



## تأثیر افزودن صمغ بالنگوشیرازی بر ویژگی های تکنولوژیکی و حسی نان قالبی بدون گلوتن بر پایه

## آرد ذرت

مهدی جلالی<sup>۱</sup>، زهرا شیخ الاسلامی<sup>۲</sup>، امیر حسین الهامی راد<sup>۱</sup>، محمد حسین حداد خداپرست<sup>۳</sup>، مهدی کریمی<sup>۲</sup>

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

## چکیده

## اطلاعات مقاله

استفاده از جایگزین های مناسب گلوتن نظیر صمغ ها می تواند در تولید محصولات فاقد این پروتئین برای افراد دچار بیماری مزمن سیلیاک مفید واقع شود. هدف از این تحقیق، بررسی ویژگی های نان قالبی تولید شده بر پایه آرد ذرت و افزودن صمغ بالنگوشیرازی در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ گرم) بود. بدین منظور از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد ( $P < 0.05$ ). براساس نتایج حاصل شده نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بالنگوشیرازی دارای بیشترین میزان تخلخل (۱۸/۵ درصد) و کمترین سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت (۶/۵ نیوتن) در سطح مصرفی ۱ درصد و ۷۲ ساعت پس از پخت (۱۰/۶ نیوتن) در سطح مصرفی ۲ درصد صمغ به دست آمد. همچنین با بیشتر شدن سطح مصرف صمغ، افزایش مولفه رنگی  $L^*$  و عدم تغییر معنی دار در دو مولفه رنگی  $a^*$  و  $b^*$  پوسته و بافت درونی نان تولیدی حاصل شدند. مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد که با افزایش میزان صمغ بالنگوشیرازی باعث تشکیل ساختاری شبکه مانند شده و فشردگی بیشتری را بر دیواره نان تولیدی می تواند وارد نماید. در نهایت با بررسی نتایج حاصله از آزمون حسی، نمونه حاوی ۱ درصد صمغ در مقایسه با دیگر نمونه ها، امتیاز بیشتری را از جانب ارزیابان حسی کسب نمود.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵

کلمات کلیدی:

صمغ بالنگو شیرازی،

آرد ذرت،

خواص کیفی،

ریز ساختار.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.105

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.15.0

\* مسئول مکاتبات:

shivasheikholeslami@yahoo.com

## ۱- مقدمه

کیفیت آرد محصولات صنایع پخت به کیفیت و کمیت پروتئین گلوتن موجود در آن بستگی دارد. پروتئین گلوتن ۸۵-۸۰ درصد کل پروتئین گندم را تشکیل داده و مسئول خصوصیات الاستیک خمیر نان می باشد [۱]. با این حال افزایش تقاضا برای محصولات بدون گلوتن با توجه با افزایش ظاهری یا واقعی بیماری عدم تحمل به گلوتن یا همان سلیاک وجود دارد. بیماری سلیاک التهاب روده کوچک است که منجر به سوءجذب مواد مغذی و آسیب مخاط روده می گردد و تنها درمان موثر برای آن پابندی به رژیم غذایی فاقد گلوتن در طول زندگی می باشد [۲]. جزء گلیادینی گلوتن در ایجاد خواص ویسکوز و کشش پذیری خمیر نقش دارد این در حالی است که جزء گلوئتینی آن عامل مؤثری در ایجاد خواص الاستیک، قدرت و استحکام در خمیر می باشد. در واقع از گلوتن تحت عنوان پروتئین ساختمانی جهت تولید نان، کیک، کلوچه و بیسکویت یاد می شود و فقدان آن در محصولات بدون گلوتن سبب تولید فرآورده ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و تخلخل کم می شود [۳]. بنابراین استفاده از جایگزین های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلئیدها، نشاسته ها، آنزیم ها و پروتئین ها آردهای بدون گلوتن، مکمل های پروتئینی گیاهی و حیوانی و فناوری های جایگزین مانند تخمیر خمیر ترش، در تهیه این دسته از محصولات امری ضروری است [۱ و ۴].

با پیشرفت علم و توجه جهانیان به تاثیر زیان بار استفاده از ترکیبات شیمیایی و مواد سنتتیک، جهان دوباره به استفاده از فرآورده های گیاهی روی آورده است [۵]. یکی از این افزودنی ها، صمغ استخراج شده از دانه های بومی نظیر بالنگوشیرازی است. نتایج تحقیق بر روی خصوصیات رئولوژیکی، فعال سطحی و ساختاری صمغ دانه بالنگو نشان داد که این صمغ حاوی ۸/۵۱٪ رطوبت، ۸/۲۴٪ خاکستر، ۲/۷۱٪ پروتئین، ۷۵/۸۷٪ کربوهیدرات و ۲۰/۳۳٪ اورونیک اسید است [۶]. به علاوه دانه بالنگو دارای موسیلاژ است که در درمان اختلالات گوناگون نظیر برخی بیماری های عصبی، کبدی و کلیوی به کار می رود و از دانه آن جهت رفع خونریزی لثه ها، بیماری های روانی، گوارشی تقویت کبد و همچنین به عنوان تقویت کننده و محرک استفاده سستی دارد. این گیاه در بین داروهای محلی ایران، نوعی داروی خلط آور و

نیز به عنوان لینت بخش در رفع سرفه ناشی از سرماخوردگی کارایی دارد [۷].

تحقیقات نسبتاً گسترده ای در زمینه صمغ های گوناگون و به ویژه صمغ بالنگوشیرازی و همچنین تاثیر آن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی محصولات غله ای به خصوص نان صورت گرفته است [۸، ۹ و ۱۰]. با جذب آب میزان بالایی موسیلاژ ایجاد شده که به عنوان یک صمغ با وزن مولکولی و ویسکوزیته ذاتی بالا نسبت به سایر هیدروکلئیدها شناخته می شود. از نظر خواص رئولوژیکی دانه بالنگو در سرعت برشی ثابت رفتار رقیق شونده با برش دارد و یک ژل ضعیف در غلظت های بالا ایجاد می کند. این صمغ رفتار سودوپلاستیک دارد و در سرعت های برشی پایین گرانروی بالایی نشان می دهد. براساس رفتار رئولوژیکی مشابه صمغ زانتان است. این صمغ بومی می تواند جایگزین صمغ های متداول در صنعت شود [۶].

حذف گلوتن منجر به داشتن یک ماتریس پروتئین ضعیف، که قادر به گسترش و حفظ گاز نیست و در نتیجه، خمیر ضعیف با نفوذپذیری بالا به دی اکسید کربن و مشکلات پیچیده تر در حفظ ساختار که باعث کاهش حجم می گردد. فقدان گلوتن باعث اختلال در ظرفیت نگهداری آب از نان که منجر با ساختار خرد شونده و بیاتی سریع می گردد. علاوه بر این، با توجه به استفاده متداول از نشاسته در فرمولاسیون و زمان کوتاه تصحیح، نان بدون گلوتن دارای رنگ و عطر و طعم ضعیف می باشد. نان تجاری بدون گلوتن عمدتاً مبتنی بر نشاسته بوده که در نتیجه، فاقد فیبر، ویتامین ها و مواد مغذی است [۱۱].

نقی پور و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه در زمینه اثر افزودن پودر شیر سویا به منظور تولید کیک بر پایه آرد سورگوم به این نتیجه رسیدند که افزودن پودر شیر سویا بخصوص در سطح ۵ درصد در فرمولاسیون اولیه کیک روغنی بدون گلوتن، قابلیت بهبود وزن مخصوص خمیر، تخلخل، حجم مخصوص، بافت در دو بازه زمانی ۲ ساعت و یک هفته پس از پخت و ویژگی های حسی کیک روغنی بدون گلوتن را در پی داشت [۱۲]. حسن پور و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر صمغ بومی بالنگوشیرازی و آرد جو دوسر بر خصوصیات کیفی نان بربری نیمه حجیم را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد در حضور این ترکیبات، میزان رطوبت محصول نهایی در دو بازه

شد تا خشک شود. در نهایت نمونه تولیدی آسیاب و الک (مش ۳۰) شد تا پودرهای کاملاً یکنواختی به دست آمد [۱۴].

## ۲-۳- آزمون بافت سنجی خمیر

بافت‌سنجی خمیر با استفاده از دستگاه بافت‌سنج<sup>۲</sup> مدل (CNS Farnell) انجام شد. به منظور ارزیابی بافت خمیر مطابق دستورالعمل دستگاه ۱۰۰ گرم خمیر تهیه شده را با استفاده از ابزار مخصوص که شامل یک ظرف و یک درب مجهز به سوزن‌های متعددی است عاری از گاز کرده و در دهان ظرف به صورت قرصی با ضخامت ۱۰ میلی‌متر در آورده و سپس قرص خمیر زیر پروب دستگاه که ۱۰ میلی‌متر قطر داشت قرار گرفت و با استفاده از آزمون فشردن با سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه مقدار نیروی لازم برای سوراخ کردن خمیر به عنوان سفتی خمیر ثبت شد [۱۵].

## ۲-۴- تهیه خمیر و تولید نان

برای تهیه خمیر نان بر پایه ۱۰۰ گرم آرد ذرت از فرمولی شامل؛ آرد (۱۰۰ گرم)، آب (۱۰۰ گرم) یا برابر با وزن آرد ذرت، نمک (۱/۵ گرم)، شکر (۱ گرم)، پودر سفیده تخم مرغ (۰/۵ گرم) و پودر لسیتین (۰/۷۵ گرم)، مخمر ساکارومایسس سروزیه (۲ گرم)، صمغ گوار (۰/۷ درصد) و سطوح متفاوت صمغ بالنگوشیرازی (صفر، ۱ و ۲ گرم) استفاده شد. تهیه خمیر در این مطالعه به روش مستقیم و نان تولیدی از نوع قالبی بود. در پخت نان قالبی مواد اولیه در مخزن هم‌زن (مدل Spiral، تایلند) به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شده، سپس خمیر به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به منظور تخمیر اولیه قرار گرفته و در مرحله بعد خمیر به قطعات ۸۰ گرمی تقسیم و داخل قالب چرب شده مخصوص به مدت ۱۰ دقیقه به خمیر استراحت داده شد (مرحله تخمیر میانی)، سپس قالب‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در انکوباتور با درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد به منظور مرحله تخمیر نهایی قرار گرفت. در نهایت در فر گردان آزمایشگاهی دقیق (مدل Zuccihelliformi، ایتالیا) با درجه حرارت ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۳ دقیقه عملیات پخت انجام گردید. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۱۰].

زمانی یک و سه روز پس از پخت افزایش یافت به طوری که نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد جو دوسر و ۰/۶ درصد صمغ بالنگوشیرازی بیشترین میزان رطوبت را در بین نمونه‌های تولیدی داشته و در نهایت توانست میزان سفتی بافت طی بازه‌های زمانی یک، سه و هفت روز پس از پخت را کاهش دهد [۱۳]. این تحقیق با هدف بررسی تاثیر سطوح متفاوت صمغ بالنگوشیرازی بر خصوصیات کیفی و حسی نان قالبی بدون گلوتن بر پایه آرد ذرت انجام شد و میزان رطوبت، تخلخل، بافت، مولفه‌های رنگی پوسته و خواص حسی نان تولیدی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

آرد ذرت (با مشخصات ۹/۳ درصد رطوبت، ۹/۴ درصد پروتئین، ۳/۳ درصد چربی و ۲/۶ درصد خاکستر) از کارخانه گل‌ها (تهران-ایران) خریداری شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. صمغ گوار (شرکت رودیا، فرانسه)، مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سروزیه<sup>۱</sup>) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و به صورت بسته‌بندی و کیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران)، پودر لسیتین از شرکت طوس ارژن (مشهد، ایران)، پودر سفیده تخم مرغ از شرکت گل پودر گلستان (گرگان، ایران)، شکر، نمک و روغن نباتی مایع از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی و سایر مواد شیمیایی از شرکت (مرک، آلمان) و دانه بالنگوشیرازی از بازار محلی خریداری و مصرف گردید.

### ۲-۲- تهیه آرد ذرت پیش‌ژلاتینه با مایکروویو

به منظور تهیه آرد ذرت پیش‌ژلاتینه، ابتدا ۱۲ گرم آرد در ۲۰ میلی‌لیتر آب درون ظرف شیشه‌ای درب‌دار ریخته و سپس در حمام آب گرم (مدل W350b، شرکت فاطر الکترونیک، ایران) با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه همزده شد. در ادامه مخلوط حاصله در مدت زمان ۵ دقیقه درون مایکروویو خانگی (مدل MC-789Y شرکت LG، کره جنوبی) با توان ۳۶۰ وات و فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز قرار داده

## ۲-۵- آزمون رطوبت

برای این منظور نمونه‌های مورد نظر در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، در آون (مدل OF-O2G، شرکت Jeto Tech، کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۱۶].

## ۲-۶- آزمون تخلخل

بررسی تخلخل بافت درونی نان (برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر) در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت با استفاده از تکنیک پردازش تصویر انجام شد. تصویربرداری از بافت درونی نان به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل انجام شد. سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار 'Image J قرار گرفت و پس از تهیه تصاویر سطح خاکستری<sup>۲</sup> و در ادامه تصاویر دودویی<sup>۳</sup>، با فعال کردن قسمت آنالیز نرم‌افزار، درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱۷].

## ۲-۷- آزمون حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه‌های نان بدون گلوتن از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا<sup>۴</sup> مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. لازم به ذکر است جهت بررسی حجم مخصوص نسبت حجم (سانتی‌متر مکعب) به جرم (گرم) محاسبه گردید. همچنین این آزمون در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت انجام شد. قطعه نان مورد استفاده جهت اندازه‌گیری حجم و جرم و در نهایت حجم مخصوص دارای ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر بود و از مرکز هندسی نان تهیه گردید [۱۶].

## ۲-۸- آزمون بافت

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (QTS مدل UK، شرکت CNS Farnell، انگلستان) انجام گرفت. بدین منظور یک نمونه ۲۵ میلی‌متری از قسمت مرکزی نان جدا گردید. با استفاده از پروب به قطر ۲۱ میلی‌متر، آزمون فشاری (تراکم) در سرعت ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام و عدد سفتی نان در بازه زمانی مورد نظر براساس نیوتن گزارش شد [۱۸].

## ۲-۹- آزمون مولفه‌های رنگی پوسته و بافت

### درونی

برای اندازه‌گیری سه شاخص  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از پوسته و بافت نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از چاقو اره‌ای برقی ۱۲۰ وات مدل ۴۱۶۰۰ تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل G3010، شرکت HPscanjet، آمریکا) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۱۹].

## ۲-۱۰- تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی

### نان تولیدی

برای بررسی ساختار نان با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (MIRA3، شرکت TESCAN، جمهوری چک) از مغز نان نمونه‌هایی به شکل مکعب‌های کوچک به ابعاد ۲/۵ × ۲/۵ × ۲/۵ سانتی‌متر جدا شد و در نیتروژن مایع، منجمد شد و سپس با خشک‌کن انجمادی (CHRist، مدل I-4 LD، آلمان) به روش خشک کردن انجمادی خشک شد. نمونه‌های خشک انجمادی شده تحت خلاء و تحت بخارات طلا توسط دستگاه لایه نشان طلا (EMITECH، K450X، انگلستان) قرار داده شد، بنابراین با طلا پوشش داده شدند و نمونه‌ها رسانا گردیدند، در نتیجه شرایط برای گرفتن عکس مناسب، فراهم شد. تصاویر میکروساختاری نمونه‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی با ولتاژ ۱۰ kv و با سطح بزرگنمایی ۵۰۰×، ثبت گردیدند [۲۰].

## ۲-۱۱- آزمون ویژگی‌های حسی

برای انجام آزمایش حسی ۱۰ داور انتخاب و از طریق آزمون مثلی مطابق با روش گاسولا<sup>۵</sup> و روش امتیازدهی هدونیک ۵ نقطه‌ای نمونه‌ها ارزیابی شدند. خصوصیات از جمله سطح بالایی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و فرم و شکل ارزیابی شدند [۲۱]، در نهایت با داشتن ضرایب رتبه ای، امتیاز کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید.

$$Q = \frac{\sum(P \times G)}{\sum P} \quad \text{رابطه (۱)}$$

1. Image Processing and Analysis in Java
2. Gray level images
3. Binary Images
4. Rape seed displacement

5. Gacula

خمیر افزایش می‌یابد که این افزایش ضخامت سبب افزایش سفتی بافت خمیر می‌شود و پروب دستگاه بافت‌سنج جهت نفوذ به بافت خمیر به نیروی بیشتری نیاز خواهد داشت و سفتی بیشتری را گزارش خواهد نمود. در تحقیق حاضر هر دو سطح مصرفی صمغ (۱ و ۲ درصد) موجب تولید خمیری با سفتی بیشتر نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگوشیرازی) شدند، اما از آنجا که بافت خمیر نمونه حاوی ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی سفت‌تر از نمونه حاوی ۱ درصد از این صمغ بود، می‌توان احتمال داد که ضخامت حباب‌های موجود در بافت خمیر در نمونه حاوی ۲ درصد صمغ بیشتر از نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بوده است و همین امر موجب مقاومت بیشتر خمیر نمونه حاوی ۲ درصد صمغ در برابر نفوذ پروب دستگاه بافت‌سنج شده است ( $P < 0.05$ ) (شکل ۱). کروکت و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی خمیر نان بدون گلوتن حاوی صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد پرداختند. نتایج این محققان بیانگر کاهش مقاومت خمیر و سفتی بافت آن بود. علت این امر افزایش آب در دسترس خمیر و ایجاد شبکه گلوتن مانند گزارش شد [۲۲].

$Q =$  پذیرش کلی (عدد کیفیت نان)،  $P =$  ضریب رتبه صفات و  $G =$  ضریب ارزیابی صفات.

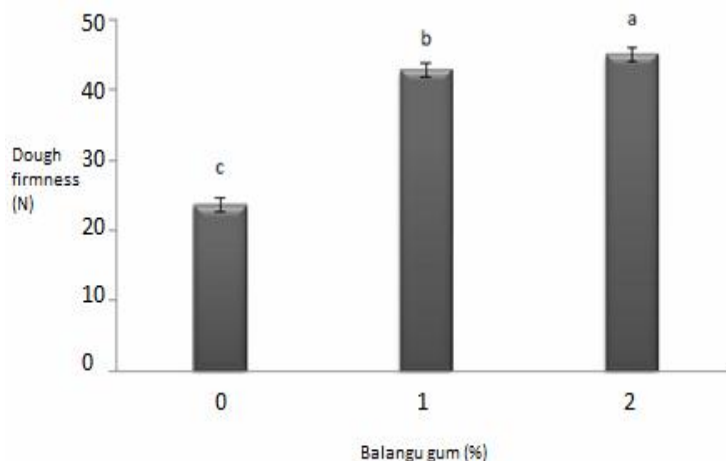
## ۱۲-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تحلیل آماری داده‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی و با ۳ تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ در سطح معنی‌داری ۵ درصد صورت گرفت و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

## ۳- نتایج و بحث

### ۱-۳- سفتی خمیر

نتایج حاکی از آن بود که خمیرهای حاوی صمغ بالنگوشیرازی (در هر دو سطح مصرفی ۱ و ۲ درصد) نسبت به نمونه فاقد آن دارای بافت سفت‌تری بودند. علت این امر به توانایی هیدروکلوئیدها در جذب آب و تشکیل شبکه ژل مانند و به عبارتی شبکه‌ای جایگزین شبکه گلوتن در بافت خمیر بر می‌گردد. با افزودن صمغ و افزایش سطح آن به فرمولاسیون خمیر نان بدون گلوتن، ضخامت حباب‌های گازی موجود در



**Fig 1** Independent effect of different levels of gum on the firmness of bread dough  
Similar words in each column don't have a significant difference statistically in  $P < 0.05$  level.

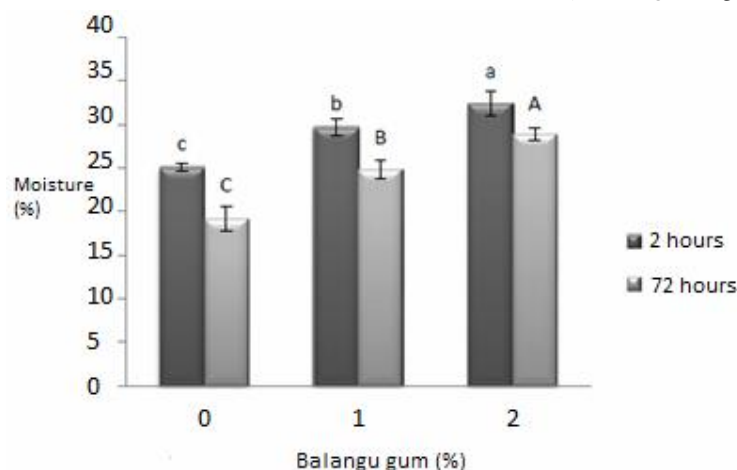
بالنگوشیرازی به طور معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد بیش از نمونه شاهد بود ( $P < 0.05$ ). رودریگز-گارسیا و همکاران (۲۰۱۲) و مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) براساس پژوهش خود گزارش کردند صمغ‌ها به دلیل طبیعت آبدوست خود، با آب برهمکنش می‌دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می‌شوند که همین امر در افزایش

### ۲-۳- رطوبت نان

شکل (۲) نتایج افزودن سطوح متفاوت صمغ بالنگوشیرازی (صفر، ۱ و ۲ درصد)، را بر میزان رطوبت نان قالبی در بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت نشان می‌دهد. همان طور که نتایج مشخص نمود، میزان رطوبت نمونه‌های حاوی صمغ

رطوبت کمک کنند [۲۵]. شیخ الاسلامی و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی تاثیر صمغ بومی بالنگوشیرازی به ترتیب در نان بربری نیمه‌پز منجمد پرداختند و نشان دادند که با افزودن این نوع صمغ افزایش رطوبت اتفاق خواهد افتاد که به نوبه خود می‌تواند زمان نگهداری محصول را به طور چشمگیری بهبود دهد [۲۶].

جذب آب و حفظ رطوبت محصول نهایی طی فرایند پخت و نگهداری مؤثر است [۲۳ و ۲۴]. در واقع می‌توان گفت که صمغ‌ها، ترکیباتی با وزن مولکولی بالا متشکل از زنجیره طولانی هیدروفیل با خواص کلونیدی را تشکیل می‌دهند که، قادر به کنترل هر دو خواص رئولوژی بافت و تثبیت امولسیون در برابر سیستم‌های آبی را داشته و همچنین با ایجاد سوسپانسیون مناسب و تشکیل ژل می‌تواند به پخش مناسب



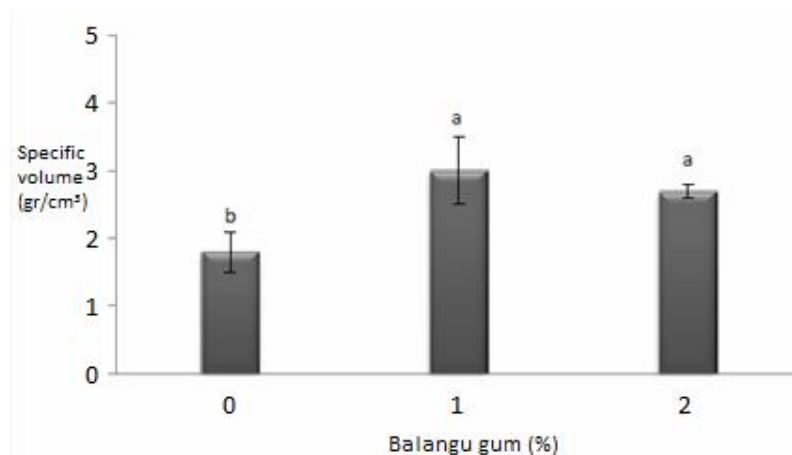
**Fig 2** Independent effect of different levels of gum on the moisture of bread

The Similar words in each time period (2 and 72 hours after baking) were not statistically significant at the level of  $P < 0.05$ .

(۲۰۰۹) نتایج مشابهی گزارش کردند و بیان نمودند میزان دقیق سطح مصرف هیدروکلونیدها در محصولات نانویی امری ضروری است، اگر غلظت درست با توجه به فرمولاسیون انتخاب شود، قابلیت نگهداری گاز از طریق افزایش پایداری و میزان نفوذپذیری دیواره سلول‌های گازی افزایش می‌یابد ولی چنانچه میزان مصرف هیدروکلونید بیش از حد مورد نیاز باشد، اثری عکس خواهد داشت [۲۷]. جلالی و همکاران (۲۰۱۹) با کاربرد صمغ بالنگوشیرازی در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن نتایج مشابهی را گزارش نمودند. این محققان بیان کردند صمغ بالنگوشیرازی به دلیل حضور ترکیبات آبدوست و جذب بیش از اندازه آب در سطوح بالای مصرف سبب ایجاد اختلال در فرایند هوادهمی شد و از ورود حباب‌های هوای ورودی طی فرایند بهم زدن ممانعت نمود و ضمن اینکه سبب کاهش تعداد حباب‌های هوای ورودی شده، با افزایش ضخامت دیواره حباب‌های هوای ورودی به خمیر نان مانع از ایجاد حجم محصول نهایی شده است [۲۸].

### ۳-۳- حجم مخصوص نان

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که، افزایش حجم نمونه‌های تولیدی در اثر حضور صمغ بالنگوشیرازی در فرمولاسیون اولیه نان نشأت گرفته از ایجاد یک شبه شبکه گلوتنی در نان بدون گلوتن است. از طرفی صمغ بالنگوشیرازی توانسته تا حدودی به دیواره حباب‌های گازی استحکام بخشد و از پاره شدن آن‌ها طی فرایند پخت جلوگیری نماید. اما در این تحقیق مشاهده شد که بین نمونه‌های حاوی ۱ و ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی تفاوت معنی‌داری بر افزایش حجم مخصوص وجود نداشت ( $P > 0.05$ )، که این امر نشان‌دهنده آنست که نمونه‌های تولیدی به ۱ درصد صمغ برای رسیدن به بیشترین حجم مخصوص نیاز دارند و حتی این امکان وجود دارد که با افزایش بیش از ۲ درصد صمغ در فرمولاسیون حجم مخصوص نمونه‌ها کاهش یابد. زیرا دیواره سلول‌های گازی بیش از اندازه مستحکم و ضخیم می‌گردد و در برابر انبساط ناشی از افزایش دما طی فرایند پخت ممانعت می‌کند. در این زمینه شیتو و ابولود

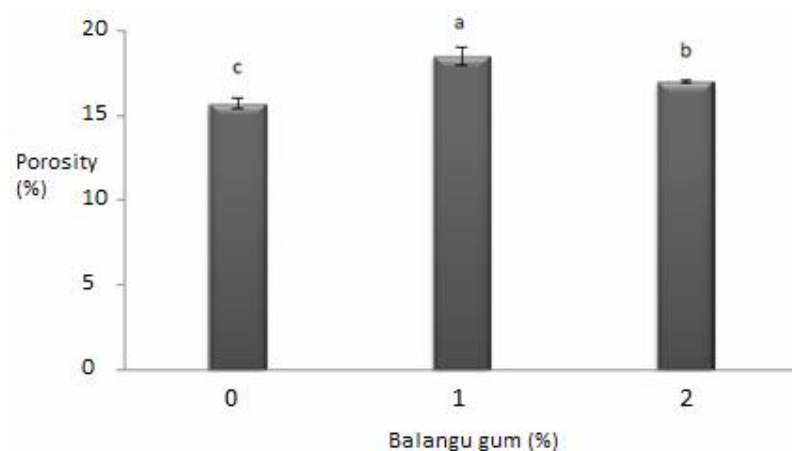


**Fig 3** Independent effect of different levels of gum on the specific volume of bread  
Similar words in each column don't have a significant difference statistically in  $P < 0.05$  level.

گازی به دلیل ایجاد یک لایه ضخیم در سطح سلول‌ها، موجب پایداری سلول‌های گازی گشته، بنابراین هر سلول به طور مجزا و جداگانه باقی‌مانده و اندازه آن کوچکتر است که این موضوع خود بر افزایش تخلخل تأثیر چشمگیری دارد [۲۹].  
**Image** محققین با بررسی تصاویر مغز نان به وسیله نرم‌افزار Image J نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری و توسعه تغییرات فیزیکیوشیمیایی در بافت نان، میزان تخلخل آن کاهش پیدا می‌کند. با این حال، ساختار فشرده نان‌های مسطح و نیمه حجیم به دلیل وجود هوای کمتر منجر به تغییرات محسوسی در اندازه حفرات یا میزان تخلخل نشده ولی در نان‌های حجیم، با افزایش زمان نگهداری، رطوبت از مغز به سطح، منتقل گردیده و باعث تغییر در ساختمان شبکه پروتئینی می‌شود. این تغییرات با کاهش استحکام و کاهش حجم نیز همراه بوده و منجر به کاهش اندازه حفرات یا میزان تخلخل نان می‌گردد [۳۰].

### ۳-۴- تخلخل نان

شکل (۴) نتایج تخلخل نمونه‌های نان تولیدی را نشان می‌دهد. براساس نتایج، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین نمونه‌ها مشاهده شد به طوری که، با افزایش صمغ بالنگوشیرازی تا سطح ۱ درصد سیر صعودی و پس از آن تا سطح ۲ درصد سیر نزولی در میزان تخلخل نمونه‌های تولیدی مشاهده شد. البته این در حالی است که نمونه ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی از میزان تخلخل بیشتری نسبت به نمونه شاهد (فاقد صمغ بالنگوشیرازی) برخوردار بود و نمونه شاهد کمترین میزان تخلخل را داشت ( $P < 0.05$ ). باید این مطلب را در نظر داشت که، صمغ‌ها در فرمولاسیون مواد غذایی و از جمله محصولات نانوائی باید در سطوح مناسب استفاده شوند به طوری که، در پخش حباب‌های هوای موجود در نمونه اختلالی ایجاد نکنند. از طریق کاهش بهم پیوستن سلول‌های

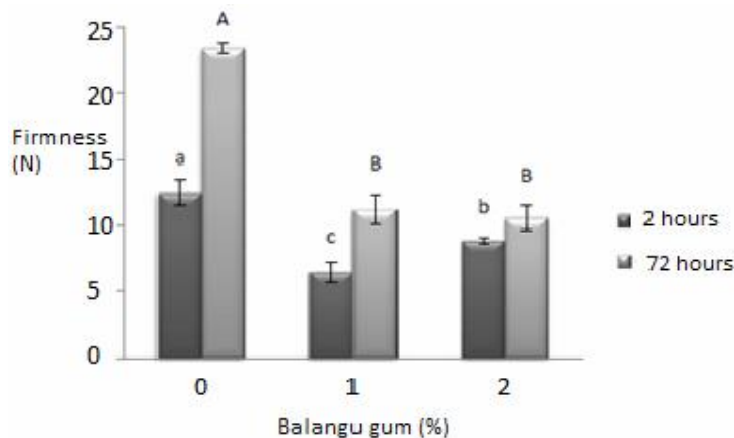


**Fig 4** Independent effect of different levels of gum on the porosity of bread  
Similar words in each column don't have a significant difference statistically in  $P < 0.05$  level.

۳-۵- بافت نان

نتایج میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در شکل (۵) نشان داده شده است. براساس نتایج در بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت نمونه حاوی ۱ و ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی دارای کمترین میزان سفتی بافت، به ترتیب (۶/۵ نیوتن) و (۸/۹ نیوتن) را در بین نمونه‌های تولیدی داشتند که نسبت به نان‌های تولیدی فاقد صمغ بالنگوشیرازی اختلاف معنی داری را از خود نشان دادند ( $P < 0/05$ ). لازم به ذکر است که میزان سفتی تمام نمونه‌های تولیدی طی ۷۲ ساعت نگهداری افزایش یافتند. به نظر می‌رسد علت برتری استفاده از صمغ این باشد که با ایجاد خواص ضخیم‌کنندگی و ایجاد ثبات به توسعه ماتریس پیچیده با خواص ویسکوالاستیک کمک کرده که برای نان فاقد گلوتن مناسب است. در این نوع محصولات خمیر نشاسته ساده شامل سوسپانسیون گرانول نشاسته و سلول‌های مخمر در آب، با مقدار کمی نمک حل شده و شکر می‌باشد. بنابراین هنگامی که گاز در طول پخت ایجاد می‌شود، حباب‌ها به حالت تعلیق در آمده که ممکن است در طول تخمیر گسترش یابند. استفاده از صمغ به عنوان قوام دهنده افزایش ویسکوزیته را به دنبال داشته که خود در فاز مایع، از انعقاد حباب جلوگیری کرده و همچنین در ادامه مانع رسوب نشاسته و مخمر می‌شود [۳۱]. از میان تغییراتی که در طی نگهداری نان روی می‌دهد، سفت شدن بافت مغز نان به طور گسترده‌ای برای ارزیابی بیاتی استفاده می‌شود. بیاتی و افزایش سفتی نان که بلافاصله پس از پخت شروع شده و طی دوره نگهداری شدت می‌یابد، فرایند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین

ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل می‌باشند. مالک و همکاران (۲۰۱۱) سفتی نان ایجاد شده در طول زمان نگهداری را به خشک شدن مغز نان نسبت دادند و بیان کردند این فرایند تحت تأثیر دو عامل یعنی انتقال رطوبت از مغز نان به پوسته و سفت شدن ذاتی مواد سلولی که به کریستالیزاسیون مجدد نشاسته بر می‌گردد، بنابراین هر نوع افزودنی که بتواند از این عوامل به ویژه کاهش میزان رطوبت و مهاجرت آن از بافت درونی محصول به پوسته جلوگیری نماید، از افزایش میزان سفتی بافت طی دوره نگهداری ممانعت می‌کند. به نظر می‌رسد حضور صمغ بالنگوشیرازی با حفظ رطوبت در بافت درونی نان بدون گلوتن توانسته از افزایش سفتی غیرطبیعی بافت محصول جلوگیری کند [۷]. توکلی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) اثر منفرد و ترکیبی صمغ هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز و امولسیفایر سدیم استتارویل‌لاکتیلات بر خواص نانوائی نان بدون گلوتن حاصل از مخلوط آرد ذرت و بلوط بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد صمغ هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز و امولسیفایر سدیم استتارویل‌لاکتیلات می‌تواند به منظور بهبود و افزایش نرمی بافت نان‌های حاوی آرد بدون گلوتن استفاده شود. همچنین در این مطالعه نشان داده شد که با گذشت زمان میزان بیاتی نان‌های تولید شده طی زمان ۱ تا ۴۸ ساعت پس از پخت افزایش داشت که نشأت گرفته از کاهش رطوبت بود [۳۲]. نتایج پژوهش حاضر نیز گواهی بر همین امر است و نشان می‌دهد با وجود برتری بافت نمونه‌های حاوی صمغ بالنگوشیرازی نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ)، بر میزان سفتی بافت تمام نمونه‌ها با افزایش زمان ماندگاری افزوده شد. اما لازم به ذکر است که افزایش سفتی بافت نان‌های بدون گلوتن حاوی صمغ بالنگوشیرازی کمتر از نمونه شاهد بود.



**Fig 5** Independent effect of different levels of gum on the firmness of bread texture  
The Similar words in each time period (2 and 72 hours after baking) were not statistically significant at the level of  $P < 0.05$ .



## ۳-۶- مولفه‌های رنگی پوسته و بافت درونی

## نان

نتایج مولفه‌های رنگی پوسته ( $L^*a^*b^*$ ) در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج این بخش نشان داد استفاده از صمغ بالنگوشیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن سبب افزایش مولفه رنگی  $L^*$  گردید در حالی که، در میزان دو مولفه رنگی  $a^*$  و  $b^*$  تغییر معنی‌داری حاصل نشد ( $P < 0.05$ ). همچنین نتایج اثر مستقل صمغ بالنگوشیرازی حاکی از آن بود که افزودن این صمغ، سبب افزایش مولفه رنگی  $L^*$  شده که بیشترین میزان درخشندگی پوسته نان در نمونه حاوی ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی مشاهده گردید. پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) بیان نمودند که تغییرات سطح پوسته، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در افزایش میزان مولفه رنگی  $L^*$  پوسته دارد [۳۳]. حصول چنین نتیجه‌ای چندان دور از انتظار نبود زیرا نمونه‌های حاوی صمغ بالنگوشیرازی با حفظ رطوبت در حین فرآیند پخت و ممانعت از مهاجرت سریع آن از بافت درونی به پوسته در ایجاد سطحی هموار و یکنواخت موثر بوده‌اند. همچنین لازم به ذکر است بجز حفظ رطوبت، ویژگی‌های بافتی نظیر حجم، تخلخل و میزان سفتی بافت می‌تواند بر سطح محصول نهایی اثر گذاشته و هرچه تعداد حفرات گازی کمتر (نمونه‌های دارای حجم کمتر)، اندازه حفرات بزرگتر و پخش آن‌ها غیریکنواخت‌تر (نمونه‌های دارای تخلخل کمتر) و سفتی بافت بیشتر باشد، به دلیل فشردگی بیش از حد سطح نمونه و وجود حفرات بزرگ در سطح، انعکاس نور از سطح

پوسته کمتر صورت می‌گیرد و درخشندگی نمونه یا همان مولفه رنگی  $L^*$  کاهش می‌یابد.

به نظر می‌رسد سطوح انتخابی صمغ بالنگوشیرازی در این پژوهش به لحاظ اثرگذاری بر رنگ، صحیح انتخاب شده‌اند. زیرا همانطور که مشاهده می‌شود حضور صمغ بالنگوشیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن قالبی در هر دو سطح مصرفی (۱ و ۲ درصد) ضمن اثرات مثبت بر روشنایی یا مولفه رنگی  $L^*$  نمونه نهایی بر میزان قرمزی یا مولفه رنگی  $a^*$  پوسته اثر نگذاشته است. مولفه رنگی  $a^*$  پوسته مرتبط با میزان واکنش مایلارد که واکنش اصلی تشکیل رنگ، عطر و طعم است، می‌باشد. چنانچه با افزایش صمغ بالنگوشیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن، شدت قرمزی رنگ نان کاهش می‌یافت، این احتمال وجود داشت که دوز مصرف صمغ مناسب نبوده است و به عبارتی بیش از نیاز محصول است و باعث ایجاد اختلال در واکنش مایلارد شده است. در این زمینه توکلی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود به این مهم اشاره نمودند که حضور بیش از حد هیدروکلئیدها در فرمولاسیون محصولات نانویی سبب ممانعت از انجام واکنش مایلارد و کاراملیزه شدن یا شدت آن‌ها می‌شود و بر رنگ پوسته نان اثر منفی می‌گذارد که، در تحقیق حاضر چنین مشکلی نیز حاصل نشد [۳۲]. نتایج اثر صمغ بالنگوشیرازی حاکی از آن بود که افزایش این متغیر سبب افزایش مولفه رنگی بافت درونی نان تولیدی شد و بیشترین میزان سفیدی بافت درونی در نمونه حاوی ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی مشاهده گردید اما برعکس این متغیر هیچگونه اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر میزان مولفه‌های رنگی  $a^*$  و  $b^*$  بافت درونی در نمونه‌های تولیدی نداشت (جدول ۱).

**Table 1** Independent effect of different levels of gum on the amount of colorful components of the crust and crumb texture in gluten-free bread

Treatments	Crust			Crumb		
	$L^*$	$a^{*ns}$	$b^{*ns}$	$L^*$	$a^{*ns}$	$b^{*ns}$
0% gum	33.2±0.7 <sup>c</sup>	12.5±1.2 <sup>a</sup>	23.5±0.5 <sup>a</sup>	45.2±1.5 <sup>c</sup>	0.6±0.4 <sup>a</sup>	38.9±1.5 <sup>a</sup>
1% gum	41.2±0.4 <sup>b</sup>	12.3±1.2 <sup>a</sup>	23.5±0.5 <sup>a</sup>	62.2±1.2 <sup>b</sup>	0.4±0.1 <sup>a</sup>	38.8±0.5 <sup>a</sup>
2% gum	44.2±0.4 <sup>a</sup>	12.5±1.2 <sup>a</sup>	23.5±0.5 <sup>a</sup>	65.6±0.6 <sup>a</sup>	0.6±0.4 <sup>a</sup>	38.9±1.5 <sup>a</sup>

Similar words in each column don't have a significant difference statistically in  $P < 0.05$  level.

ns\*: Produced samples display no statistically significant difference in the  $P < 0.05$  level.

نوع آرد اثر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر میزان مولفه رنگی  $a^*$  پوسته نان نداشت. از آنجا که واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی یا مایلارد مسئول تشکیل رنگ پوسته نان

از سوی دیگر نتایج این بخش به وضوح نشان داد حضور آرد ذرت حرارت دیده در مایکروویو در افزایش مولفه رنگی  $a^*$  بافت درونی نمونه‌های نان مؤثر بود. این در حالی است که این

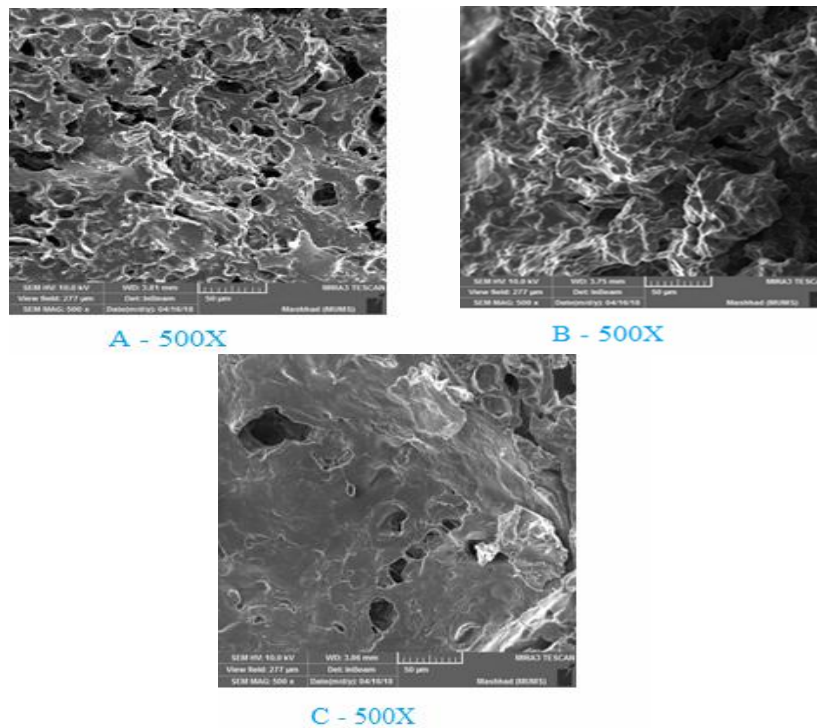
پخت به خوبی ژلاتینه شود و شبه ساختاری را ایجاد نماید، هرچند که این ساختار با نمونه‌های دارای صمغ بر پایه آرد ذرت پیش‌ژلاتینه برابری ندارد. همچنین با مشاهده تصاویر میکروسکوپی مربوط به نمونه‌های حاوی ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی مشخص می‌شود، حضور این میزان صمغ بیش از نیاز فرمولاسیون برای تشکیل ساختاری شبکه مانند بوده و موجب فشردگی بیش از حد ساختار شده است که با مراجعه به سایر نتایج نظیر سفتی بافت، میزان تخلخل و حجم مخصوص می‌توان گفت که این ساختار فشرده و در هم‌تنیده بر ویژگی‌های بافتی ذکر شده اثر منفی گذاشته است. هر چند که نمونه‌های دارای ۲ درصد صمغ بالنگوشیرازی در بسیاری از موارد بهتر از نمونه فاقد این صمغ بوده‌اند (شکل ۶-۱).

در راستای کاربرد صمغ‌ها بر ریز ساختار محصولات نانویی حاوی آردهای ضعیف، فتحی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش نمودند با استفاده از صمغ در فرمولاسیون کیک‌های حاوی آردهای ضعیف و بدون گلوتن، ریزساختار کیک یکنواخت شد. این محققان اظهار داشتند که نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ) دارای حفرات کوچک و بزرگ بود و توزیع آن‌ها یکنواخت نبود اما در کیک حاوی مخلوط صمغ گزانتان-گوار، توزیع یکنواخت و همگن حفرات مشاهده شد [۳۴].

هستند و این واکنش بیشتر میان پروتئین‌ها و قندهای احیاکننده موجود در غذا انجام می‌گیرد و در نهایت به ایجاد ترکیبات رنگی و برخی از مواد طعم‌زا در ماده غذایی منتهی می‌گردد، این انتظار وجود داشت که رنگ پوسته نان دارای حداقل تغییرات باشد چون تمام نمونه‌ها بر پایه آرد ذرت تهیه شدند و سایر مواد موجود در فرمولاسیون ثابت بود. اما علت افزایش میزان قرمزی (مولفه رنگی  $a^*$ ) بافت درونی نان را می‌توان چنین توجیه نمود که با کاربرد آرد ذرت پیش‌ژلاتینه در فرمولاسیون نان قالبی، بافتی یکنواخت‌تر با پیش‌زمینه سفیدتر و روشن‌تر تولید شد که این امر به احتمال زیاد در تشخیص بهتر سایر مولفه‌های رنگی بافت درونی نان بخصوص قرمزی اثر گذاشته است.

### ۳-۷- ریز ساختار نان

همانطور که شکل (۶-۱) مشاهده می‌شود، نمونه‌های فاقد صمغ بالنگوشیرازی در مقایسه با سایر نمونه‌های حاوی این صمغ شبکه ضعیف‌تر و غیرمنسجم‌تری دارند و حتی به نظر می‌رسد در این نمونه‌ها شبکه‌ای تشکیل نشده است و تنها حفظ برخی از سلول‌های گازی نشأت گرفته از حضور آرد ذرت حرارت دیده در مایکروویو است. چون این نوع آرد، پیش‌ژلاتینه بوده و قابلیت آن را داشته است که طی فرآیند



**Fig 6** Electron microscope images of bread samples containing gum based on corn flour (A: without gum B: Contains 1% gum, C: Contains 2% gum)

از آنجا که نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بالنگوشیرازی دارای نرم‌ترین بافت در هر دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت بود و بیشترین میزان تخلخل (بیشترین تعداد منافذ با پراکندگی یکنواخت) را داشت، پیش‌بینی می‌شد، این نمونه بهترین فرم و شکل را داشته باشد که در حقیقت این امر ثابت شد و داوران چشایی برتری نمونه فوق‌الذکر را گزارش کردند. از سوی دیگر باید گفت خصوصیات سطح بالایی و پائینی نمونه‌های تولیدی تا حدود زیادی تحت تأثیر رنگ محصول بود و قابل حدس بود، نمونه‌هایی با رنگ بهتر از امتیاز خصوصیات سطحی برتری برخوردار باشند.

همچنین به نظر می‌رسد وجود صمغ بالنگوشیرازی ضمن بهبود بافت و اثر غیرمستقیم آن بر بو و مزه بر واکنش مایلاد و کاراملیزه شدن که مسئول ایجاد رنگ، بو و مزه محصولات نانویی هستند و در نهایت رهایش مواد طعم‌زا اختلال ایجاد نموده است، چون نمونه‌های حاوی صمغ از امتیاز مطلوبی نسبت به نمونه فاقد صمغ برخوردارند. توکلی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) براساس مطالعه خود در زمینه استفاده از صمغ هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه آرد ذرت و بلوط گزارش کردند با افزایش مقدار هیدروکلئیدها، روند طبیعی و میزان واکنش مایلارد و کاملیزه شدن دچار مشکل شد. از طرفی استفاده بیش از حد نیاز به صمغ در فرمولاسیون نان بدون گلوتن پوششی در سطح محصول ایجاد نمود که از پخش عطر نان در شامه ارزیابان چشایی ممانعت به عمل می‌آورد. از سوی دیگر باید گفت خصوصیات سطح بالایی و پائینی نمونه‌های تولیدی تا حدود زیادی تحت تأثیر رنگ محصول بود و قابل حدس بود، نمونه‌هایی با رنگ بهتر از امتیاز خصوصیات سطحی بالاتری برخوردار باشند [۳۲].

از طرفی نتایج پژوهش حاضر حاکی از آنست که در نمونه‌های فاقد صمغ بالنگوشیرازی گرانول‌های نشاسته به شکل‌های مختلف دست نخورده، متورم و ژلاتینه شده در یک ماتریکس پروتئینی ناپیوسته و از هم گسیخته جای گرفتند که نمونه‌های حاوی صمغ بالنگوشیرازی نسبت به نمونه‌های فاقد آن از شرایط بهتری برخوردار بودند. در این راستا راجیو و همکاران (۲۰۱۱) به این نتیجه رسیدند که در کیک تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد گندم، ماتریکس گلوتن پیوسته است اما با افزایش جایگزینی آرد گندم با آرد بدون گلوتن پیوستگی ماتریکس پروتئینی کاهش یافته و به میزان بیشتری از هم گسیخته می‌شود که تنها با استفاده از هیدروکلئیدها در فرمولاسیون این دسته محصولات حاوی آردهای ضعیف یا بدون گلوتن، می‌توانیم ساختار را اصلاح کرده و شبکه‌ای مشابه با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم ایجاد نماییم [۳۵].

### ۳-۸- ویژگی‌های حسی نان

شکل (۷) نشان دهنده امتیاز ویژگی‌های حسی نان‌های تولیدی است. بررسی ارزیابی حسی، بیانگر برتری نمونه‌های حاوی صمغ بالنگوشیرازی نسبت به نمونه فاقد این صمغ بود. از نظر داوران چشایی برخی از ویژگی‌های نمونه‌های حاوی ۱ درصد صمغ بالنگوشیرازی نظیر سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن، بو و مزه و پذیرش کلی نسبت به نمونه حاوی ۲ درصد از این صمغ بهتر بود و به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بالنگوشیرازی امتیاز بیشتری اختصاص یافت. با توجه به نتایج بدست آمده از اثر سطوح متفاوت صمغ بالنگوشیرازی و اندازه‌گیری حجم مخصوص، تخلخل و سفتی بافت حصول چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بالنگوشیرازی از بیشترین امتیاز بافت، پوکی و تخلخل و قابلیت جویدن برخوردار باشد. امتیاز فرم و شکل نمونه‌های تولیدی نیز در ارتباط مستقیم با بافت محصول و پوکی و تخلخل آن می‌باشد.

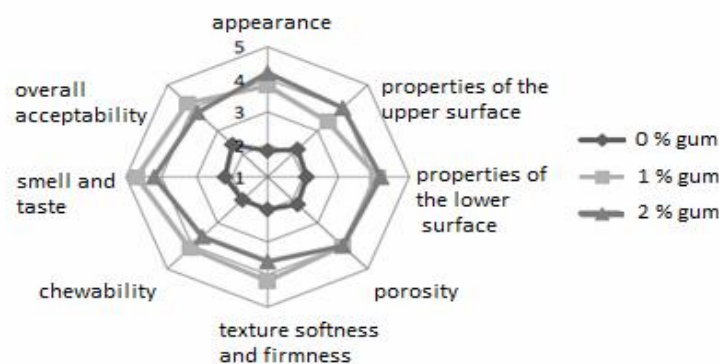


Fig 7 Independent effect of different levels of gum on the sensory properties of bread

- superdisintegrant: Formulation and evaluation of nimesulide orodispersible tablets. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, 1(3): 192-198.
- [8] Mohammad Amini, A., and Haddad Khodaparast, M.H. 2007. Modeling and optimization of mucilage extraction from *Lallemantiaroyleana*: A response surface genetic algorithm approach. EFFoST/EHEDG Joint Conference, Lisbon, Portugal.
- [9] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A.H., Haddad Khodaparast, M.H., and Karimi, M. 2022. The effect of pre-gelatinized corn flour with microwave on texture and sensory properties of gluten-free pan bread. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 14(1): 1-17. [In Persian].
- [10] Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Ghiafe Davoodi, M. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 30(2): 698-703.
- [11] Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K. 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3): 153-161.
- [12] Naghipour, F., Sahraiyani, B., Habibi Najafi, M.B., Karimi, M., Hadad Khodaparast, M.H., and Sheikholeslami, Z. 2016. Effect of soy milk powder as a natural additive to improve the technological and sensory properties of sorghum flour based gluten-free oil cake. *Journal of Food Science and Technology*, 61(13): 77-86. [In Persian].
- [13] Hasanpour, Y., Fariba Naghi pour, F., and Faraji, A. 2020. Investigation on increasing the shelf life of semi volume composite Barbari bread containing oatmeal flour by Balangu seed gum. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 12(2): 121-133. [In Persian].
- [14] Majzoobi, M., and Farahnaky, A. 2008. Changes in molecular structure and physicochemical properties of wheat starch affected by high temperature and shear. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 12(43): 335-347.
- [15] Bollain, C., and Collar, C. 2004. Dough viscoelastic response of hydrocolloid/enzyme/surfactant blends assessed by uni

## ۴- نتیجه گیری

صمغ نقش مهمی در بافت محصولات فاقد گلوتن داشته و استفاده از آن به عنوان یک راه حل می تواند جایگزین مطلوبی برای پروتئین گلوتن باشد. براساس نتایج این پژوهش می توان گفت که صمغ بالنگوشیرازی در افزایش رطوبت، تخلخل و نرمی بافت نان بدون گلوتن قالبی موثر بود. همچنین با استفاده از صمغ بالنگوشیرازی بر پایه آرد ذرت می توان نان بدون گلوتن مرغوبی تولید نمود که از بازارپسندی مطلوبی برخوردار باشد. زیرا داوران چشایی به نمونه حاوی ۱ درصد صمغ بالاترین امتیاز ویژگی های حسی را دادند و بیان کردند نمونه حاوی صمغ دارای عطر و مزه مطلوبی بود که برای مصرف کننده جذابیت دارد.

## ۵- منابع

- [1] Ortolan, F., and Steel, C.J. 2017. Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3): 369-381.
- [2] Murray, J.A. 1999. The widening spectrum of celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(3): 354-363.
- [3] Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(3-4): 143-152.
- [4] Čurić, D., Gabrić, D., Bauman, I., Tušak, D., and Novotni, D. 2007. Gluten-free bread production by the corn meal and soybean flour extruded blend usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(3): 227-232.
- [5] Amanzadeh, Y., Khosravidehaghi, N., Ghorbani, A.R., Monsef-Esfahani, H.R., and SadatEbrahimi, S.E. 2011. Antioxidant activity of Essential oil of *Lallemantia iberica* in Flowering stage and Post-Flowering stage. *Research Journal of Biological Sciences*, 6(3): 114-117.
- [6] Mohammad Amini, A., and Razavi, S.M.A. 2012. Dilute solution properties of Balangu (*Lallemantia royleana*) seed gum: Effect of temperature, salt, and sugar. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51(3): 235-243.
- [7] Malik, K., Arora, G., Singh, I., and Arora, S. 2011. *Lallemantia reyllenne* seeds as

- of Research and Innovation in Food Science and Technology, 5(4), 395-404. [In Persian].
- [27] Shittu, T.A., and Abulud, E.O. 2009. Functional effects of xanthan gum practice and research clinical. *gastroenterology*, 19(3): 359-371.
- [28] Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A.H., Haddad Khodaparast, M.H., and Karimi, M. 2019. The effect of Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana*) gum on the quality of gluten-free pan bread containing pre-gelatinized simple corn flour with microwave. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 11(2): 68-83.
- [29] Ozkoc, S.O., Sumnu, 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.
- [30] Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Seyedain Ardebili, M., and Mohammadi, M. 2016. Effect of xanthan and CMC on rheological properties of Gluten-free bread dough. *Journal of Food Science and Technology*, 13(51): 137-148. [In Persian].
- [31] Rojas, J.A., Rosell, C.M., and De Barber, C.B. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*, 13(1): 27-33.
- [32] Tavakolipour, H., Sharafati-chaleshtori, R., and Matinfard, S. 2017. The effect of single and combined hydroxy propyl methyl cellulose and sodium stearyl lactilate on dough rheology and baking properties of corn and chestnut bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 12(3): 39-46. [In Persian].
- [33] Purlis, E., and Salvadori, V.O. 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42(7): 865-870.
- [34] Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M., and Sadeghi Mahoonak, A.R. 2018. Staling of gluten-free cake prepared from heat-moisture treated millet flour. *Journal of Food Science and Technology*, 15(75): 303-317. [In Persian].
- [35] Rajiv, J., Soumya, C., Indrani, D., and Rao, G.V. 2011. Effect of replacement of wheat flour with finger millet flour (*Eleusine corcana*) on the batter microscopy, rheology and quality characteristics of muffins. *Journal of Texture Studies*, 42(6): 478-489.
- and bi-anial extension measurements. *Food Hydrocolloids*, 18(3): 499-507.
- [16] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Vol. 2, (10<sup>th</sup> ed.). St. Paul, MN, USA.
- [17] Sabanis, D., Tzia, C., and Papadakis, S. 2008. Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. *Food and Bioprocess Technology*, 1(4): 374-383.
- [18] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., and Razavizadegan Jahromi, S.H. 2011. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34(5): 1435-1448.
- [19] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York, USA.
- [20] Cikrikci, S. 2013. Production of micro and nano fibers from hazelnut skin and utilization in cakes. MS Thesis. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- [21] Gacula, J.R., and Singh, J. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc., U.S.A. 360-366.
- [22] Crockett, R., Ie, P., and Vodovotz, Y. 2011. Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chemistry*, 129(1): 84-91.
- [23] Rodriguez-Garcia, J., Puig, A., Salvador, A., and Hernando, I. 2012. Optimization of sponge cake formulation with inulin as fat replacer: structure, physicochemical, and sensory properties. *Journal of Food Science*, 77(2): 189-197.
- [24] McCarthy, D.F., Gallager, E., Gormley, T.R., Schober, T.J., and Arenth, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82(5): 609-615.
- [25] Elke, K.A., and Dal Bello, F. 2008. The gluten free cereal products and beverages. Elsevier Inc, 1-394.
- [26] Sheikholeslami, Z., Hejrani, T., Karimi, M., Ghiafeh Davoodi, M., and Fatemian, H. 2017. Effect of *L. Sativum* seed gum, tragacanth and concentrations on properties of partly baked frozen Barbari bread. *Journal*



## The effect of adding Balangu Shirazi (*Lallemantia Royleana*) gum on the technological and sensory properties of gluten-free pan bread based corn flour

Jalali, M. <sup>1</sup>, Sheikholeslami, Z. <sup>2\*</sup>, Elhamirad, A. H. <sup>1</sup>, Haddad Khodaparast, M. H. <sup>3</sup>, Karimi, M. <sup>2</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.
2. Agricultural engineering research department. Khorasan Razavi agricultural and natural Resources research education center, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO) Mashhad, Iran.
3. Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

### ABSTRACT

The use of appropriate gluten substitutes such as gums can be useful in the production of products without this protein for people with chronic celiac disease. The purpose of this study was to investigate the characteristics of baked bread produced based on corn flour and the addition of Balangu Shirazi (*Lallemantia Royleana*) gum at three levels (zero, 1 and 2 g). For this purpose, a completely randomized statistical design was used ( $P < 0.05$ ). Based on the obtained results, the sample containing 1% of Balangu Shirazi gum has the highest porosity (18.5%) and the lowest firmness in the period of 2 h after baking (6.5 N) at the consumption level of 1% and 72 h after baking (10.6 N) at the consumption level of 2% gum was obtained. Also, with increasing the level of gum consumption, increasing the  $L^*$  colorful component and no significant change in the two colorful component  $a^*$  and  $b^*$  component in the crust and crumb texture of the produced bread were obtained. Observation of electron microscope images showed that by increasing the amount of Balangu Shirazi gum, it causes the formation of a network-like structure and can put more compression on the wall of the produced bread. Finally, by examining the marginal results of the sensory test, the sample containing 1% gum, compared to other samples, received a higher score from the sensory evaluators.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 03/ 06  
Accepted 2022/ 05/ 15

#### Keywords:

Balangu Shirazi (*Lallemantia Royleana*) gum,  
Corn flour,  
Qualitative properties,  
Microstructure.

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.128.105

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.128.15.0

\*Corresponding Author E-Mail:  
[shivsheikholeslami@yahoo.com](mailto:shivsheikholeslami@yahoo.com)