/ شماره ٦٥/پاییز و زمستان ۱۳۹۷/ص ١٤-١

بررسی عملکرد صمغ دانه شاهی، در مقایسه با گزانتان، بر خصوصیات بافتی و تصویری کیک روغنی بدون گلوتن (برنج– ذرت)

بهاره صحرائیان[1]*، مهدی کریمی[2] و زهرا شیخ الاسلامی[2]

۱- دانش آموخته دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۸

چکیده

در این مطالعه، تأثیر غلظت‌های مختلف (صفر، ۰/۳، ۰/٦ و ۱ درصد) صمغ گزانتان و دانه شاهی بر رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، رنگ پوسته و سفتی بافت کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت) بررسی و خصوصیات بافتی و تکنولوژیکی نمونه‌های تولیدی با نمونه حاوی آرد گندم مقایسه شده است. نتایج به دست آمده به وضوح نشان می‌دهد افزودن صمغ گزانتان و دانه شاهی باعث افزایش رطوبت و مؤلفه‌های رنگی L^* و b^* پوسته کیک می‌شود. ضمن اینکه بالاترین میزان تخلخل و کمترین میزان سفتی بافت نمونه‌های تولیدی نیز در نمونه حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی مشاهده شده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که نمونه حاوی ۰/٦ و ۱ درصد صمغ دانه شاهی و ۰/٦ درصد صمغ گزانتان دارای بالاترین میزان حجم مخصوص هستند. براساس نتایج به دست آمده مشخص شده است عملکرد مثبت صمغ دانه شاهی (به خصوص در سطح ۱ درصد) بر خصوصیات تکنولوژیکی کیک بدون گلوتن بیش از عملکرد صمغ گزانتان است.

واژه های کلیدی

تخلخل، رنگ پوسته، خصوصیات تکنولوژیکی، صمغ بومی

مقدمه

کیک یکی از محصولات پر مصرف صنایع پخت است و به لحاظ کالری‌زایی حد واسط نان و بیسکوئیت قرار دارد. به طور معمول این محصول با آرد گندم تولید می‌شود. هرچند آرد مورد استفاده برای تهیه کیک ضعیف است و در مقایسه با آرد مصرفی در فرمولاسیون نان، پروتئین کمتری دارد، اما حضور پروتئین گلوتن در آرد گندم باعث تشکیل شبکه‌ای به‌هم پیوسته می‌شود و ظاهر مناسب محصول را مهیا می‌سازد. از این رو، چنانچه از آردهای بسیار ضعیف و حتی بدون گلوتن در تولید محصولات نانوایی استفاده شود، نمونه تولیدی علاوه بر بافت داخلی ضعیف‌تر، حجم کم، و پذیرش کلی پایین، به دلیل ضعف در حفظ رطوبت در مدت زمان پخت و نگهداری، به سرعت بیات می‌شوند و برای مصرف کننده قابل قبول نخواهند بود (Sahraiyan *et al.*, 2012; Naghipour *et al.*, 2012). بنابراین، حضور گلوتن در محصولات صنایع پخت الزامی است. اما بیماران سیلیاکی به بخش گلیادینی گندم و پرولامین چاودار، جو، و یولاف حساسیت نشان می‌دهند و مصرف آن برای این بیماران ممنوع است. در واقع بیماری سیلیاک تحت شرایط ژنتیکی، ایمونولوژیکی، و محیطی ایجاد می‌شود به گونه‌ای که در اثر واکنش ایمونولوژیکی گلیادین یا پرولامین، سلول‌های پُرزهای روده کوچک (ویلی) که مسئول جذب مواد مغذی هستند، آسیب می‌بینند (Lazaridou *et al.*, 2007). این بیماری

*نگارنده مسئول: baharehsahraiyan@yahoo.com

http://doi:10.22092/fooder.2018.120898.1111

© 2018,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فقط در کشورهای توسعه یافته شایع نیست، بلکه بـه طـور روز افزونی در کشورهای در حال توسعه نیز گـزارش شـده است. در کشورهای در حال توسعه در دهه ۸۰ مـیلادی بـا استفاده از تست‌های ساده سرولوژیکی به تـدریج مشـخص شد که سیلیاک در کشورهای خاورمیانه، از جمله ایران، به همان اندازه شایع است که در کشـورهای اروپـایی گـزارش شده است، و شـیوع آن در منـاطقی کـه در معـرض خطـر هستند، ۵-۳ درصد است (Pouresmaeil *et al.*, 2011). از این رو، با توجه به تعداد بالای این بیماران و اینکه تنهـا راه درمان موثر، در پیش گرفتن رژیم غذایی بـدون گلـوتن در تمام عمر است، تقاضا برای این دسته از محصولات افزایش یافته است. بنابراین باید از آردهای بدون گلوتن مانند برنج، ذرت، ارزن، سـورگوم، انـواع بُنشـن‌هـا (حبـوب) و غیـره استفاده کـرد. از طرفـی انتخـاب جـایگزین مناسـب بـرای گلـوتن در چنـین آردهـایی اهمیـت زیـادی دارد. از هیدروکلوئیدها (بومی و غیر بومی) می‌توان به منظور تقلید از خـواص گلـوتن و افـزایش مانـدگاری محصـولات بـدون گلوتن صنایع پخت و به تأخیر انداختن بیاتی آنها اسـتفاده کرد. شاهی باغی[1] گیاهی علفی است کـه دانـه‌هـای آن بـه علت وجـود لایـه‌هـای پلـی‌سـاکاریدی، زمـانی کـه در آب خیسانده می‌شوند، آب جذب می‌کنند و لایه‌ای موسـیلاژی چسبناک در اطراف آن تولید می‌شود. صمغ دانه شاهی بـا رفتار جریـان تضـعیف شـونده بـا بـرش بـرای اسـتفاده در فرمولاسیون‌هایی قابل کاربرد خواهد بود که بافتی با لزجی کمتـر یـا احسـاس دهـانی مطلـوب‌تـر مـورد نیـاز اسـت. خصوصیات صمغ‌های دانه‌ای بسـتگی بـه ترکیبـات قنـدی آنها دارد و میزان استخلاف‌ها باعث ایجاد تفـاوت در رفتـار هیدروکلوئیدها می‌شود. آنالیز ترکیبات قندی در صمغ دانه شاهی نشـانگر نسـبت بـالای مـانوز بـه گـالاکتوز اسـت. از تقسیم مقدار مانوز بـه گـالاکتوز عـددی بیشـتر از ۸/۲ بـه دسـت مـی‌آیـد. صـمغ دانـه شـاهی دارای متوسـط وزن مولکولی معادل ۵۴۰ کیلودالتون و مقـدار شـعاع چـرخش ۷۵ نانومتر است که نزدیک به شعاع چرخش گزانتان (۹۰-۷۰ نانومتر) با وزن مشابه است. جزء مـاکرومولکولی صـمغ دانه شاهی کنفورماسیون زنجیری نیمه سـخت بـا انعطـاف پذیری بینابینی بین حلقه تصـادفی و میلـه‌ای سـخت دارد کـه ایـن زنجیـره سـفت، قابـل مقایسـه بـا گزانتـان اسـت (Karazhiyan *et al.*, 2009). با اینکه مشابهت‌های زیـادی به لحاظ ساختاری بین صمغ دانه شاهی و گزانتان گـزارش شده ولی عملکرد و مقایسه ایـن دو صـمغ بـر خصوصـیات تکنولـوژیکی، تصـویری، و حسـی در کیـک بـدون گلـوتن بررسی نشده است. امـا محققـان زیـادی بـه کـاربرد انـواع صمغ‌ها در محصولات صنایع پخـت پرداختـه انـد. در ایـن راستا صحرائیان و همکاران (Sahraiyan *et al.*, 2013) اثـر صمغ شاهی و گوار را در نان حاوی آرد گندم-برنج بررسـی کردند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که نمونـه حـاوی ۰/۳ درصد صمغ گوار و ۰/۳ درصد صـمغ شـاهی و نمونـه حاوی ۰/۳ درصد صـمغ گـوار و ۰/۶ درصـد صـمغ شـاهی بیشترین امتیاز پذیرش کلی را داشـته‌انـد. عـلاوه بـر ایـن، مشخص گردید نمونه حاوی ۱ درصد صمغ گوار و ۱ درصد صمغ شاهی، نمونه حاوی ۰/۶ درصد صمغ گوار و ۱ درصد صمغ شاهی، و نمونه حاوی ۰/۳ درصـد صـمغ گـوار و ۰/۳ درصد صمغ شاهی بالاترین حجـم مخصـوص و تخلخـل را داشته‌اند. به‌عـلاوه، افـزایش صـمغ سـبب کـاهش بیـاتی و سـفتی بافـت نـان در مـدت زمـان نگهـداری شـده اسـت. اسکیارینی و همکـاران (Sciarini *et al.*, 2012) اثـر صـمغ (گزانتان، کربوکسی متیـل سـلولز، آلژینـات و کاراگینـان)، امولسـیفایر (داتـم و سـدیم اسـتئاروئیل لاکتـیلات)، و آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و آلفـا آمـیلاز را بـر خـواص نـان بدون گلوتن حاوی آرد بـرنج، آرد سـویا و نشاسـته کاسـاوا بررسی کردند و نتیجه گرفتند که کاربرد ایـن افزودنـی‌هـا باعث بهبود حجم و کاهش سفتی مغز نـان، در مقایسـه بـا نمونه شاهد (فاقد افزودنی)، شده است. نقی‌پور و همکـاران (Naghipour *et al.*, 2012) در تولید کیـک بـدون گلـوتن

1- *Lepidum sativum*

حاوی آرد سورگوم از سطوح متفاوت صمغ گزانتان (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۱ درصد) استفاده کردند. در این تحقیق، بهترین غلظت صمغ ۰/۳ درصد گزارش شده است به طوری که بیشترین نرمی بافت، حجم مخصوص و تخلخل و بهترین رنگ و پذیرش کلی در این غلظت صمغ به دست آمده است. باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2016) با بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از صمغ‌های قدومه شهری و گزانتان به وضوح نشان دادند هر دو صمغ مصرفی منجر به بهبود ساختار نان می‌شود که این عامل یکی از دلایل افزایش پذیرش حسی شناخته شده است. براساس نتایج به دست آمده، صمغ قدومه شهری از لحاظ خصوصیات عملکردی مشابه با صمغ گزانتان است. بنابراین، با توجه به مطالعات صورت گرفته در زمینه برخی مشابهت‌های ساختاری صمغ دانه شاهی با صمغ گزانتان و توجه کردن به صمغ‌های بومی کشور و مصرف آن در محصولات صنعت نانوایی بدون گلوتن، هدف از این پژوهش بررسی عملکرد صمغ دانه شاهی، در مقایسه با صمغ گزانتان بر خصوصیات تکنولوژیکی و تصویری کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج و ذرت است.

مواد و روش‌ها

آرد برنج با ۱۰ درصد رطوبت، ۰/۵۵ درصد خاکستر، ۱۲/۲۶ درصد پروتئین، ۹/۵ درصد فیبر خام، و ۳/۲۱ درصد چربی از شرکت پودینه شمال؛ و آرد ذرت با ۷/۹ درصد رطوبت، ۰/۴۲ درصد خاکستر، ۰/۸۷ درصد پروتئین، ۰/۱۵ درصد فیبر خام، و ۰/۳۳ درصد چربی از شرکت ترخینه؛ و دانه شاهی با ۷/۱ درصد رطوبت، ۱۱ درصد خاکستر، ۲/۰۹ درصد پروتئین، ۲/۲ درصد چربی، و ۷۷/۵ درصد کربوهیدرات از بازار محلی تهیه شد. هر دو آرد در سردخانه با دمای ۴-۳ درجه سلسیوس بالای صفر نگهداری شدند. سایر مواد شامل مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان)، شکر، روغن نباتی مایع، و پودر قنادی[1] از فروشگاه عرضه کننده مواد اولیه قنادی خریداری و تخم مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید کیک‌ها تهیه و در یخچال نگهداری شد. شربت اینورت نیز مطابق با دستورالعمل استاندارد ملی ایران به شماره ۲۵۵۳ تهیه شد. صمغ گزانتان با نام تجاری Rhodigeltm (Xanthan) Gum (E415) و وانیل با نام تجاری Rhovanilla از شرکت رودیا (فرانسه) خریداری شد.

استخراج صمغ از دانه شاهی

عصاره هیدروکلوئیدی دانه شاهی با ۱۵ درصد اورنیک اسید که اشاره به طبیعت پلی‌الکترونیک عصاره دانه شاهی دارد از گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد. صمغ دانه شاهی از دانه کامل با استفاده از آب مقطر با نسبت آب به دانه ۳۰ به ۱ و pH معادل ۱۰ (با استفاده از محلول ۰/۱ مولار سود) استخراج شد. دمای آب ۳۵ درجه سلسیوس تنظیم شد و مخلوط آب و دانه در فرایند حرارت‌دهی (مدت زمان استخراج) که ۱۵ دقیقه بود به طور مداوم هم‌زده شد. صمغ از دانه‌های متورم با عبور دادن دانه‌ها از یک جدا کننده (اکستراکتور) مجهز به صفحه چرخنده جدا شد. محلول به دست آمده پس از عبور از صافی خلأ، به منظور حذف ذرات اضافی، صاف و پس از آن در آون تنظیم شده در دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک شد. ماده به دست آمده آسیاب و با مش ۱۸ الک شد. پودر تولیدی در کیسه پلی‌اتیلنی زیپ‌دار قرار داده شد و در شرایط خشک و خنک (۴ درجه سلسیوس معادل با دمای یخچال آزمایشگاهی) نگهداری گردید (Karazhiyan *et al.*, 2009). راندمان استخراج صمغ دانه‌های شاهی در حدود ۸ درصد بود.

تهیه خمیر و تولید کیک

مخلوط آرد حاوی ۷۰ درصد آرد برنج و ۳۰ درصد آرد ذرت تهیه شد. سایر مواد موجود در فرمولاسیون براساس مجموع وزن دو آرد انتخاب شد. ۲۵ درصد پودر شکر، ۳۶ درصد روغن، ۳۶ درصد تخم‌مرغ، ۱۲ درصد شربت اینورت،

1- Baking powder

۲ درصد پودر قنادی، ۰/۲ درصد وانیل، سطوح متفاوت صمغ دانه شاهی و گزانتان (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۱ درصد)، و آب به میزان لازم. گفتنی است در این پژوهش دو نمونه شاهد در نظر گرفته شد؛ شاهد اول حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و شاهد دوم حاوی ۷۰ درصد آرد برنج و ۳۰ درصد آرد ذرت و هر دو نمونه فاقد هر گونه صمغ. برای تهیه خمیر کیک، در ابتدا روغن، پودر شکر و تخم مرغ با استفاده از یک همزن برقی (Electra EK-230M، ژاپن) با سرعت ۱۲۸ دور در دقیقه و در ۶ دقیقه مخلوط شدند تا کرم حاوی حباب‌های هوا ایجاد شود. آب و شربت اینورت به این کرم اضافه شد و همزدن به مدت ۴ دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد پودر قنادی و وانیل به آرد اضافه گردید و مخلوط حاصل به تدریج به کرم افزوده شد. صمغ دانه شاهی و گزانتان (جداگانه) در سطوح مختلف طبق جدول (۱) به مخلوط اضافه گردید. با استفاده از یک قیف پارچه‌ای، ۵۵ گرم از خمیر تهیه شده درون کاغذهای مخصوص کیک درون قالب‌ها ریخته شد. پخت در فر آزمایشگاهی گردان با هوای داغ (ZuccihelliForni، ایتالیا) در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس و به مدت ۲۰ دقیقه طول کشید. نمونه‌ها پس از سرد شدن، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) نگهداری شدند تا خصوصیات کمی و کیفی آنها ارزیابی شود (Sahraiyan *et al.*, 2016).

رطوبت کیک

این آزمایش، از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با دمای ۱۰۵-۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا رطوبت خود را از دست دادند. بدین صورت پلیت مخصوص به مدت حداقل نیم ساعت در آون ۱۰۳ درجه سلسیوس قرار داده شد، پس از آن در دسیکاتور در دمای آزمایشگاه سرد شد و با دقت یک میلی‌گرم توزین گردید. سپس ۱۰ گرم از تمام قسمت‌های نمونه (پوسته و بافت داخلی) به ظرف منتقل و مجدداً به دقت وزن شد. پلیت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد.

جدول ۱-تیماربندی نمونه‌های تولیدی

ترکیبات	تیمارها							
	۱ (شاهد)	۲ (شاهد)	۳	۴	۵	۶	۷	۸
آرد گندم	۱۰۰	-	-	-	-	-	-	-
آرد برنج	-	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
آرد ذرت	-	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
شکر	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
روغن	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶
تخم مرغ	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶	۳۶
شربت اینورت	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
پودر قنادی	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
وانیل	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
صمغ گزانتان	-	-	۰/۳	۰/۶	۱	-	-	-
صمغ شاهی	-	-	-	-	-	۰/۳	۰/۶	۱
آب	مقدار لازم (براساس جذب آب فارینوگراف)							

بعد از ۲۴ ساعت پلیت از آون خارج و پس از سرد کردن در دسیکاتور توزین شد. وزن کردن نمونه تا رسیدن به وزن ثابت ادامه یافت. در انتها درصد رطوبت با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$MC = \frac{(m_1 - m_2)}{m_0} \times 100 \qquad (۱)$$

در آن، m_0 وزن نمونه ، m_1 وزن پلیت و نمونه قبل از قرار دادن در آون، و m_2 وزن پلیت و نمونه بعد از آون گذاری است.

حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی کیک تهیه و حجم مخصوص آن بر حسب میلی‌لیتر بر گرم تعیین شد.

تخلخل

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مغز کیک تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل:HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J[2] (ساخت مؤسسه ملی بهداشت[3]، ایالات متحده آمریکا) قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت[4]، تصاویر سطح خاکستری[5] ایجاد شد. برای تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[6]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است. محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفره‌های موجود در بافت کیک (میزان تخلخل) بیشتر است. با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (Haralik *et al.*, 1973).

رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، با تعیین سه شاخص L* ، a* و b* صورت پذیرفت. شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b* میزان نزدیکی رنگ نمونه به آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰ + (زرد خالص) متغیر است. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از پوسته کیک تهیه و به وسیله اسکنر (مدل:HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Sun, 2008).

بافت

بافت کیک در فاصله زمانی ۲ ساعت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج QTS مدل CNS Farnell, UK ساخت کشور انگلستان ارزیابی شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز کیک، به‌عنوان شاخص سفتی[7] محاسبه گردید. نقطه شروع[8] و نقطه هدف[9] به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۲۵ میلی‌متر بود (Ronda *et al.*, 2005).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ تجزیه و تحلیل آماری شدند. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از

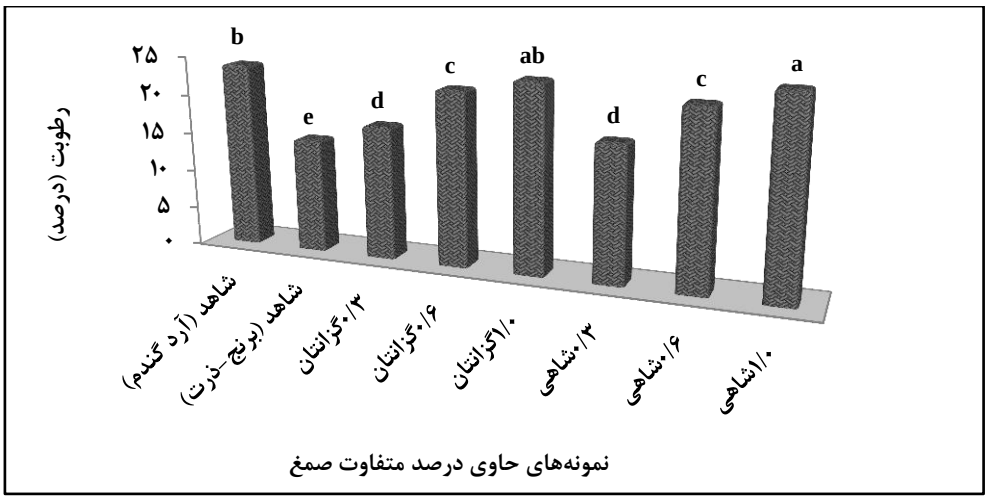
1- Rape seed displacement
2- Image processing and analysis in Java
3- National Institutes of Health
4- Bit
5- Gray level images
6- Binary images
7- Hardness
8- Trigger point
9- Target value

آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($p<۰/۰۵$) مقایسه و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

رطوبت

نتایج نشان می‌دهد، تمام نمونه‌های تولیدی حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد (برنج-ذرت) دارای رطوبت بالاتری در سطح آماری ۵ درصد هستند (شکل ۱)، که در این میان میزان رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان بیش از میزان رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ دانه شاهی است. باید گفت هرچند میزان آب در فرمولاسیون نمونه‌های تولیدی متفاوت بود و این میزان آب بر اساس جذب آب فارینوگراف مشخص گردید اما نمی‌توان از حضور صمغ در فرمولاسیون غافل شد و آن را عاملی بر افزایش رطوبت ندانست. به طور مثال، نمونه شاهد حاوی آرد برنج-ذرت دارای ۸۰ درصد آب اما نمونه شاهد حاوی آرد گندم دارای ۵۵ درصد آب براساس وزن آرد بوده ولی میزان رطوبت شاهد حاوی آرد برنج-ذرت به طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بسیار کمتر از میزان رطوبت نمونه شاهد آرد گندم است. نمونه شاهد حاوی آرد برنج-ذرت، به دلیل مقدار کربوهیدرات بالا، در وهله اول آب بسیار زیادی جذب کرده است اما نتوانسته این میزان آب را در فرآیند پخت در خود نگه دارد تا نمونه تولیدی دارای میزان مطلوبی از رطوبت باشد. از این رو شاید نتوان به طور واضح گفت که افزایش میزان رطوبت نمونه‌های تولیدی تنها تحت تأثیر صمغ بوده است اما این نکته را باید در نظر داشت که هدف از افزودن صمغ به فرمولاسیون کیک بدون گلوتن تشکیل ساختاری مانند ساختار گلوتنی در نمونه شاهد (آرد گندم) است که بتواند رطوبت موجود در محصول را در فرآیند پخت در خود نگه دارد، از مهاجرت آب از بافت درونی به پوسته جلوگیری کند، و عملکردی مشابه با محصول حاوی آرد گندم داشته باشد. در این تحقیق، براساس نتایج موجود می‌توان حدس زد صمغ موجود در برخی از نمونه‌های تولیدی ضمن ایجاد بافت مشابه با بافت نمونه حاوی آرد گندم، مقداری نیز برای نگهداری و پیوند یافتن (باند شدن) با آب موجود در فرمولاسیون کیک به کار رفته و نسبت به نمونه شاهد حاوی آرد گندم رطوبت را حفظ و از مهاجرت آن از مغز کیک به پوسته جلوگیری کرده است. در این میان به نظر می‌رسد نمونه ۱ درصد صمغ گزانتان و نمونه حاوی ۱ درصد صمغ شاهی در دستیابی به این موضوع به شکلی موفقیت آمیز عمل کرده‌اند زیرا این دو نمونه نسبت به نمونه شاهد دارای آرد گندم، رطوبت بیشتری دارند. سورن (Sworn, 2000) می‌گوید صمغ گزانتان وزن مولکولی بالایی دارد؛ این صمغ به عنوان یک پلیمر از طریق پیوند-های هیدروژنی فراوان و واکنش‌های بین مولکولی، توان نگهداری آب و افزایش رطوبت محصول نهایی را نسبت به نمونه‌های فاقد این صمغ دارد. کاراژیان و همکاران (Karazhiyan *et al.*, 2009) تأیید می‌کنند که ساختار زنجیره میله‌ای صمغ دانه شاهی باعث افزایش واکنش‌های ماکرومولکولی محلول حاوی این صمغ می‌شود که این امر می‌تواند در افزایش جذب آب اثر داشته باشد. بنابراین، با توجه به بالا بودن تعداد پیوندهای هیدروژنی در صمغ گزانتان، بیشتر بودن میزان رطوبت در نمونه‌های حاوی این صمغ، در مقایسه با صمغ دانه شاهی، امری است بدیهی. در کل، برای افزایش میزان رطوبت محصولات صنایع پخت حاوی انواع مختلف صمغ باید گفت که صمغ‌ها به دلیل طبیعت آبدوستی خود با آب برهمکنش می‌دهند، سبب کاهش انتشار آب می‌شوند و حضور آب را در سیستم پایدار می‌کنند و از این طریق در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت نمونه‌های تولیدی در حین فرآیند پخت و نگهداری مؤثرند.



شکل ۱- اثر صمغ گزانتان یا دانه شاهی بر رطوبت کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت)
(حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.)

در اینجا پیشنهاد می‌شود که از ترکیب دو صمغ نیز در فرمولاسیون محصولات نانوایی استفاده و برهمکنش این صمغ‌ها بر میزان رطوبت نیز بررسی شود.

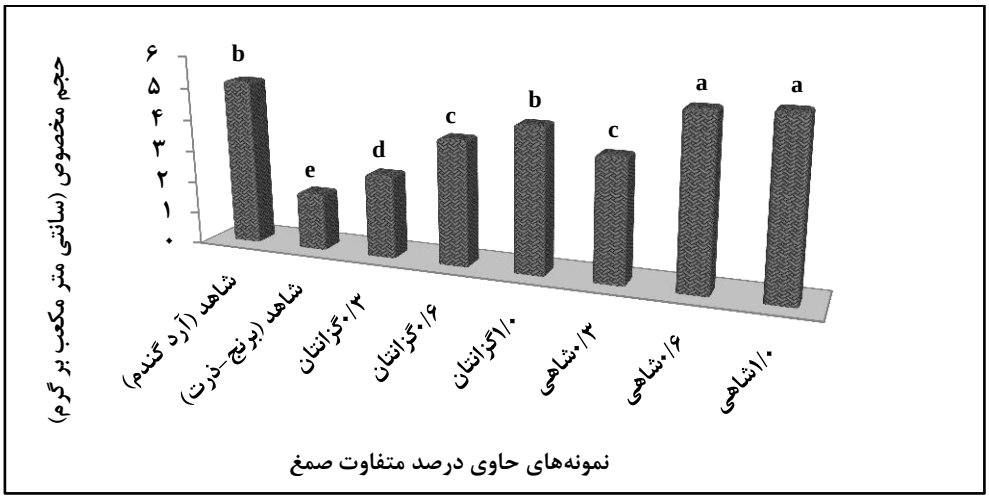
در واقع هدف از پژوهش پیش رو مقایسه اثر صمغ گزانتان یا صمغ دانه شاهی بر ویژگی‌های کیک بدون گلوتن است.

حجم مخصوص

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد، نمونه حاوی ۱ درصد صمغ گزانتان به لحاظ حجم مخصوص با نمونه شاهد (آرد گندم) برابر است (شکل ۲). نمونه حاوی ۰/۶ و ۱ درصد صمغ دانه شاهی، در مقایسه با کیک حاوی آرد گندم، حجم بالاتری داشته است. گفتنی است که تمام نمونه‌های تولیدی حاوی سطوح متفاوت صمغ (گزانتان و شاهی) میزان حجم مخصوص بیشتری نسبت به شاهد (برنج-ذرت) دارند. ضریب پایداری صمغ گزانتان که نشانگر ویسکوزیته محلول صمغ است، در مقایسه با صمغ دانه شاهی، بیشتر است (Naji *et al.*, 2012). از این رو به نظر می‌رسد همین افزایش ویسکوزیته صمغ گزانتان نسبت به صمغ دانه شاهی منجر به کاهش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی حاوی صمغ گزانتان در مقایسه با صمغ دانه شاهی شده است. مشاهده می‌شود صمغ گزانتان موجب بهبود قابلیت نگهداری حباب‌های هوای ورودی در خمیر کیک در فرآیند بهم‌زدن، استحکام بخشیدن به دیواره آنها، و جلوگیری از پاره شدن سلول‌های گازی در هنگام انبساط ناشی از افزایش دمای پخت شده است. اما به نظر می‌رسد استحکام بخشی صمغ گزانتان (که از ویسکوزیته بالای این صمغ نشئت می‌گیرد) بیشتر است تا صمغ دانه شاهی و همین امر در کمتر شدن حجم مخصوص نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان، در مقایسه با نمونه‌های حاوی صمغ دانه شاهی، اثر گذاشته است. به عبارتی استحکام دیواره حباب‌های هوای ورودی در نمونه حاوی صمغ گزانتان چنان بوده که در اثر افزایش دمای پخت حبابچه‌ها کمتر منبسط شده‌اند (یعنی در برابر انبساط مقاومت ایجاد شده است). علت کاهش حجم مخصوص نمونه شاهد برنج-ذرت، در مقایسه با نمونه‌های حاوی صمغ، مقاومت نکردن دیواره‌های حباب هوای ورودی، پاره شدن آنها، و ملحق شدن حباب‌های هوا به یکدیگر در این نمونه است. پس از برش نمونه شاهد حاوی آرد برنج-ذرت برای اندازه‌گیری حجم نمونه تولیدی، در بافت داخلی نمونه به‌کرات پدیده الحاق حفرات[1] مشاهده شده که ناشی از مستحکم نبودن دیواره حباب‌های هوای موجود در خمیر کیک و ملحق شدن چندین سلول گازی به یکدیگر در فرآیند پخت است.

1- Tunneling

شیتو و ابولود(Shittu & Abulud, 2009) بیان کردند میزان دقیق مصرف صمغ گزانتان در محصولات نانوایی ضروری است زیرا اگر با توجه به فرمولاسیون غلظت درستی انتخاب شود، قابلیت نگهداری گاز از طریق افزایش پایداری و میزان نفوذپذیری دیواره سلول‌های گازی افزایش می‌یابد ولی چنانچه میزان مصرف این صمغ بیش از حد مورد نیاز باشد، اثری عکس خواهد داشت. از طرفی، با توجه به اینکه ویسکوزیته محلول دانه شاهی کمتر از ویسکوزیته محلول صمغ گزانتان است و این امر در مطالعات صورت گرفته به اثبات رسیده است، این احتمال در پژوهش حاضر داده شد که کمتر بودن میزان حجم مخصوص نمونه‌های حاوی صمغ شاهی، در مقایسه با صمغ گزانتان، ممکن است ناپایداری حباب های هوا در برابر انبساط و افزایش حجم آنها در فرآیند پخت باشد، اما عکس این قضیه مشاهده گردید. این امر را با توجه به بررسی‌های ناجی و همکاران(Naji *et al.*, 2012) چنین می‌توان توجیه کرد که تجمعات و اتصالات قوی پلیمرهای این صمغ منجر به ویسکوزیته پایدار آن طی حرارت‌دهی می‌شود و این افزایش ویسکوزیته پس از حرارت‌دهی نشانگر بازآرایی بین مولکولی برگشت پذیر در صمغ دانه شاهی است. از این رو می‌توان گفت صمغ دانه شاهی از طریق افزایش ویسکوزیته بر اثر حرارت پخت (همچنین افزایش پایداری ویسکوزیته بر اثر حرارت‌دهی) در استحکام بخشیدن مطلوب حباب‌های هوا حتی بیش از صمغ گزانتان مؤثر است از این رو، حجم مخصوص کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت) افزایش یافته است.



شکل ۲- اثر صمغ گزانتان یا دانه شاهی بر حجم مخصوص کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت)
(حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.)

تخلخل

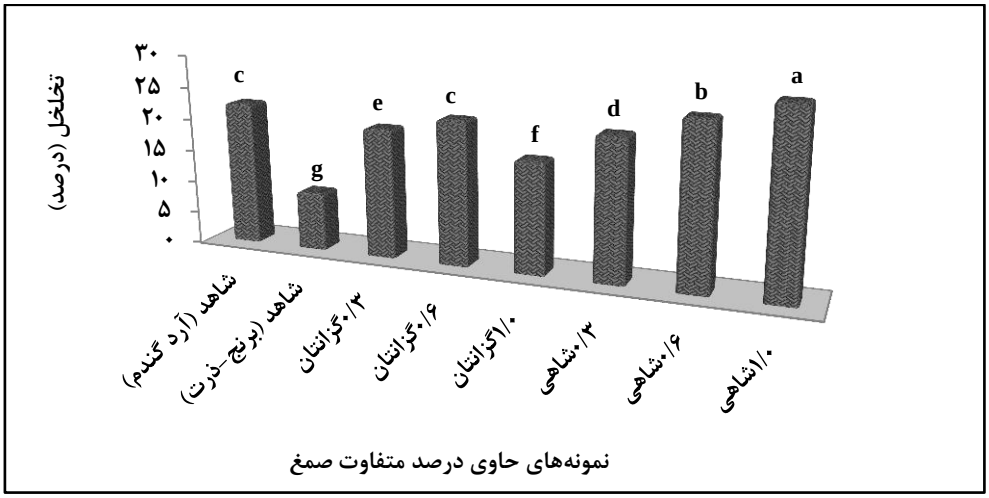
مشخص شده است که میزان تخلخل تنها دو نمونه حاوی ۰/۶ و ۱ درصد صمغ دانه شاهی نسبت به نمونه شاهد (آرد گندم) بیشتر است (شکل ۳). تخلخل نمونه حاوی ۰/۶ درصد صمغ گزانتان با تخلخل نمونه شاهد (آرد گندم) برابر است. در حالی که تمام نمونه‌های حاوی سطوح متفاوت صمغ گزانتان و دانه شاهی تخلخل بیشتری نسبت به نمونه شاهد (برنج-ذرت) دارند. تخلخل از پارامترهای مهم مغز محصولات نانوایی، است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز این دسته از مواد غذایی دارد و یکی از عوامل تأثیرگذار در خواص کیفی مغز محصولات صنایع پخت محسوب می شود (Armero & Collar, 1996). میزان تخلخل مغز بافت تحت تأثیر تعداد حفره‌های موجود در مغز بافت و نحوه توزیع و پخش این حفره‌هاست، که

هرچه تعداد آنها و سلول‌های گازی بیشتر باشد و هرچه توزیع و پخش آنها یکنواخت‌تر باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد بود. حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود زیرا نمونه‌های حاوی ۰/۶ و ۱ درصد صمغ شاهی دارای بالاترین میزان حجم مخصوص هستند و این نشان‌دهنده آن است که این سه نمونه دارای تعداد بیشتری حباب هوای ورودی به خمیر کیک، در مقایسه با سایر نمونه‌هاست. علاوه بر تعداد سلول‌های گازی، نحوه توزیع و پخش یکنواخت آنها بر میزان تخلخل مؤثر است که به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر کاربرد صمغ شاهی در فرمولاسیون اولیه کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت) در افزایش میزان تخلخل از صمغ گزانتان موفقیت آمیزتر عمل کرده است. این احتمال وجود دارد که صمغ گزانتان بخصوص در سطح ۱ درصد از طریق پیوندهای هیدروژنی و واکنش‌های بین مولکولی، شبکه‌ای مشابهی با یک شبکه گلوتنی قوی ایجاد کرده که برای کیک مطلوب نیست (اما این امکان وجود دارد که این شبکه در نان عملکرد مناسبی از خود نشان دهد) و همین امر از پخش و توزیع یکنواخت حباب‌های هوا جلوگیری کرده است. اوزکوک و همکاران(Ozkoc *et al.*, 2009) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند چنانچه صمغ‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی در سطوح مناسب استفاده شوند به طوری که در پخش حباب‌های هوای موجود در نمونه اختلالی ایجاد نکنند، با کاستن از به‌هم پیوستن سلول‌های گازی، به واسطه ایجاد لایه‌ای ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری سلول‌های گازی می‌شوند و بنابراین هر سلول به طور مجزا باقی می‌مانده و اندازه آن کوچکتر است که این موضوع خود بر افزایش تخلخل تأثیر چشمگیری دارد. باقری و همکاران (Bagheri *et al.*, 2009) با افزودن صمغ قدومه شهری و گزانتان به فرمولاسیون نان بدون گلوتن آرد سورگوم، افزایش تخلخل را گزارش کردند و دلیل آن را پایداری حباب‌های هوا دانستند. صحرائیان و همکاران (Sahraiyan *et al.*, 2012) با افزودن صمغ گوار، کربوکسی متیل سلولز و بالنگو شیرازی به نان بدون گلوتن و نقی پور و همکاران(Naghipour *et al.*, 2012) با افزودن صمغ گزانتان به کیک بدون گلوتن نتایجی مشابه گزارش داده‌اند.

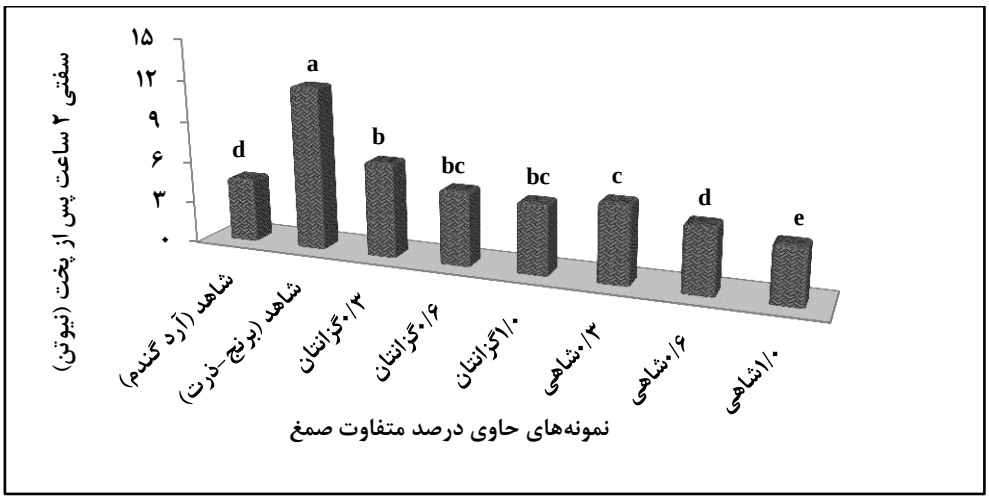
بافت

شکل (۴) به وضوح نشان می‌دهد که تمام نمونه‌های حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد (برنج-ذرت)، سفتی کمتر و بافت نرم‌تری دارند. اما نمونه حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی دارای سفتی و فشردگی کمتری، در مقایسه با شاهد (آرد گندم)، است و نمونه حاوی ۰/۶ درصد از همین صمغ (شاهی) میزان سفتی برابر و بافت مشابه با نمونه شاهد(آرد گندم) دارند. میزان سفتی بافت محصولات صنایع پخت در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت به عواملی مانند حفظ رطوبت محصول در فرآیند پخت و برخی از خصوصیات تکنولوژیکی آن مانند حجم و تخلخل بستگی دارد. حفظ رطوبت از سفت شدن و حتی شکننده شدن نمونه تولیدی پس از پخت جلوگیری می‌کند و بافت محصول نرم‌تر می‌شود. از سوی دیگر، افزایش حجم و تخلخل به دلیل حضور تعداد بیشتر حباب‌های هوا در نمونه و پخش شدن یکنواخت آنها، دو فاکتور اثرگذار بر میزان نرمی بافت و کاهش فشردگی هستند. از این رو، این انتظار وجود داشت که نمونه‌هایی با دارا بودن رطوبت مطلوب، به دلیل حجم و تخلخل بالا، سفتی کمتری داشته باشند که در بین نمونه‌های تولیدی، نمونه حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی بالاترین حجم مخصوص، تخلخل، و رطوبت را به‌طور همزمان داشت که سرانجام بافتی نرم و کمترین میزان سفتی را از آن خود کرد. در زمینه ارتباط بین حجم، تخلخل و میزان سفتی بافت محصولات نانوایی بدون گلوتن در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت، صحرائیان و همکاران (Sahraiyan *et al.*, 2012) در بررسی تأثیر صمغ بومی بالنگو شیرازی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و

حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن نتایجی مشابه گزارش کردند. این محققان می‌گویند چنانچه تعداد حباب‌های هوا زیادتر، اندازه آنها کوچک‌تر، و توزیع به صورت یکنواخت باشد، نرمی مغز نان بیشتر خواهد بود، و اگر تعداد سلول‌های هوا کاهش یابد (با اندازه معمول سلول‌های هوا) بافت سفت‌تری نسبت به نمونه با تعداد سلول‌های هوای بیشتر خواهد داشت. اگر تعداد حباب‌های گازی کاهش و اندازه آنها نیز افزایش یابد، بافت محصول نهایی در زیر پروب دستگاه بافت‌سنج به دلیل نداشتن استحکام کافی متلاشی می‌شود.



شکل ۳- اثر صمغ گزانتان یا دانه شاهی بر تخلخل کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت)
(حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.)



شکل ٤- اثر صمغ گزانتان یا دانه شاهی بر سفتی بافت کیک بدون گلوتن در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت
(حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.)

کاربرد صمغ گزانتان و اثر آن بر افزایش سفتی بافت محصولات صنایع پخت در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت، مطالعات مشابهی وجود دارد. ایوبی و همکاران (Ayubi *et al.*, 2008) در تحقیقی که اثر صمغ گزانتان را بر خصوصیات کیفی و فیزیکوشیمیایی کیک روغنی بررسی کرده‌اند، به این نتیجه دست یافتند که این صمغ سبب افزایش سفتی بافت کیک می‌شود. لازاریدو و همکاران (Lazaridou *et al.*, 2007) گزارش داده‌اند که افزودن صمغ گزانتان به نان بدون گلوتن سبب افزایش سفتی محصول نهایی شده است. این محققان علت این امر را افزایش ویسکوزیته خمیر ناشی از افزایش جذب آب و ایجاد چسبندگی بیش از حد (حالت آدامسی مانند) در مغز بافت نمونه و از طرفی افزایش استحکام نامناسب سلول‌های گازی می‌دانند.

رنگ پوسته

همانگونه که جدول (۲) نشان می‌دهد، تمام نمونه‌های حاوی صمغ (گزانتان و دانه شاهی) میزان مؤلفه رنگی *L بیشتری دارند تا نمونه شاهد (برنج-ذرت) اما تنها میزان مؤلفه رنگی *L نمونه حاوی ۱ درصد صمغ دانه شاهی بیش از نمونه شاهد (آرد گندم) دیده می‌شود و نمونه‌های حاوی ۰/۶ و ۱ درصد صمغ گزانتان و ۰/۶ درصد صمغ شاهی به لحاظ میزان مؤلفه رنگی *L با نمونه شاهد (آرد گندم) اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند. بین مؤلفه رنگی *a نمونه‌های تولیدی هیچگونه اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد مشاهده نمی‌شود. نتایج همچنین به وضوح نشان می‌دهد که مؤلفه رنگی *b تمام کیک‌های بدون گلوتن حاوی هر دو نوع صمغ (گزانتان و دانه شاهی)، در مقایسه با هر دو نمونه شاهد، بیشتر است. در این میان، نمونه های حاوی صمغ (گزانتان و دانه شاهی) زردی بیشتری نسبت به نمونه شاهد بدون گلوتن (برنج-ذرت) دارند. در اینجا به نظر می‌رسد میزان مؤلفه رنگی *L پوسته تحت تأثیر بافت سطحی و خصوصیات سطح بالایی (به لحاظ میزان چروکیدگی و یا یکنواختی سطح) نمونه‌های تولیدی باشد. در این زمینه، سالوادوری و پورلیس(Salvadori & Purlis, 2009) می گویند تغییرات سطح پوسته، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در افزایش میزان مؤلفه رنگی *L پوسته دارد. حصول چنین نتیجه‌ای چندان دور از انتظار نبود زیرا نمونه‌های حاوی صمغ (گزانتان و دانه شاهی) نسبت به نمونه شاهد (برنج-ذرت) با حفظ رطوبت در حین فرآیند پخت و جلوگیری از مهاجرت سریع آن از مغز به پوسته در ایجاد سطحی هموار و یکنواخت مؤثر بوده‌اند. لازم است یادآوری شود که به‌جز حفظ رطوبت، ویژگی‌های بافتی مانند حجم، تخلخل و سفتی بافت می‌تواند بر سطح محصول نهایی اثر بگذارد و هرچه تعداد حفره‌های گازی کمتر (نمونه‌های دارای حجم کمتر)، اندازه حفره‌ها بزرگ-تر، پخش آنها غیریکنواخت‌تر (نمونه‌های دارای تخلخل کمتر)، و سفتی بافت بیشتر باشد، به دلیل فشردگی بیش از حد سطح نمونه و وجود حفره‌های بزرگ در سطح، انعکاس نور از سطح پوسته کمتر است و درخشندگی نمونه یا همان مؤلفه رنگی *L کاهش می‌یابد. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2013) با افزودن صمغ گزانتان به نان بدون گلوتن و صحرائیان و همکاران (Sahraiyan *et al.*, 2013) با افزودن صمغ دانه شاهی به نان ترکیبی حاوی آرد برنج و گندم نتایجی مشابه در زمینه افزایش روشنایی ناشی از حضور صمغ در فرمولاسیون گزارش داده‌اند. فاتاناکالکی موری و همکاران (Phattanakalkaewmorie *et al.*, 2011) می‌گویند فاکتور *L نشان‌دهنده روشنی رنگ است و حضور رنگدانه‌ها و فیبر موجود در آرد مورد استفاده در محصولات غذایی عاملی مؤثر بر میزان مؤلفه رنگی *a و *b است. از این رو، افزایش میزان مؤلفه رنگی *b نمونه‌های بدون گلوتن، نشئت گرفته از حضور آرد ذرت در فرمولاسیون و

رنگدانه‌های زرد آن است. از سوی دیگر، مشخص شد که میزان مؤلفه رنگی b* نمونه‌های حاوی صمغ (گزانتان و دانه شاهی) نسبت به هر دو شاهد بیشتر است. صوفیان و همکاران(Sufiyan *et al.*, 2014) در تحقیق خود به نتایج مشابهی دست یافتند و می‌گویند صمغ گزانتان موجب زردتر و روشن‌تر شدن پوسته کیک به دلیل کاهش در سرعت واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد، نسبت به نمونه فاقد صمغ در لایه پوسته کیک شد.

جدول ۲- اثر صمغ گزانتان یا دانه شاهی بر رنگ پوسته کیک بدون گلوتن (برنج-ذرت)

نمونه‌های حاوی درصد متفاوت صمغ	مؤلفه‌های رنگی پوسته		
	L^*	$a^{*(ns)}$	b^*
شاهد ۱ (آرد گندم)	۴۸/۸^{b}	۹/۵	۱۹/۲^{c}
شاهد ۲ (برنج-ذرت)	۲۹/۸^{e}	۲/۶	۲۰/۵^{b}
۰/۳ گزانتان	۴۱/۰^{d}	۵/۵	۲۴/۱^{a}
۰/۶ گزانتان	۴۸/۶^{b}	۷/۵	۲۳/۸^{a}
۱ گزانتان	۴۹/۱^{b}	۰/۶	۲۳/۷^{a}
۰/۳ شاهی	۴۲/۸^{c}	۱/۶	۲۴/۵^{a}
۰/۶ شاهی	۴۹/۲^{b}	۶/۵	۲۳/۹^{a}
۱ شاهی	۵۴/۷^{a}	۱/۶	۲۴/۱^{a}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری نشان دهنده نبود تفاوت معنی‌دار در سطح $p<۰/۰۵$ است.

*ns نمونه‌های تولیدی که از نظر آماری در سطح $p<۰/۰۵$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، هدف اصلی بررسی و مقایسه عملکرد صمغ دانه شاهی و گزانتان بر کیفیت کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج و ذرت است. نتایج به وضوح بیانگر آن است که صمغ گزانتان و دانه شاهی میزان رطوبت کیک بدون گلوتن را، نسبت به نمونه شاهد حاوی آرد برنج-ذرت، افزایش می‌دهند. بیشترین میزان تخلخل، حجم مخصوص و نرمی بافت در نمونه حاوی صمغ بومی شاهی مشاهده شده است. همچنین، صمغ دانه شاهی توانایی بیشتری در افزایش درخشندگی و انعکاس نور از سطح محصول نهایی دارد. اما هر دو نوع صمغ (گزانتان و دانه شاهی) اثر مشابه و افزایشی بر میزان زردی رنگ پوسته کیک بدون گلوتن دارند. مشخص شده است وقتی حجم و تخلخل محصول مانند کیک اسفنجی، نان‌های حجیم و نیمه‌حجیم (باگت، فرانسوی، بروتشن و غیره)، انواع پیراشکی و دونات مدنظر باشد، می‌توان صمغ دانه شاهی را به عنوان یک صمغ بومی در تولید محصولات بدون گلوتن صنایع پخت با عملکردی بهتر از صمغ گزانتان معرفی کرد.

مراجع

AACC. 2000. Approved methods of AACC. American Association of Cereal Chemist, st, Paul, MN.

Armero, E. and Collar, C. 1996. Anti-stailing additives, Flour type and sourdough process effect on functionality of wheat dough. Journal of Food Science. 61(20):299-303.

Avazsufiyan, A., Alami, M., Sadeghi Maahoonak, A., Ghorbani, M. and Ziaifar, A. M. 2013. 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. (in Persian).

Ayubi, A., Habibi Najafi, M. B. and Karimi, M. 2008. Effect of whey protein concentrate (WPC), guar and xanthan gums on the quality and physicochemical properties of muffin cake. Journal of Food Science and Technology. 4(2): 33-46. (in Persian)

Bagheri, H., Mohebbi, M. and Koocheki, A. 2016. Production of gluten-free bread by using sorghum flour and Lepidium perfoliatum and xanthan gums. Food Technology and Nutrition. 11(2): 75-86. (in Persian)

Haralick, R. M., Shanmugam, K. and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE. 45(6): 1995-2005.

Karazhiyan, H., Razavi, S. M. A., Phillips, G. O., Fang, Y., Al- Assef, S., Nishinari, K. and Farhoosh, R. 2009. Rheological properties of *Lipidium Sativum* seed extract as function of concentration, temperature and time. Food Hydrocolloids. 23(8): 2062-2068.

Lazaridodu, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten free formulations. Journal of Food Engineering. 79(3): 1033-1047.

Mohammadi, M., Sadeghnia, M., Azizi, M. H., Neyestani, T. R. and Morta Zavian, A. M. 2014. Development of gluten-free flat bread by using hydrocolloids, xanthan and CMC. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 20(4): 1812-1818.

Naghipour, N., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H. and SHeikholeslami, M. 2012. Production of gluten-free cake by using sorghum, soy milk and guar and xanthan gums. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Naji, S., Razavi, S. M. A. and Karazhiyan, H. 2012. Effect of thermal treatments on functional properties of cress seed (*Lepidium Sativum*) and xanthan gums: Comparative study. Food Hydrocolloids. 28(1): 75-81.

Ozkoc Ozge, S., Summe, G. and Sahin, S. 2009. The effect of gums on macro and micro-structure of breads baked in different ovens. Food Hydrocolloids. 23(8): 2182-2189.

Phattanakulkaewmorie, M., Paseephol, T. and Moongngram, A. 2011. Chemical properties of malted sorghum flour and characteristics of gluten-free bread. World Academy of Science, Engineering and Technology. 5(7): 457-460.

Pouresmaeil, N., Azizi, M. H., Abasi, S. and Mohammadi, M. 2011. Formulation of gluten-free bread by using guar and microbial transglutaminas enzyme. Journal of Food Science Research. 21(1): 69-81. (in Persian)

Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. Food Research International. 42(7): 865-870.

Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P., and Pando, V. 2005. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering. 112(3): 272-277.

Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, M. and Ghiafeh Davoodi, M. 2013. Evaluation of Lepidium sativum seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. Food Hydrocolloid. 30(2): 698-703.

Sahraiyan, B., Habibi Najafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H. and Ghiafeh Davoodi, M. 2012. Production of gluten-free bread by using sorghum, cheese powder and guar, CMC and Lallemantia Royleana gums. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Sahraiyan, B., Mortazavi, S. A., Karimi, M., Tabatabaee Yazdi, F. and Mohebbi, M. 2016. Production of sorghum malt powder by using microwaves and its evaluation as a sugar replacer in gluten free cup cake. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)

Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten-free breads: Effect on dough properties and bread quality. Journal of Food Engineering. 111(4): 590-597.

Shittu, T. A. and Abulud, E. O. 2009. Functional effects of Xanthan gum practice and research clinical. Gastroenterologye. 19(3): 359-371.

Sun, D. 2008. Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation. Academic Press, New York.

Sworn, G. 2000. Xanthan Gum. In: G.O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), Handbook of Hydrocollods. Cambridge: Woodheed Publishing. 103-115.

Sufiyan, A. 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. (in Persian).

Food Engineering Research/Vol.17/No.65/Autumn & Winter 2018/P: 1-14

Evaluation and Comparison of Effect of *Lepidium Sativum* Seed Gum and Xanthan on Texture and Functional Properties of Gluten Free Cake (Rice-Corn)

B. Sahraiyan*, M. Karimi and Z. Sheikholeslami

* Corresponding Author: Graduated Ph.D. Student of Food Science and Technology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
Email: baharehsahraiyan@yahoo.com
Received: 26 February 2018, Accepted: 9 August 2018

In this research, the effect of different levels (0, 0.3, 0.6 and 1%) of xanthan and *Lepidium Sativum* gum was evaluated on moisture, specific volume, porosity, crust color and crumb firmness of gluten free cake (rice-corn). These samples were compared with wheat cake. Gums were increased moisture, L* and b*. The highest porosity and the lowest crumb firmness were observed in the sample containing 1 % *Lepidium Sativum*. Also the sample containing 0.6 and 1 % *Lepidium Sativum* and 0.6 % xanthan gum had the highest specific volume. Finally, the positive function of *Lepidium Sativum* gum (especially in 1 %) on technological properties of gluten free cake was more than xanthan gum and this sample was better than wheat flour cake.

Keywords: Crust color, Local gum, Porosity, Technological properties