

بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های قدومه شهری و زانتان

هادی باقری^{a*}، محبت محبی^b، آرش کوچکی^c

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد تکنولوژی صنایع غذایی، گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^b استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

^c دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۲/۴

۷۵

چکیده

مقدمه: امروزه استفاده از آردهای بدون گلوتن برای تهیه نان در سراسر جهان به دلایل تغذیه‌ای در حال توسعه است. بیماری سلیاک یکی از رایج‌ترین بیماری‌های است که در اثر مصرف پروتئین پرولامین حاصل می‌شود و تنها راه درمان آن عدم استفاده از محصولات شامل پروتئین پرولامین است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تاثیر دو صمغ قدومه شهری و زانتان در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد (وزنی _ وزنی براساس آرد) بر خصوصیات رئولوژیکی، کیفی و حسی نان بدون گلوتن حاصل از آرد سورگوم مورد مطالعه قرار گرفت. علاوه بر این ساختار سلولی مغز نان نیز با استفاده از تکنیک‌های آنالیز تصاویر دیجیتال مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصله نشان داد که افزودن صمغ زانتان و قدومه شهری به طور معنی‌داری منجر به بهبود کیفیت نان بدون گلوتن شد. همچنین آنالیز تصاویر مغز نان نشان داد که افزودن صمغ زانتان و قدومه شهری به طور معنی‌داری منجر به بهبود ساختار مغز نان گردید که این عامل یکی از دلایل افزایش پذیرش حسی شناخته شد. از طرفی براساس نتایج حاصله، صمغ قدومه شهری از لحاظ خصوصیات عملکردی مشابه صمغ زانتان بود؛ بنابراین امکان استفاده از صمغ قدومه شهری به عنوان یک هیدروکلوتید بومی مناسب برای بهبود کیفیت نان بدون گلوتن وجود دارد.

نتیجه گیری: نان‌های بدون گلوتن حاوی هیدروکلوتید در مجموع نسبت به نان گندم از کیفیت و قابلیت پذیرش کمتری برخوردار بودند ولی امکان تولید و فراوری آنها وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم، سلیاک، قدومه شهری، نان بدون گلوتن، هیدروکلوتید بومی

مقدمه

نان به عنوان یکی از اصلی‌ترین و مهم‌ترین رژیم‌های غذایی انسان به شمار می‌آید. آرد گندم (تربیتی‌کوم استیوم) از قابلیت زیادی نسبت به آرد سایر غلات برای تولید نان برخوردار است. این قابلیت به علت وجود پروتئینی به نام گلوتن در آرد گندم می‌باشد. وجود پروتئین گلوتن در آرد گندم باعث تشکیل یک شبکه به هم پیوسته می‌شود که باعث ایجاد خصوصیات ویسکوالاستیک در خمیر و یک ظاهر مناسب در نان می‌شود (Abdelghafor et al., 2011).

بیماری سلپاک همانند بیماری فنیل کتونریا و دیابت، یک اختلال متابولیکی به شمار می‌آید و به واسطه مصرف پروتئین پرولامین در افراد حساس ایجاد می‌شود (Vincenzi et al., 1989; Thompson, 2001). پروتئین پرولامین شامل پروتئین موجود در گندم (گلوتن)، چاودار (سکالین) و جو (هوردئین) می‌باشد (Ciclitira et al., 2005). التهاب و تورم روده کوچک یکی از شایع‌ترین نشانه‌های بیماری سلپاک در اثر مصرف گلوتن بوده و این افراد در اثر این بیماری دچار اسهال، کم خونی و خستگی می‌شوند. این بیماری تقریباً یک بیماری رایج رژیم‌ی بوده و بیش از ۱ درصد جمعیت کشورهای جهان مبتلا به این بیماری هستند (Mustalahti et al., 2010). استفاده از رژیم بدون گلوتن تنها راه درمان بیماری سلپاک محسوب می‌شود و بیمار مجبور به استفاده از یک رژیم بدون گلوتن در تمام عمر می‌شود (Niewinski, 2008; Gallagher et al., 2004). بنابراین رژیم غذایی این افراد باید عاری از پروتئین گروه پرولامین باشد و باید آرد سایر غلات که فاقد پروتئین گلوتن است، جایگزین شود. سورگوم به عنوان یک غله کلیدی در کشورهای در حال توسعه به خصوص در مناطق خشک و نیمه گرمسیری مطرح است (Abdelghafor et al., 2011; Elkhalfifa et al., 2002).

دانه سورگوم به لحاظ ارزش تغذیه‌ای معادل ارزن، ذرت، گندم و برنج است و در میان غلات، سورگوم یک منبع غنی از مواد فیتوشیمیایی شامل، تانین‌ها، فنولیک اسیدها، آنتوسیانین‌ها و فیتواسترول‌ها می‌باشد و از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابه آرد گندم می‌باشد (Awika & Rooney, 2004). از این رو در تولید

فرآورده‌های نانوائی می‌توان از سورگوم به عنوان جایگزین گندم استفاده نمود. با این وجود استفاده از آردهایی غیر از آرد گندم در فرمول نان به دلیل کاهش یا حذف گلوتن، یکسری مشکلات تکنولوژیکی در تهیه نان ایجاد می‌کنند. گلوتن به دلیل ایجاد ویژگی‌هایی مانند مقاومت به مخلوط کردن، گسترش‌پذیری خمیر، توانایی نگهداری گاز و ایجاد ساختار مطلوب در مغز نان، نقش عمده‌ای در تهیه نان از آرد گندم ایفا می‌کند. بنابراین، جایگزین کردن گلوتن در نان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات تکنولوژیکی در تهیه نان‌های بدون گلوتن می‌باشد (Lazaridou et al., 2007). کاهش میزان پروتئین گلوتن در فرمول نان، بافت داخلی نان را تضعیف کرده و باعث تسریع در بیاتی آن می‌شود (Ahlborn et al., 2005).

مشکلات تکنولوژی ایجاد شده در طول تولید نان‌های بدون گلوتن توسط پژوهشگران زیادی از جمله Gambus و همکاران (۲۰۰۱)، Moore و همکاران (۲۰۰۴)، Sanchez و همکاران (۲۰۰۲)، Marco و Rosell (۲۰۰۸)، ارائه شده است (Gambus et al., 2001; Moore et al., 2004; Sanchez et al., 2002; Marco & Rosell, 2008). نان‌های بدون گلوتن به خصوص نان‌های بدون گلوتن نشاسته‌ای از لحاظ مزه و طعم نسبت به نان‌های سنتی در درجه پائین‌تری از کیفیت قرار دارند و سرعت بیاتی در این نان‌ها معمولاً بالا است. از این رو نان‌های فاقد گلوتن اغلب بافت داخلی زبر، حجم کم و کیفیت پایینی دارند. بنابراین، استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن برای غلبه بر مشکلات مذکور، امری اجتناب ناپذیر است.

از رایج‌ترین ترکیبات استفاده شده برای اصلاح مشکلات مذکور، هیدروکلوئیدها می‌باشند. هیدروکلوئیدها به عنوان صمغ‌های محلول در آب، به طور گسترده به عنوان یک ماده افزودنی در تولید محصولات نانوائی به خصوص نان‌های بدون گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. اثرات عملکردی هیدروکلوئیدها از توانایی آنها برای تغییر خواص رئولوژی خمیرها و محصولات پخت تا حفظ کیفیت محصولات نهایی پخت را شامل می‌شود (Lazaridou et al., 2007; Ahlborn et al., 2005).

از مهم‌ترین هیدروکلوئیدهای که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به صمغ کربوکسی متیل

مواد و روش‌ها

- مواد

آرد گندم مورد استفاده در این آزمایش (رطوبت ۱۳/۵، پروتئین ۱۴/۲۵، خاکستر ۰/۴۵ و گلوتن مرطوب ۳۷) از کارخانه سپید طوس مشهد تهیه شد. همچنین آرد سورگوم (رطوبت ۱۱، پروتئین ۱۰/۱۱، چربی، ۳/۲، خاکستر ۱/۳۵ و گلوتن مرطوب صفر) در آزمایشگاه مورد نظر تولید شد. به منظور تهیه آرد سورگوم، دانه‌های سورگوم از بازار محلی مشهد تهیه و با استفاده از دستگاه آسیاب آزمایشگاهی، آسیاب و با استفاده از الک ۰/۴ میلی‌متر آرد مورد نظر تهیه گردید. مخمر *S. Cerevisiae* از شرکت آستان قدس رضوی تهیه گردید. برای استخراج صمغ دانه قدومه شهری از روش ارائه شده توسط *Koocheki* و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد (*Koocheki et al., 2009*). صمغ زانتان با درجه خوراکی از شرکت سیکما (*Mo., USA Sigma-Aldrich Co., St. Louis*) تهیه گردید. بقیه مواد مورد استفاده از بازار محلی مشهد تهیه گردید.

- روش‌ها

- آزمون فارینوگراف

این آزمون توسط دستگاه فارینوگراف (مدل OHG، دویسبورگ آلمان) و براساس استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۲۱-۵۴ انجام پذیرفت. پس از آن کمیت‌هایی از قبیل مقدار جذب آب آرد، ثبات خمیر، شاخص مقاومت به مخلوط شدن و زمان توسعه خمیر از روی منحنی فارینوگرام براساس استانداردهای موجود محاسبه شد (*AACC, 2000*).

سلولز، گوار و صمغ زانتان اشاره کرد. بسیاری از پارامترهای نان بدون گلوتن وابسته به مقدار و نوع هیدروکلئید مورد استفاده به عنوان جایگزین گلوتن است و معمولاً این پارامتر وابسته به واکنش‌های بین هیدروکلئیدها و نشاسته که به عنوان ترکیب غالب نان شناخته می‌شود، مطرح است.

Mezaize و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر صمغ‌های گوآر و کربوکسی متیل سلولز به عنوان جایگزین گلوتن در نان فرانسوی نشان دادند که صمغ‌ها به دلیل قابلیت ایجاد شبه گلوتنی قادر به اصلاح بافت در نان‌های بدون گلوتن می‌باشد و قادرند خصوصیات مطلوبی همچون حجم بیشتر، سفتی مغز کمتر و رنگ مناسب‌تر را در نان ایجاد کنند (*Mezaize et al., 2009*). بررسی پژوهشگرانی همچون Anton و Artfield (۲۰۰۸) نشان داد که هیدروکلئیدهای مختلف می‌تواند به عنوان عوامل پیوند دهنده با قابلیت جانشین شدن به جای گلوتن در نان مطرح باشند. این محققان گزارش کردند که در بین صمغ‌های زانتان، خرنوب، گوآر و تراکاکانت، صمغ زانتان می‌تواند بالاترین کیفیت را در نان بدون گلوتن ایجاد نماید (*Anton & Artfield, 2008*). صمغ قدومه شهری یک صمغ بومی بوده و با نام علمی *Lepidium perfoliatum* شناخته می‌شود و از خانواده شب بویان می‌باشد. این دانه به هنگام خیساندن در آب موسیلاژی تولید می‌کند که گرانیوی نسبتاً بالایی داشته و قادر به اصلاح خواص رئولوژی خمیر و بهبود کیفیت نهایی نان می‌باشد (*Koocheki et al., 2009*). هدف از این مطالعه بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده آرد سورگوم و بررسی اثرات صمغ‌های قدومه شهری و زانتان بر خصوصیات رئولوژیکی خمیرها و کیفیت نان حاصل از آرد بدون گلوتن بر پایه آرد سورگوم می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات انواع تیمارهای طرح

ردیف	نوع غله مورد استفاده	نوع صمغ	غلظت صمغ	علائم اختصاری
۱	گندم	بدون صمغ	-	WF (control)
۲	سورگوم	بدون صمغ	-	SF
۳	سورگوم	قدومه شهری	۰/۵	SF+0.5%GG
			۱	SF+1%GG
			۰/۵	SF+0.5%XG
		زانتان	۱	SF+1%XG

بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ

- آزمون آمیلوگراف

این آزمون با استفاده از دستگاه آمیلوگراف برابندر و براساس استاندارد AACC، شماره ۳۰-۵۴ انجام گرفت. سپس ویسکوزیته و درجه حرارت ژلاتیناسیون خمیر پس از رسم منحنی‌های مربوطه محاسبه گردید (AACC, 2000).

- خصوصیات نگهداری گاز^۱

به منظور بررسی خصوصیات نگهداری گاز توسط خمیر، ۱۰۰ گرم از خمیر آبکی^۲ تولید شده از آرد گندم و سورگوم و دارای مقادیر متفاوت از صمغ‌ها درون یک سیلندر شیشه‌ای با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد، سپس سیلندر شیشه‌ای را در درون بن‌ماری آب با دمای ۳۲°C قرار داده و حجم خمیر در شروع کار و هر ۱۵ دقیقه تا رسیدن به بالاترین نرخ نگهداری گاز اندازه گیری شد (Shittu et al., 2009).

- نحوه تولید نان حجیم بدون گلوتن

برای تهیه نان حجیم مورد نظر ابتدا مخمر (یک درصد) در آب گرم (۳۵°C) مخلوط شده، سپس اجزاء خشک (۱ درصد نمک، ۱/۵ درصد شکر، ۱۰۰ قسمت آرد سورگوم و ۲ درصد روغن) به آن اضافه و مخلوط به طور کامل توسط خمیرگیر Huger (مدل HG550TMEM) با دور متوسط و به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. پس از تهیه خمیر تخمیر اولیه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۵°C و رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد در اتاق تخمیر صورت گرفت. سپس خمیر به قطعات ۲۱۰ گرمی تقسیم گردید و پس از قرار گرفتن در ظروف مربوط^۳ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵°C و رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد به منظور سپری شدن زمان تخمیر نهایی قرار گرفت. سپس عمل پخت در فر مجهز به هوای داغ (مدل SM-705E-E) با دمای ۱۸۰°C و مدت ۳۰-۳۵ دقیقه انجام شد.

- آزمون اندازه گیری رطوبت

به منظور اندازه‌گیری رطوبت نان از آزمون AACC به شماره ۱۶-۴۴ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها مورد نظر در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون (مدل

So-2005) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰°C قرار گرفتند و سپس میزان رطوبت با توجه به کاهش وزن نمونه، مورد محاسبه قرار گرفت (AACC, 2000).

- آزمون ارزیابی حجم مخصوص نان

برای اندازه گیری حجم مخصوص نان از روش جایگزینی با دانه کلزا مطابق استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۳×۳ سانتی‌گراد از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین گردید (AACC, 2000).

- آزمون ارزیابی رنگ پوسته نان

به منظور بررسی خصوصیات رنگی پوسته نان از فضای رنگی $L^*a^*b^*$ استفاده شد. مولفه L^* نشان دهنده میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. مقادیر مولفه a^* بین منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰ قرار دارد و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز می‌باشد و مقادیر b^* نیز مانند مولفه a^* می‌باشد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است.

به منظور بررسی خصوصیات رنگی براساس فضای رنگی $L^*a^*b^*$ ابتدا از تصاویر گرفته شده توسط دوربین Canon (مدل DS126191) قطعات ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ پیکسلی تهیه و با فرمت bmp ذخیره شد. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار داده شد و با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins رنگ تصویر مورد نظر براساس این شاخص‌ها مورد محاسبه قرار گرفت (Du & Sun, 2004)

تغییر رنگ کلی (ΔE) نسبت به نمونه شاهد نیز با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\Delta E = ((L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2)^{0.5} \quad (1)$$

که L_0^* ، a_0^* و b_0^* پارامترهای رنگی در نمونه شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم) و L^* ، a^* و b^* پارامترهای مربوط به تیمارهای مورد نظر است.

¹ Gas Retention Characteristics

² Batter

³ Pan

– بررسی ریز ساختار مغز نان

به منظور ارزیابی ریز ساختار مغز نان، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور، ابتدا برشی عمودی در نان به کمک چاقوی الکتریکی ایجاد و تصاویر مغز نان به کمک دوربین Canon (مدل DS126191) گرفته شد. سپس از تصاویر گرفته شده، قطعات ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ پیکسلی تهیه و با فرمت bmp ذخیره شدند. جهت استخراج پارامترهای ریز ساختار مغز نان، تصاویر تهیه در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفتند. به این منظور نخست تصاویر رنگی (شکل ۱، الف) تبدیل به نوع هشت بیتی (شکل ۱، ب) شدند. جهت تبدیل تصاویر هشت بیتی به تصاویر دودویی (شکل ۱، ج)، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است (شکل ۱، ج) جهت تقطیع تصاویر از روش آستانه‌گیری دستی بر مبنای رنگ قرمز استفاده شد (شکل ۱، د). سپس با تنظیم و فعال کردن قسمت آنالیز نرم افزار، پارامترهای مورد نظر همچون تعداد کل سلول‌ها، اندازه سلول‌ها، سطح کلی سلول‌ها و میزان تخلخل مغز نان مورد محاسبه قرار گرفت (Du & sun, 2004)

– آزمون حسی

آزمون حسی با استفاده از روش ۵ نقطه‌ای هیدونیک پیشنهادی Yaseen و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد. افراد پانلیست از بین دانشجویان گروه صنایع غذایی دانشگاه فردوسی انتخاب شدند. خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل ظاهری (وجود پارگی و حفره)، وضع سطح فوقانی و زیرین (سوختگی، چین و چروک و رنگ)، سفتی و نرمی

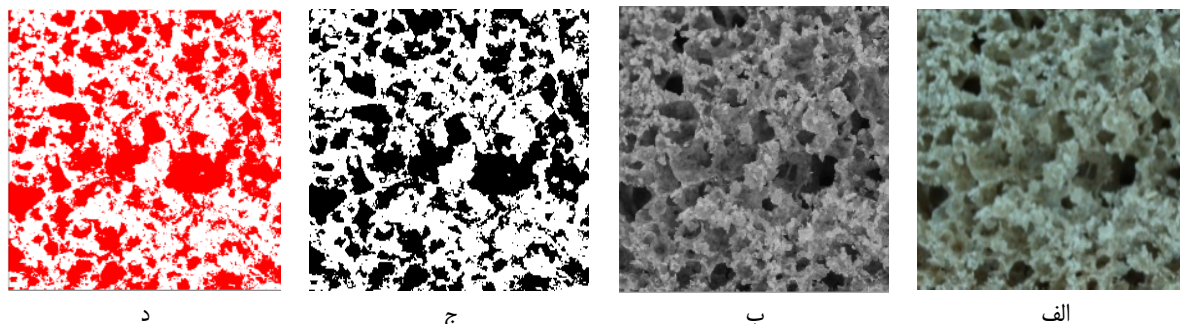
بافت (خمیری بودن، سفت بودن، تردی غیر عادی و شکنندگی)، قابلیت جویدن، عطر و طعم، مزه و پذیرش کلی توسط ۱۰ پانلیست مورد ارزیابی قرار گرفت. طی آزمون از پانلیست تنها خواسته شد تا ضمن بررسی نمونه‌ها به تیماری که از نظر معیار مورد بررسی، بهترین است امتیاز ۵ و به بدترین تیمار امتیاز ۱ بدهند (Yaseen et al., 2010).

– تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار در قالب فاکتوریل استفاده شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ استفاده گردید. همچنین آنالیز واریانس داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Minitab16، Mstac و Excel 2010 انجام شد.

یافته‌ها

خصوصیات رئولوژیکی نمونه شاهد و خمیر نان بدون گلوتن سورگوم حاوی درصد‌های مختلف صمغ‌های قدومه شهری و زانتان در جدول ۲ مشاهده می‌شود. خصوصیات نگهداری گاز در نمودار ۱ آورده شده است. همچنین نتایج مربوط به خصوصیات کمی و کیفی نان بدون گلوتن سورگوم و خصوصیات ساختار مغز نان به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است و در خاتمه نتایج مربوط به خصوصیات حسی نان بدون گلوتن در جدول ۵ آورده شده است.



شکل ۱- الف: تصویر مغز نان، ب: تصویر ۸ بیتی مغز نان، ج: تصاویر باینری مغز نان، د: آستانه‌گیری بر مبنای رنگ قرمز

بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ

جدول ۲- نشان دهنده اثر صمغ های قدومه شهری و زانتان بر خصوصیات فارینوگرافی و آمیلوگرافی آرد بدون گلوتن

Viscosity	GT	MTA	Stability	DDT	WA	نمونه
۱۹۵۰ ^a	۵۸/۴ ^{cd}	۴۵	۸/۷۵	۳/۷۵	۶۷/۵	WF
۱۱۷۰ ^e	۶۴/۳۸ ^a	*	*	*	*	SF
۱۵۰۰ ^c	۶۱/۴ ^b	*	*	*	*	SF+0.5%GG
۱۸۹۰ ^b	۵۹/۹ ^c	*	*	*	*	SF+1%GG
۱۱۷۰ ^e	۵۹/۵۱ ^c	*	*	*	*	SF+0.5%XG
۱۳۷۵ ^d	۵۷/۴ ^d	*	*	*	*	SF+1%GG

* = غیر قابل اندازه گیری توسط دستگاه فارینوگراف

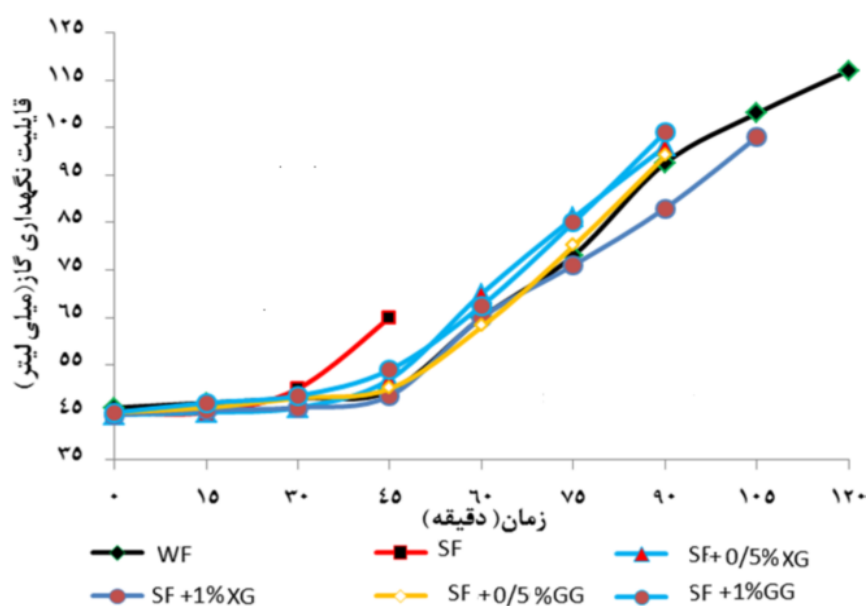
WF: آرد گندم (wheat flour); SF: آرد سورگوم (Sorghum flour); GG: صمغ قدومه شهری; XG: صمغ زانتان سورگوم (WA, درصد جذب آب (درصد); DDT, زمان توسعه خمیر (دقیقه); GT, دمای ژلاتیناسیون (درجه سانتی گراد); Viscosity, ویسکوزیته خمیر (برابندر)

جدول ۳- اثر صمغ های قدومه شهری و زانتان بر پارامتر های کیفی نان بدون گلوتن

ΔE	b*	a*	L*	حجم مخصوص	مقدار رطوبت نان	نمونه
صفر	۱۵ ^a	-۱۳ ^a	۷۱ ^a	۲/۷۴ ^a	۴۳/۳۴ ^a	WF
۲۸/۳۹	۸ ^b	-۳ ^c	۴۵ ^c	۱/۴۱ ^d	۴۱/۵۹ ^c	SF
۲۲/۵۸	۵ ^c	-۵ ^{bc}	۵۲ ^b	۱/۸ ^c	۴۱/۶۳ ^c	SF+0.5%GG
۱۹/۸۷	۶ ^{bc}	-۷ ^b	۵۳ ^b	۲/۰ ^b	۴۲/۷۸ ^b	SF+1%GG
۲۵/۴۱	۹ ^b	-۳ ^c	۴۸ ^{bc}	۱/۶۵ ^d	۴۱/۶ ^c	SF+0.5%XG
۲۱/۴۷	۷ ^{bc}	-۶ ^b	۵۳ ^b	۱/۹۳ ^{bc}	۴۱/۷۳ ^b	SF+1%GG

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد

WF: آرد گندم (wheat flour); SF: آرد سورگوم (Sorghum flour); GG: صمغ قدومه شهری; XG: صمغ زانتان



WF: آرد گندم (wheat flour); SF: آرد سورگوم (Sorghum flour); GG: صمغ قدومه شهری; XG: صمغ زانتان

نمودار ۱- اثر صمغ های قدومه شهری و زانتان بر خصوصیات نگهداری نان بدون گلوتن سورگوم

جدول ۴- اثر صمغ های قدومه شهری و زانتان بر پارامتر های ساختار مغز نان بدون گلوتن

نمونه	تعداد سلول ها	سطح کلی سلول ها	اندازه سلول ها	تخلخل
WF	۵۳۹ ^d	۸۳۵ ^c	۱۵/۵ ^a	۳۷/۳ ^d
SF	۶۸۵ ^d	۹۲۸۰ ^b	۱۳/۵ ^b	۵۱/۹۵ ^a
SF+0.5%GG	۹۱۶ ^c	۶۲۰۹ ^e	۶/۷ ^d	۴۸/۳ ^b
SF+1%GG	۹۲۹ ^c	۵۷۴۴ ^e	۶/۳ ^d	۴۷/۷۵ ^b
SF+0.5%XG	۱۱۲۶ ^b	۹۹۰۸ ^a	۸/۸ ^c	۵۰/۴۵ ^a
SF+1%GG	۱۴۱۲ ^a	۷۳۷۸ ^d	۵/۳ ^e	۴۴/۸ ^c

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد (میلی متر)
WF: آرد گندم (wheat flour); SF: آرد سورگوم (Sorghum flour); GG: صمغ قدومه شهری; XG: صمغ زانتان

جدول ۵- اثر صمغ های قدومه شهری و زانتان بر خصوصیات حسی نان بدون گلوتن سورگوم

نمونه	فرم و شکل ظاهری نان (وجود پارگی و حفره)	قابلیت جویدن	سفتی و نرمی بافت	پوکی و تخلخل	خصوصیات سطح	عطر و طعم و مزه	پذیرش کلی
WF	۴/۲ ^a	۴/۱ ^a	۴/۲ ^a	۴/۶ ^a	۴/۴ ^a	۴/۵ ^a	۴/۳ ^a
SF	۳ ^c	۲/۳ ^c	۱/۹ ^d	۲/۳ ^c	۱/۸ ^c	۱۳ ^c	۳ ^c
SF+0.5%GG	۲/۲ ^{bc}	۲/۳ ^c	۲/۱ ^d	۲/۳ ^{cd}	۳ ^c	۲/۳ ^c	۲/۳ ^{ec}
SF+1%GG	۲/۳ ^b	۲/۴ ^b	۲/۵ ^c	۲/۳ ^d	۲/۳ ^{bc}	۲/۵ ^b	۲/۴ ^c
SF+0.5%XG	۲/۱ ^c	۲/۵ ^b	۲/۶ ^{bc}	۲/۴ ^d	۲/۳ ^c	۲/۵ ^b	۲/۳ ^c
SF+1%GG	۲/۴ ^b	۲/۴ ^b	۲/۷ ^b	۲/۳ ^d	۲/۵ ^b	۲/۶ ^b	۲/۶ ^b

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد.
WF: آرد گندم (wheat flour); SF: آرد سورگوم (Sorghum flour); GG: صمغ قدومه شهری; XG: صمغ زانتان

بحث

مقدار جذب آب و سایر خصوصیات فارینوگرافی برای نمونه های حاوی آرد سورگوم و همچنین نمونه های سورگوم حاوی صمغ های قدومه شهری و زانتان در دستگاه برابندر قابل اندازه گیری نبود و هیچگاه نمودار به خط استاندارد ۵۰۰ برابندر نرسید. این در حالی است که خصوصیات فارینوگرافی آرد گندم قابل اندازه گیری بود و مقدار این پارامترها در جدول ۲ آورده شده است.

آنچه در تحقیقات دیده می شود، این است که بسیاری از پارامتر های فارینوگراف مانند جذب آب در نمونه های آرد سورگوم کاهش می یابد و افزودن صمغ ها منجر به افزایش و بهبود این پارامترهای کمی خواهد شد (Damodaran, 2006; Yousif et al., 2012; Belton et al., 2006).

همکاران، Salim-ur-Rehman و El-khalifa & Tiny نشان دادند که جایگزینی آرد سورگوم منجر به کاهش پارامترهای کیفی فارینوگراف شد (El-khalifa & El-Tiny, 2002; Salim-ur-Rehman et al., 2006).

نتایج مقایسه میانگین داده های مربوط به آزمون آمیلگرافی برای نمونه های مختلف در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به نتایج جدول ۲ ویسکوزیته نمونه حاوی آرد سورگوم در مقایسه با نمونه آرد گندم به طور معنی داری کاهش یافته است. کاهش ویسکوزیته در نمونه های حاوی آرد سورگوم احتمالاً به دلیل حذف پروتئین گلوتن و از هم پاشیده شدن شبکه گلوتنی است. با افزایش غلظت صمغ های زانتان و قدومه شهری، ویسکوزیته سوپانسیون آرد سورگوم افزایش یافت که این نشان دهنده ایجاد یک ساختار شبه گلوتنی در اثر استفاده از صمغ ها به شمار می آید. از طرفی سوپانسیون آرد سورگوم حاوی صمغ قدومه شهری در مقایسه با زانتان ویسکوزیته بالاتری داشت (جدول ۲). Sidhu و Bawa (۲۰۰۲) و Liu و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی را در ارتباط با تاثیر هیدروکلوئید بر ویسکوزیته خمیر بدست آوردند و نشان دادند که افزودن صمغ زانتان منجر به افزایش ویسکوزیته خمیر گردید (Sidhu & Bawa, 2002; Liu et al., 2002).

(2003).

نتایج مربوط به دمای ژلاتیناسیون نشان داد که نمونه حاوی آرد سورگوم در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم) دارای دمای ژلاتیناسیون بالاتری هستند (جدول ۲) علت افزایش دمای ژلاتیناسیون ناشی از افزایش نشاسته و در نتیجه کاهش میزان دسترسی آب است که باعث افزایش دمای ژلاتیناسیون می‌گردد (White *et al.*, 1989). افزودن صمغ‌های زانتان و قدامه شهری باعث کاهش دمای ژلاتیناسیون نشاسته شد (جدول ۲).

Shie & Bmiller علت کاهش دمای ژلاتیناسیون در اثر افزودن برخی از هیدروکلوئیدها را به واکنش بین نشاسته آرد (عمدتا آمیلوز نشسته کرده) و هیدروکلوئید نسبت دادند (Shi & Bemiller, 2002). Alam و همکاران (۲۰۰۹) در طی تحقیقی نشان دادند که افزودن صمغ زانتان و آگار باعث کاهش شدید دمای ژلاتیناسیون می‌گردد در حالی است که افزودن صمغ کتیرا دمای ژلاتیناسیون را افزایش داد (Alam *et al.*, 2009).

Farrero و همکاران (۱۹۹۹) تفاوت دمای ژلاتیناسیون نشاسته در نمونه‌های مختلف را به تفاوت در میزان در دسترس بودن آب برای ذوب آمیلوپکتین نسبت دادند (Farrero *et al.*, 1996). به طور کلی بالا بودن دسترسی آب برای آمیلوپکتین نشاسته باعث کاهش دمای ژلاتیناسیون می‌گردد (White *et al.*, 1989).

در ارتباط با خصوصیات نگهداری گاز مشخص شد که نمونه حاوی آرد سورگوم در مقایسه با نمونه حاوی آرد گندم دارای توانایی کمتری برای نگهداری گاز (حداکثر حجم ایجاد شده) است (نمودار ۱). علت این امر حذف پروتئین گلوتن و از بین رفتن شبکه به هم پیوسته گلوتنی و در نتیجه کاهش پایداری و ثبات خمیر می‌باشد (Banu *et al.*, 2012). نتایج تحقیق Mariotti و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که جایگزینی ۴۰ درصد آرد یولاف با آرد گندم باعث کاهش ۴۰ درصدی قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر شد (Mariotti *et al.*, 2006). نتایج مربوط به افزودن صمغ‌ها به خمیر بدون گلوتن آرد سورگوم نشان داد که صمغ‌ها می‌توانند باعث بهبود قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر شوند. (شکل ۲). علت بهبود قابلیت نگهداری گاز با افزایش درصد صمغ‌های قدامه شهری و زانتان به

دلیل ایجاد یک شبکه شبه گلوتنی در سوسپانسیون مورد نظر است. از طرف دیگر، افزایش قابلیت نگهداری گاز با افزایش صمغ‌ها می‌تواند به علت افزایش پایداری و میزان نفوذپذیری^۱ دیواره سلول‌های گازی باشد که این عامل نیز متاثر از ویسکوزیته خمیر است. نتایج تحقیق Shittu و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که افزودن یک درصد صمغ زانتان باعث افزایش قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر شد، اما حضور ۲ درصد صمغ زانتان در خمیر، قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر را کاهش داد (Shittu *et al.*, 2009).

همان گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، میزان رطوبت نان در نمونه‌های آرد سورگوم به طور معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد کمتر است ($P < 0.05$) (جدول ۳). از آنجا که آرد سورگوم فاقد پروتئین گلوتن می‌باشد (Damodaran, 2008). و پروتئین‌های موجود در آرد سورگوم (کافرین) دارای طبیعت هیدروفوب می‌باشند (Belton *et al.*, 2006). از این رو آرد سورگوم نمی‌تواند با مقادیر زیادی آب اتصال برقرار کند، لذا به نظر می‌رسد که کاهش مقدار رطوبت در نمونه‌های آرد سورگوم مربوط به این خصوصیات از آرد سورگوم باشد. بنابراین مقدار رطوبت در نمونه‌های حاوی آرد سورگوم کاهش یافت. افزایش سطوح صمغ‌های قدامه شهری و زانتان در نان سورگوم باعث افزایش رطوبت نمونه‌ها گردید. صمغ‌های قدامه شهری و زانتان از قدرت جذب و قابلیت نگهداری آب بالایی برخوردارند (جدول ۲)، لذا این ویژگی می‌تواند دلیل عمده این افزایش معنی‌دار در رطوبت نمونه‌ها با افزایش سطح صمغ‌ها باشد. McCarty و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که صمغ‌ها به دلیل طبیعت آب دوست خود با آب برهمکنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آب در سیستم می‌شوند که همین امر در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرایند پخت و نگهداری موثر است. Rosell و همکاران (۲۰۰۱) و Guarda و همکاران (۲۰۰۳) نیز به نتایج مشابهی در ارتباط با اثر صمغ زانتان بر رطوبت نان دست یافتند. این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش سطح صمغ زانتان میزان رطوبت نان افزایش یافت (Rosell *et al.*, 2001; Guarda *et al.*, 2003).

¹ Permeability

براساس نتایج ΔE مشخص شد که جایگزینی آرد سورگوم باعث افزایش میزان تغییر رنگ پوسته نان شد. و افزایش صمغ‌های قدومه شهری و زانتان با بهبود رنگ پوسته نان منجر به نزدیکی رنگ نمونه آرد سورگوم به نمونه شاهد گردید.

براساس نتایج مربوط به خصوصیات ساختار مغز نان مشخص شد که تعداد کل سلول‌ها در نمونه‌های حاوی آرد سورگوم بیشتر از نمونه شاهد است، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P < 0.05$) (جدول ۴). از طرفی افزودن صمغ‌ها به نان بدون گلوتن باعث افزایش تعداد کل سلول‌ها شد، به طوری که در تمام نمونه‌های حاوی صمغ، تعداد کل سلول‌ها نسبت به نمونه‌های فاقد صمغ (نان بدون گلوتن فاقد صمغ) افزایش یافت. افزایش تعداد سلول‌ها با افزایش صمغ می‌تواند به دلیل تاثیر صمغ‌ها بر پایداری سلول‌های گازی از طریق تشکیل یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها باشد. حضور این لایه در سطح سلول‌ها باعث کاهش به هم پیوستن سلول‌های گازی می‌شود (Ozge Ozkoc et al., 2009). بنابراین، نمونه‌های حاوی صمغ، تعداد سلول‌های بیشتر و اندازه کوچک‌تری خواهند داشت.

سطح کلی سلول‌ها در نمونه حاوی آرد سورگوم افزایش یافت ($P < 0.05$) (جدول ۴). علت این افزایش، پایین بودن ویسکوزیته در نمونه حاوی آرد سورگوم و در نتیجه ایجاد تعداد زیادی سلول‌های نامنظم و بزرگ که باعث افزایش سطح کلی سلول‌ها می‌شود، است. افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان هر چند باعث افزایش تعداد کل سلول‌ها شد، اما به دلیل کاهش قابل توجه اندازه حفرات (به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم اطراف سلول‌ها گاز ناشی از وجود صمغ)، منجر به کاهش سطح کلی سلول‌ها شد (جدول ۴). اندازه حفرات در نان بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد دارای اندازه بزرگ‌تری‌اند. افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان به نمونه بدون گلوتن منجر به کاهش اندازه حفرات هوا شد (جدول ۴). صمغ‌ها از طریق کاهش به هم پیوستن سلول‌های گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری سلول‌های گازی گشته، بنابراین هر سلول به طور مجزا و جداگانه باقی مانده و اندازه آن کوچک‌تر خواهد ماند (Ozge Ozkoc et al., 2009).

با توجه به نتایج اندازه‌گیری حجم مخصوص، حجم ویژه نان در نان حاوی آرد سورگوم در مقایسه با نمونه شاهد از مقدار کمتری برخوردار بود این بدین معنی است که در نمونه‌های حاوی آرد سورگوم مقدار حجم ویژه نان کاهش یافت. از طرفی افزودن صمغ شهری و زانتان منجر به افزایش حجم ویژه نان بدون گلوتن شد ($P < 0.05$) (جدول ۳). علت افزایش حجم ویژه با افزایش غلظت صمغ‌ها احتمالاً به دلیل ایجاد یک شبکه شبه گلوتنی در نمونه مورد نظر می‌باشد.

باتوجه به نتایج آزمون رنگ سنجی سطح نان (جدول ۳) فاکتور L^* که نشان دهنده روشنی رنگ است، به علت وجود رنگدانه و بالا بودن فیبر موجود دردانه سورگوم (Phattanakulkaewmorie et al., 2011). در نمونه‌های حاوی آرد سورگوم در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم) به طور معنی‌داری کاهش یافت. از طرفی در نمونه‌های حاوی آرد سورگوم فاکتور a^* که نشان دهنده میزان قرمزی نان است، به طور معنی‌داری افزایش نشان می‌دهد. ($P < 0.05$) (جدول ۳). این بدین معنی است که با نمونه‌های حاوی آرد سورگوم رنگ پوسته نان تمایل به رنگ قرمز پیدا می‌کند. همچنین فاکتور b^* در نمونه حاوی آرد سورگوم به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$) (جدول ۳). که نشان دهنده کاهش میزان زردی نان کاسته می‌باشد. دلیل افزایش فاکتور a^* به علت وجود رنگدانه قرمز رنگ در پوست دانه‌های سورگوم و همین عامل نیز احتمالاً علت کاهش مقدار b^* می‌باشد.

افزودن صمغ قدومه شهری و زانتان به نان بدون گلوتن سورگوم باعث افزایش مقدار روشنایی سطح پوسته نان بدون گلوتن شد ($P < 0.05$) (جدول ۳). این افزایش روشنایی در نمونه حاوی آرد سورگوم احتمالاً به دلیل بهتر شدن سطوح نان و کاهش بی‌نظمی و چین چروک‌های ناشی از عدم وجود گلوتن در آرد سورگوم است. از آنجا که تغییرات سطح نان، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مولفه L^* دارد (Purlis & Salvadori, 2009). بنابراین هر چه سطح نان داری چین چروک کمتر باشد مقدار روشنایی آن بیشتر خواهد بود. مولفه‌های a^* و b^* با افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان تغییر معنی‌داری نکرد (جدول ۳).

بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ

هیدروکلوئیدها تا حدودی منجر به بهبود کیفیت رئولوژیکی و حسی نان‌های بدون گلوتن گردید اما قادر به جبران عدم حضور گلوتن نگردید. بررسی دو هیدروکلوئید نیز نشان داد که در بسیاری از خصوصیات مشابه عمل می‌کنند بنابراین امکان استفاده از قدومه شهری به عنوان یک صمغ بومی برای بهبود کیفیت نان‌های بدون گلوتن وجود دارد.

منابع

AACC. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemist, 10th edition.

Abdelghafor, R. F., Mustafa, A. I., Ibrahim, A. M. H. & Krishnan, P. G. (2011). Quality of bread from composite flour of sorghum and hard white winter wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 9-15.

Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix S. B., Hess W. M. & Huber, C. S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopicevaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*, 82, 328-335.

Alam, F., Siddiqui, A., Lutfi, Z. & Hasnain, A. (2009). Effect of differenct hydricolloids on gelainization behavior of hard wheat flour. *Trakia Journal of Sciences*, 7, 1, 1-6.

Anton, A. & Artfield, S. (2008). Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 59(1), 11-23.

Armero, E. & Collar, C. (1996). Anti-staling Additives. Flour type and sourdough process effect on functionality of wheat dough's. *Journal of Food Science*, 61, 299-303.

Awika, J. M. & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health *Phytochemistry* 65 (9), 1199-1221.

Banu, I., Stoenscu, G., Ionescu, V. S. & Aprodu, I. (2012). Effect of the addition of wheat bran sream on dough rheology and bread quality. *Food Technology*, 36(1), 39-52.

Belton, P. S., Delgadillo, I., Halford, N. G. & Shewry, P. R. (2006). Kafirin structure and functionality. *Journal of Cereal Science*, 44(3), 272-286.

Carson, L. C. & Sun, X. S. (2000). Breads from white grain sorghum: Effects of SSL, DATEM, and xanthan gum on sorghum bread volume. *Appl. Eng. Agric.*, 16, 431-436.

Ciclitira, P. J., Ellis, H. J. & Lundin, E. A. (2005). Gluten-free diet what is toxic?. *Best*

یکی دیگر از پارامترهای مهم مغز نان، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز نان دارد و یکی از عوامل تاثیر گذار در تعیین خواص کیفی مغز نانم حسوب می‌شود (Armero & Collar, 1996). نتایج نشان داد که تخلخل در نمونه‌های بدون گلوتن افزایش یافت (جدول ۴). علت این امر کاهش میزان پروتئین گلوتن و از بین رفتن شبکه به هم پیوسته گلوتنی و در نتیجه ایجاد سلول‌های گازی نامنظم و بزرگ که باعث افزایش میزان تخلخل غیرواقعی می‌شود، می‌باشد. همچنین افزودن صمغ‌ها در نمونه‌های بدون گلوتن حاوی آرد سورگوم باعث کاهش تخلخل گردید. در نمونه‌های بدون گلوتن هر چند افزودن صمغ‌ها باعث افزایش تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن‌ها می‌شود (جدول ۴)، اما به دلیل کاهش قابل توجه اندازه سلول‌های گازی (جدول ۴) میزان تخلخل به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$).

به طور کلی نان بدون گلوتن حاصل از آرد سورگوم از نظر پذیرش نمره مناسبی کسب نکرد و در مقایسه با نمونه شاهد از قابلیت پذیرش بسیار پائین‌تری برخوردار بود. در نمونه‌های بدون گلوتن استفاده از غلظت‌های قدومه شهری و زانتان منجر به بهبود خصوصیات حسی شد، از آنجا که با افزایش سطح هر یک از صمغ‌ها، رطوبت محصول افزایش می‌یابد و حفرات مغز نان ریزتر و یکنواخت‌تر می‌شود، افزایش امتیاز حسی نمونه‌ها با افزایش سطح صمغ دور از انتظار نمی‌باشد. نتایج تحقیقات Armero & collar نیز نشان داد که هیدروکلوئیدها با تاثیر بر روی ساختار نشاسته سبب بهبود توزیع آب و نگهداری آب و در نتیجه باعث بهبود بافت فراورده‌های پخت می‌شوند (Armero & Collar, 1996).

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصله مشخص شد که افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان سبب بهبود بافت از طریق افزایش تعداد سلول‌های گازی شد که نشان دهنده ایجاد شبکه‌های شبه گلوتنی در اثر افزودن صمغ‌های قدومه شهری و زانتان می‌باشد. نان‌های بدون گلوتن تولید شده با استفاده از آرد سورگوم به لحاظ کیفیت در درجه پایتتری نسبت به نان‌های معمولی قرار داشت و در مجموع نسبت به نان گندم از امتیاز حسی پائین‌تری برخوردار بود. استفاده از

Practice and Research Clinical Gastroenterology, 19(3), 359-371.

Damodaran, S. (2008). Amino acids, peptides and proteins. In S. Damodaran, K. Parkin, and S. Nielsen (Eds.), Food chemistry, 4th ed. London: CRC Press.

Elkhalifa A. O. & El-Tinay A. H. (2002). Effect of cysteine on bakery products from wheat-sorghum blends. Food Chem, 77, 133-137.

Farrero, C., Martino, M. N. & Zaritzky, N. E. (1996). Effect of hydrocolloids on starch thermal transitions, as measure by DSC. Journal of Thermal Analysis, 47, 1247-1266.

Gallagher, E., Gormley, T. R. & Arendt, E. K. (2004). Crust and crumb characteristics of gluten-free breads. Journal of Food Engineering, 56, 153-161.

Gambus, H., Nowotna, A., Ziobro, R., Gumul, D. & Sikora, M. (2001). The effect of use of guar gum with pectin mixture in gluten-free bread. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 4, art 09.

Guarda A., Rosell C. M., Bénédictob, C. & Galotoc, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloid, 18, 241-247.

Koocheki, A., Ali Reza Taherian, A. R., Razavi, M. A. & Bostan, A. (2009). surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from *Lepidium perfoliatum* seeds, Food Hydrocolloids, 23, 2369-2379.

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

Liu, H., Eskin, N. A. M. & Cui, S. W. (2003). Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage. Food Hydrocolloids, 17, 863-869.

Marco, C. & Rosell, C. M. (2008). Bread making performance of protein enriched, gluten-free breads. European Food Research and Technology, 227, 1205-1213.

Mariotti, M., Lucisano, M. & Pagani, M. A. (2006). Development of a baking procedure for the production of oat-supplemented wheat bread. International Journal of Food Science and Technology, 41, 151-157.

McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormely, T. R., Schober, T. J. & Arendt, E. K. (2005). Application of response surface methodology

in the development of gluten free bread. Cereal Chemistry, 82, 609-615.

Mezaize, S., Chevallier, S., LeBail, A. & DeLamballerif, M. (2009). Optimization of gluten-free formulations for french-style breads. Journal of Food Science, 74, 140-146.

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 Chemistry, 81, 567-575.

Mustalahti, K., Catassi, C., Reunanen, A., Fabiani, E., Heier, M., McMillan, S., Murray, L., Metger, M. H., Gasparin, M., Bravi, E. & Mäki, M. (2010). The prevalence of celiac disease in Europe: results of a centralized international mass screening project. Annals of Medicine, 42, 587-595.

Niewinski, M. (2008). Advances in celiac disease and gluten-free diet. Journal of the American Dietetic Association, 108, 661-672.

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

Phattanakulkaewmorie, M., Paseephol, T. & Moongngarm, A. (2011). Chemical Compositions and Physico-Chemical Properties of Malted Sorghum Flour and Characteristics of Gluten Free Bread. World Academy of Science, Engineering and Technology, 57, 454-460.

Purlis, E. & Salvadori, V. (2009). Modelling the browning of bread during baking. Food Research international, 42, 865-1445.48

Rosell, C. M., Rogas, J. A. & Barber, C. B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids, 15, 75 – 81.

Salim-ur-Rehman, A. M., Bhatti, I., Shafique, R., Mueen-ud-Din, G. & Murtaza, M. (2006). Effect of pearling on physico-chemical, rheological characteristics and phytate content of wheat-sorghum flour. Pakistan Journal of Botany, 38(3), 711-719.

Sanchez, H. & Osella, C. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. Journal of Food Science, 67, 416-419.

Shi, X. & BeMiller, J. N. (2002). Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. Carbohydrate Polymers, 50, 7-18.

Shittu, T. A., Aminu, R. A. & Abulude, E. O. (2009). Functional effects of xanthan gum

on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids, 23, 2254-2260.

Sidhu, J. P. S. & Bawa, A. S. (2002). Dough characteristics and baking studies of wheat flour fortified with xanthan gum. International Journal of Food Properties, 5, 1-11.

Thompson, T. (2001). Wheat starch, gliadin and the gluten-free diet. Journal of American Dietetic Association, 101(12), 1456-1459.

Vincenzi, M. D., Silano, M., Luchetti, R., Carrati, B., Boniglia, C. & Pogna, N. (1989). Agglutinating activity of alcohol-soluble proteins from quinoa seedflour in celiac disease. Plant Foods Hum. Nutr., 54, 93-100.

White, R. J., Abbas, I. R. & Johnson, L. A. (1989). Freeze-thaw stability and refrigerated storage retrogradation of starches. Starch/Stärke, 41, 176-180.

Yaseen, A. A., Shouk, A. H. & Ramadan, M. T. (2010). Corn-Wheat Pan Bread Quality as Affected by Hydrocolloids. Journal of American Science, 6(10), 20-28.

Yousif, A., Nhepera, D. & Johnson, S. (2012). Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. Food Chemistry 134, 880-887.