

بررسی تأثیر صمغ بومی بالنگو شیرازی (*Lallemantiaroyleana*) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم

بهاره صحرائیان^۱، مهدی کریمی^۲، محمد باقر حبیبی نجفی^۳، محمد حسین حداد خداپرست^۳، مهدی قیافه داودی^۲، زهرا شیخ الاسلامی^۲، فریبا نقی پور^{۱*}

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۳- عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۳)

چکیده

محصولات بدون گلوتن صنایع پخت در جیره غذایی بیماران سیلیاکی دارای نقش کلیدی است و باید روزانه قسمت اعظم انرژی، پروتئین، املاح معدنی و بخشی از ویتامین‌های مورد نیاز این افراد را تأمین نماید. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر صمغ بومی بالنگو شیرازی در پنبج سطح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵ و ۱ درصد بر میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سفتی، مؤلفه‌های رنگی پوسته و ویژگی‌های حسی نان بربری نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم بود که به منظور اندازه‌گیری میزان تخلخل و مؤلفه‌های رنگی پوسته، نرم افزار Image J مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به وضوح نشان داد که با افزایش میزان صمغ بالنگو شیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن، میزان رطوبت و مؤلفه رنگی L^* پوسته افزایش یافت. این در حالی بود که بیشترین میزان حجم مخصوص و امتیاز پذیرش کلی درآزمون حسی و کمترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت در نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ و بیشترین میزان تخلخل و کمترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت در نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ مشاهده گردید.

کلید واژگان: نان نیمه حجیم بدون گلوتن سورگوم، صمغ بالنگو شیرازی، بافت، تخلخل، مؤلفه‌های رنگی پوسته

* مسئول مکاتبات: naghipoor_f@yahoo.com

۱- مقدمه

سیلیاک بیماری ژنتیکی و مزمنی است که در اثر دریافت پروتئین گلوتن از منابعی نظیر گندم، جو، چاودار و یولاف تشدید می‌گردد و یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی محسوب می‌شود [۱]. از آنجایی که تنها معالجه مؤثر این بیماران، استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن در تمام طول عمر است، تقاضا جهت حذف گلوتن از رژیم غذایی این بیماران و تولید محصولات بدون گلوتن افزایش یافته است [۲]. همچنین توجه به این نکته ضروری است که چنانچه جهت تولید محصولات صنایع پخت به‌ویژه نان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب زمینی و برنج) و آرد بعضی از غلات نظیر ارزن [۳]، سورگوم [۴]، کاساوا، آمارانت، گندم سیاه و گنه گنه که عاری از گلوتن هستند [۱]، استفاده نماییم با مشکلات تکنولوژیکی عمده‌ای ناشی از حذف گلوتن و جایگزین کردن آن با ترکیبات دیگر روبرو خواهیم شد [۵].

زیرا پروتئین گلوتن مسئول ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر و تشکیل ساختار و بافت محصولات صنایع آردبر می‌باشد [۶]. از سوی دیگر عدم حضور این پروتئین در فرمولاسیون نان منجر می‌گردد تا محصول تولیدی علاوه بر بافت داخلی ضعیف‌تر، سریع‌تر بیات شود و مقاومت خمیر آن نسبت به عملیات مکانیکی و تغییرات انجام گرفته در فرآیند تخمیر کمتر گردد [۷]. به طور کل نان‌های فاقد گلوتن اغلب بافت داخلی زیر، حجم کم و پذیرش کلی پایینی دارند و در نهایت برای مصرف‌کننده قابل قبول نمی‌باشند [۸]. بنابراین جهت غلبه بر مشکلات مذکور می‌توان از ترکیباتی نظیر برخی از آنزیم‌ها، پروتئین‌ها [۹ و ۱۰] و مهم‌تر از همه هیدروکلئیدها به منظور تقلید از خواص ویسکوالاستیک گلوتن استفاده نمود که اکثر این مواد به منظور کنترل جذب آب و در نتیجه بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیر و خواص کمی و کیفی محصول نهایی و افزایش زمان ماندگاری به واسطه حفظ محتوای رطوبت و به تأخیر انداختن بیاتی در محصولات بدون گلوتن کاربرد دارند [۱۱]. در همین راستا سیارانی (Sciarini) و همکاران به بررسی اثر صمغ (گزانتان، کربوکسی متیل سلولوز، آلژینات و کاراگینان)، امولسیفایر (داتم و سدیم استتاروئیل لاکتیلات) و آنزیم‌های گلوکز اکسیداز و آلفا آمیلاز بر خواص نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج، آرد سویا و نشاسته کاساوا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد این افزودنی‌ها

باعث بهبود حجم و کاهش سفتی مغز نان در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد افزودنی) شد [۱۲]. همچنین کراکت (Crockett) و همکاران اثر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز (در سه سطح ۱، ۲ و ۳ درصد)، سفیده تخم مرغ (در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و پروتئین ایزوله شده سویا (در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) را در نان بدون گلوتن مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که دو سطح ۵ و ۱۰ درصد سفیده تخم مرغ و پروتئین ایزوله شده سویا در واکنش با صمغ هیدروکسی متیل سلولوز باعث کاهش مقاومت خمیر و آب در دسترس آن شد. این در حالی بود که در سطح ۱۵ درصد این دو پروتئین هیچ عملکرد منفی در واکنش با صمغ مشاهده نگردید [۱۳]. از سوی دیگر دمیرکسن (Demirkesen) و همکاران اثر صمغ‌های گوار، گزانتان، دانه‌ی لوکاست، هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز، پکتین، گزانتان-گوار، دانه لوکاست- گزانتان و امولسیفایر داتم را بر خصوصیات رئولوژیکی نان بدون گلوتن بر پایه‌ی آرد برنج مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس نتایج این پژوهش، بیشترین میزان الاستیسیته خمیر و کمترین میزان سفتی مغز نان در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان-گوار و گزانتان- دانه لوکاست مشاهده شد [۱۴]. علاوه بر این صحرائیان و همکاران به بررسی امکان تولید نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و کربوکسی متیل سلولوز پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که صمغ گوار و کربوکسی متیل سلولوز به خصوص در حالت ترکیبی علاوه بر افزایش رطوبت قادر به افزایش حجم مخصوص، تخلخل و مؤلفه *L، بهبود ویژگی‌های حسی و کاهش سفتی بافت در هر دو فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت بودند که بهترین نتیجه در دو نمونه حاوی این دو صمغ با نسبت ۵/۱۰/۵ و ۱:۱ مشاهده گردید [۱۵]. از این رو با توجه به مطالعات صورت گرفته و نیاز بیماران سیلیاکی به محصولات صنایع پخت به ویژه نان که قوت غالب این افراد را تشکیل می‌دهد، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر سطوح متفاوت صمغ بومی بالنگو شیرازی بر بهبود خصوصیات نظیر رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، بافت و ویژگی‌های حسی، نان بدون گلوتن سورگوم بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد سورگوم با ۱۱/۶ درصد رطوبت، ۹/۶ درصد پروتئین، ۳/۲۵ درصد چربی، ۰/۸۶ خاکستر و صفر درصد گلوتن از شهرستان زابل و آرد سویا فعال بدون چربی از کارخانه توس سویا (مشهد، ایران) تهیه شد. بدین منظور، آرد مورد نیاز برای انجام آزمایشات یکجا تهیه و در سردخانه نگهداری گردید. مخمر مورد استفاده (ساکارومایسس سرویسیا^۱) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و بصورت بسته بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) و پودر سفیده تخم مرغ از شرکت گل پودر گلستان (گرگان، ایران) خریداری شد. صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC) از شرکت سان رز (مشهد، ایران)، صمغ گوار از شرکت رودیا (فرانسه)، دانه بالنگوشیرازی از بازار محلی شهر مشهد و روغن نباتی مایعاز شرکت لادن (مازندران، ایران) تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات (شکر و نمک) از شرکت‌های معتبر خریداری شدند.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- استخراج صمغ بالنگو شیرازی

جهت استخراج ترکیبات هیدروکلوئیدی دانه بالنگو شیرازی در شرایط بهینه (دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، نسبت آب به دانه ۵۷:۱، pH = ۸/۵) از دستگاه اکستراکتور از نوع سانتریفیوژ سبکی استفاده شد. عصاره استخراج شده در آون با دمای 80 ± 2 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب و الک گردید. پودر حاصله در کیسه‌های پلی اتیلنی زیپ‌دار قرار داده شد و تا زمان مصرف در مکانی خشک و خنک نگهداری گردید [۱۶].

۲-۲-۲- تولید نان

مراحل تولید نان مورد بررسی در این تحقیق (نان بربری نیمه حجیم) به صورت ذیل بود:

خمیر نان با ۱۰۰ درصد آرد سورگوم، ۱ درصد مخمر خشک، ۱ درصد نمک، ۱ درصد شکر، ۱ درصد روغن، ۱/۵ درصد صمغ گوار، ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز، ۰/۵ درصد پودر سفیده تخم مرغ، ۱۰ درصد آرد سویای فعال بدون چربی و آب (مقدار لازم بر اساس جذب آب فارینوگراف) تهیه گردید. در ادامه صمغ بالنگو شیرازی در پنج سطح ۰، ۰/۲۵، ۰/۵،

۰/۷۵ و ۱/۰ درصد با کلیه مواد اولیه خشک در مخزن همزن (مدل اسپیرال، ساخت کشور تایلند) مخلوط شدند و آب مورد نیاز به آن‌ها افزوده گردید و خمیر با ۱۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه هم زده شد، روغن در دقیقه ششم به فرمولاسیون اضافه گردید. پس از تهیه خمیر، تخمیر اولیه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) صورت گرفت، سپس خمیر به قطعات ۲۵۰ گرمی تقسیم گردید و پس از عمل چانه‌گیری به مدت ۱۰-۸ دقیقه در دمای محیط به منظور سپری شدن زمان تخمیر میانی قرار گرفت. بعد از طی شدن این مرحله و فرم دادن خمیر، تخمیر نهایی به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه با دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در بخار اشباع انجام شد. سپس عمل پخت در فر گردان با هوای داغ (ZuccihelliForni، ایتالیا) با دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۱۳ دقیقه انجام شد. پس از سرد شدن، هر یک از نمونه‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی، بسته بندی و در دمای محیط نگهداری شدند [۱۷].

۲-۲-۳- آزمون‌های کمی و کیفی نان بدون گلوتن

سورگوم

* آزمون رطوبت سنجی

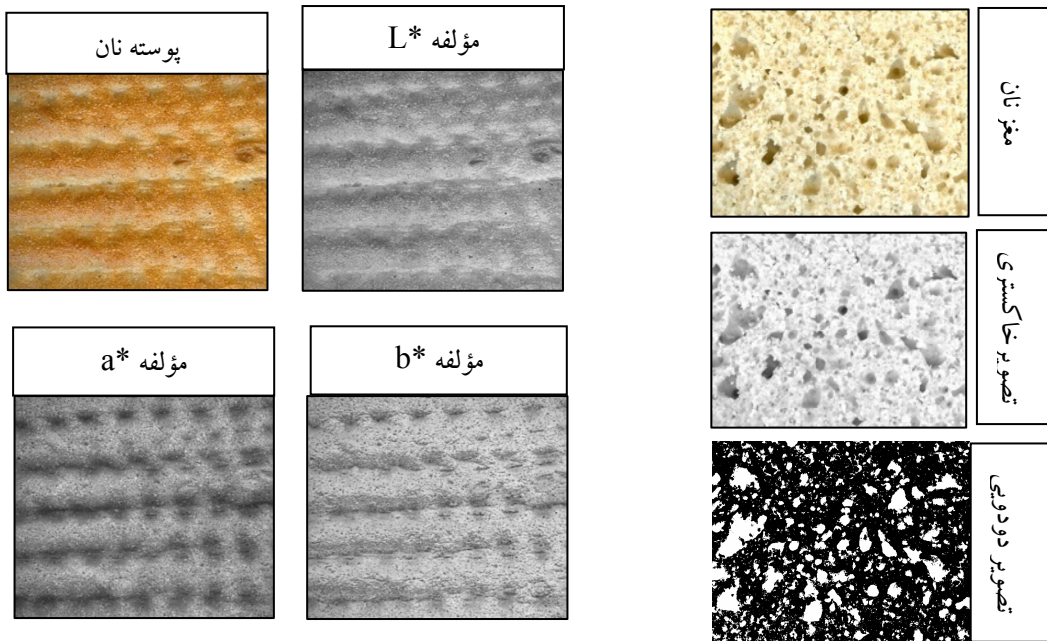
جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند [۱۸].

* آزمون ارزیابی حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا^۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین شد [۱۷].

* آزمون ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد.



شکل ۱ نمونه تصویر تبدیل شده از پوسته و مغز نان بربری نیمه حجیم به روش پردازش تصویر

رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر می‌باشد. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۲۰].

* آزمون ارزیابی بافت

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت سنج QTS مدل CNS Farnell، UK ساخت کشور انگلستان براساس روش پورفرزاد و همکاران انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی^۶ محاسبه گردید. نقطه شروع^۷ و نقطه هدف^۸ به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود [۲۱].

* آزمون ارزیابی خصوصیات حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده انجام شد. بدین منظور ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا (Gacula) و همکاران انتخاب

بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HPScanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت^۳، تصاویر سطح خاکستری^۴ ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی^۵، قسمت دودویی نرم افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت نان (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱۹].

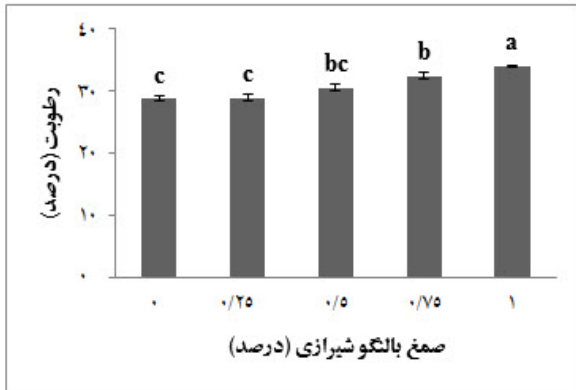
* آزمون ارزیابی رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L^* ، a^* و b^* صورت پذیرفت (شکل ۱). شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی

6. Hardness
7. Trigger Point
8. Target Value

3. Bit
4. Gray level images
5. Binary Images

فرمولاسیون آن‌ها چنین بیان کردند که 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 جذب آب خمیر و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخت و نگهداری مؤثر است [۲۴].



شکل ۲ تأثیر افزودن صمغ بالنگو شیرازی بر میزان رطوبت نان بدون گلو تن سورگوم

(حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند)

۳-۲- حجم مخصوص

همانگونه که نتایج ارائه شده در شکل ۳ نشان می‌دهد به جز نمونه حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو شیرازی، میزان حجم مخصوص سایر نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگو شیرازی) به طور معنی داری در سطح $P < 0.05$ افزایش یافت. همچنین با مشاهده نتایج مشخص گردید که میزان حجم مخصوص نمونه‌های حاوی صمغ بالنگو شیرازی از سطح صفر تا ۰/۵ درصد روند افزایشی و از ۰/۵ تا ۱/۰ درصد روند کاهشی داشت به گونه‌ای که کمترین ($2/13 \pm 0/04$) و بیشترین ($2/44 \pm 0/05$) میزان این پارامتر به ترتیب مربوط به نمونه حاوی ۱/۰ و ۰/۵ درصد از این صمغ بود. کاهش حجم مخصوص نان بدون گلو تن سورگوم در نتیجه افزودن ۱ درصد صمغ بالنگو شیرازی بدان علت می‌باشد که افزایش بیش از حد صمغ در فرمولاسیون محصولات تخمیری صنایع پخت سبب اختلال در مرحله تخمیر و فعالیت مناسب مخمر می‌شود که این امر به دلیل افزایش بیش از حد جذب آب خمیر است. در همین راستا سیارانی (Sciarini) و همکاران و دمیرکسن (Demirkesen) و همکاران به نتایج مشابهی در نتیجه افزودن صمغ به فرمولاسیون نان بدون گلو تن دست یافتند [۱۴ و ۱۲].

گردیدند [۲۲] و سپس خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پایینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و یو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۱، ۲، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. با داشتن این معلومات پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ۱-۲ محاسبه گردید [۲۳].

رابطه ۱-۲

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

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P}$$

* تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده از اثر صمغ بالنگو شیرازی بر ویژگی‌های کمی و کیفی نان بدون گلو تن سورگوم در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار Mstat-c نسخه ۱/۴۲ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین‌سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن (آزمون تعاقبی) در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

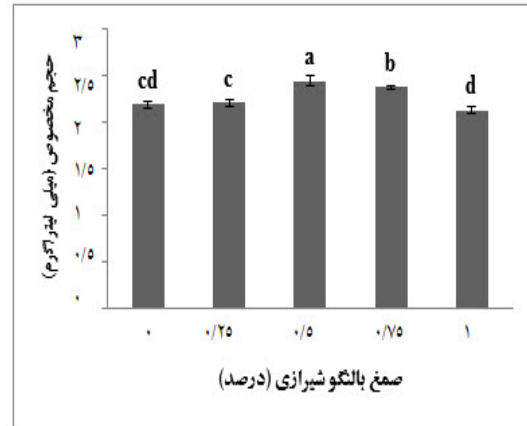
۳-۱- رطوبت

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش درصد صمغ بالنگو شیرازی، میزان رطوبت نان بدون گلو تن نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری افزایش یافت ($P < 0.05$) که البته بین نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد از این صمغ و نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگو شیرازی) تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد مشاهده نگردید. در همین راستا محمد امینی و همکاران با بررسی اثر افزودن صمغ بالنگو شیرازی در ۴ سطح ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱/۰ درصد در فرمولاسیون نان بیان نمودند که با افزایش غلظت این صمغ در خمیر، میزان جذب آب به طور معنی داری افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان این پارامتر مربوط به نمونه حاوی ۱/۰ درصد از صمغ بالنگو شیرازی بود و همین امر سبب افزایش میزان رطوبت محصول نهایی شد [۱۶]. مک کارتی (McCarthy) و همکاران علت افزایش میزان رطوبت مواد غذایی را با افزودن صمغ در

سلول‌های گازی در نتیجه افزایش بیش از حد جذب آب ذکر نمودند [۱۲].

۳-۴- سفتی

نتایج اثر صمغ بالنگو شیرازی در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در شکل ۶ آورده شده است. همانگونه که نتایج میزان سفتی بافت نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت نشان می‌دهد فقط نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ بالنگو شیرازی دارای میزان سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد در سطح $P < 0.05$ بود. این در حالی است که بین نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد از این صمغ و نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود نداشت. همچنین با مشاهده نتایج در این بازه زمانی مشخص شد که نمونه حاوی ۰/۷۵ و ۱/۰ درصد این صمغ از سفتی بیشتری در سطح ۵ درصد برخوردار بود. از سوی دیگر نتایج میزان سفتی در فاصله زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت نشان داد که بیشترین میزان این پارامتر $(2/283 \pm 0/11)$ مربوط به نمونه حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو شیرازی و کمترین آن $(3/817 \pm 0/11)$ مربوط به نمونه حاوی ۰/۵ درصد از این صمغ بود که البته بین این نمونه و نمونه حاوی ۰/۲۵ درصد صمغ بالنگو شیرازی در این بازه زمانی تفاوت معنی‌داری در سطح $P < 0.05$ مشاهده نگردید. لازم به ذکر است که هر میزان سفتی تمام نمونه‌ها در طی مدت زمان نگهداری افزوده شد که این افزایش در نمونه شاهد بیشتر بود. علت بیاتی شدید این نمونه (شاهد) نسبت به سایر نمونه‌ها عدم حضور گلوتن و یا صمغ در فرمولاسیون می‌باشد که این امر سبب تسهیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته و در نتیجه بیاتی سریع‌تر و سفتی بیشتر می‌گردد. به طور کل بیاتی نان، فرآیند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر برگشت به عقب (رتروگراداسیون) آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است که مهم‌ترین عامل بیاتی در محصولات بدون گلوتن صنایع پخت کاهش میزان رطوبت در طی نگهداری می‌باشد [۷ و ۵].

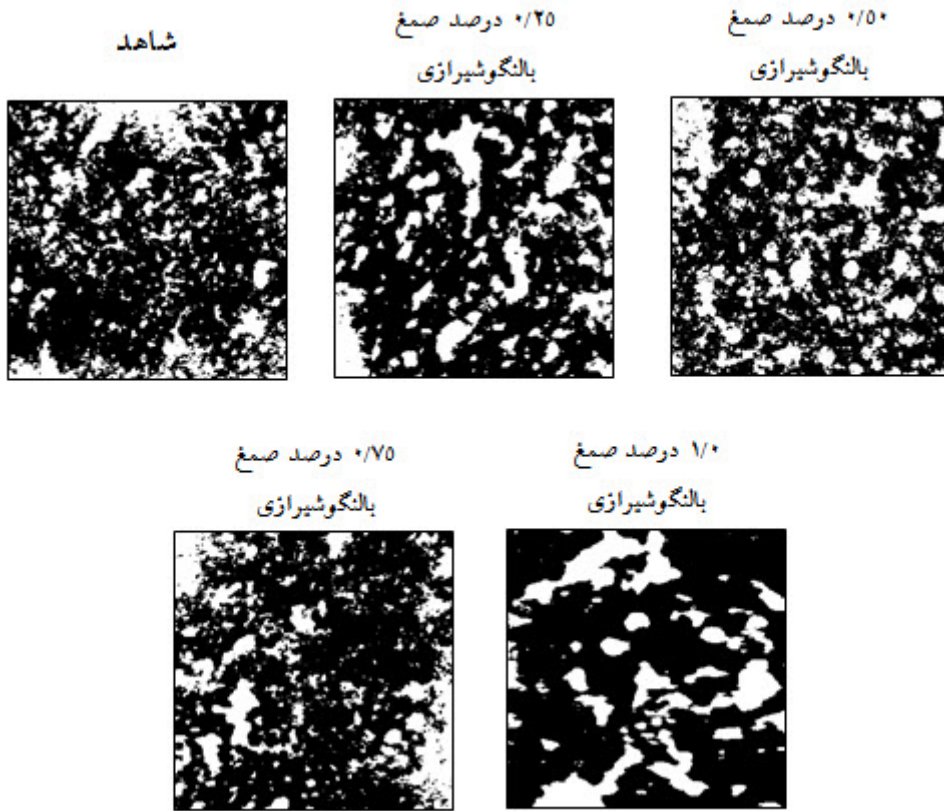


شکل ۳ تأثیر افزودن صمغ بالنگو شیرازی بر میزان حجم مخصوص نان بدون گلوتن سورگوم

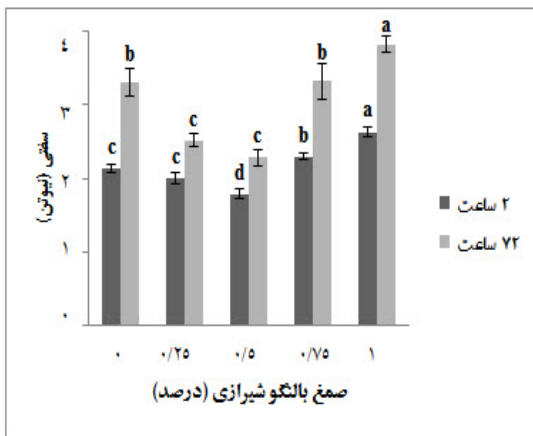
(حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

۳-۳- تخلخل

تصاویر تهیه شده از مغز نمونه‌های نان بدون گلوتن سورگوم حاوی صمغ بالنگو شیرازی در شکل ۴ آورده شده است. علاوه بر این مقادیر تخلخل ارزیابی شده در شکل ۵ نشان می‌دهد فقط دو نمونه حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ بالنگو شیرازی، قادر به افزایش میزان تخلخل نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگو شیرازی) در سطح $P < 0.05$ بودند. این در حالی است که بین این دو نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نگردید. همچنین با مشاهده نتایج مشخص شد که میزان تخلخل نمونه حاوی ۰/۷۵ درصد از این صمغ با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. بنابراین براساس نتایج بدست آمده کمترین میزان این پارامتر مربوط به نمونه حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو شیرازی و بیشترین آن مربوط به دو نمونه حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد از این صمغ بود. در همین راستا صحرائیان و همکاران با بررسی اثر صمغ بالنگو شیرازی در چهار سطح ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۱/۰ درصد بر میزان تخلخل نان بدون گلوتن سورگوم به نتایج مشابهی دست یافتند و بیان نمودند که نمونه حاوی ۱/۰ درصد صمغ بالنگو شیرازی نسبت به سایر نمونه‌ها از میزان تخلخل کمتری برخوردار بود که علت این امر را اختلال در فرآیند تخمیر و کاهش تعداد

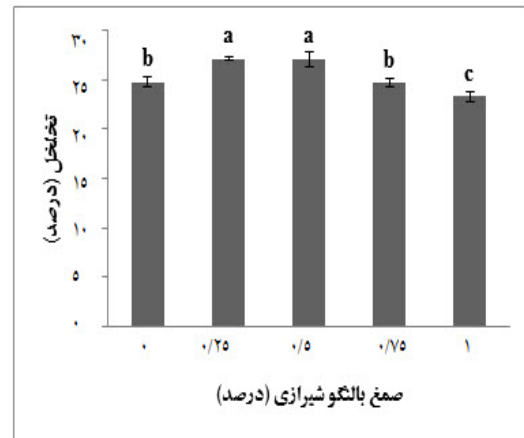


شکل ۴ تصاویر دودویی مغز نمونه‌های نان بدون گلوتن سورگوم حاوی صمغ بالنگوشیرازی



شکل ۶ تأثیر افزودن صمغ بالنگوشیرازی بر میزان سفتی نان بدون گلوتن سورگوم در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت

(حروف مشابه در هر بازه زمانی از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)



شکل ۵ تأثیر افزودن صمغ بالنگوشیرازی بر میزان تخلخل نان بدون گلوتن سورگوم

(حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

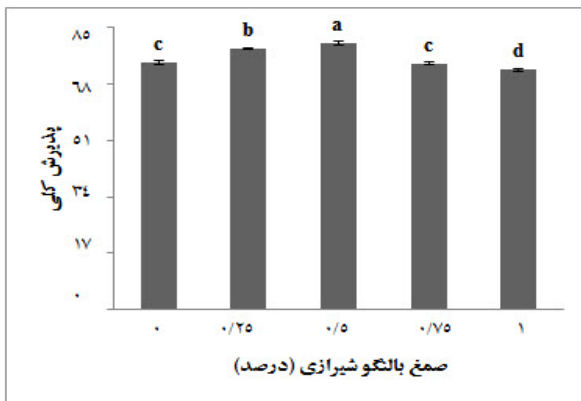
۳-۵- رنگ پوسته

با مشاهده نتایج (جدول ۱) مشخص گردید که با افزایش درصد صمغ بالنگو شیرازی میزان مؤلفه L^* نمونه‌های نان بدون گلوتن نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگو شیرازی) به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). به طوریکه بیشترین میزان مؤلفه L^* ($46/86 \pm 2/55$) و $1/06 \pm 48/84$) به ترتیب مربوط به دو نمونه حاوی $0/75$ و $1/0$ درصد صمغ بالنگو شیرازی و کمترین میزان این مؤلفه مربوط به شاهد ($32/14 \pm 4/39$) بود. در همین راستا صحرائیان و همکاران به نتایج مشابهی در بررسی اثر افزودن صمغ بالنگو شیرازی بر میزان مؤلفه L^* نان بدون گلوتن سورگوم دست یافتند. از سوی دیگر بررسی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزودن صمغ بالنگو شیرازی به فرمولاسیون نان بدون گلوتن در میزان دو مؤلفه a^* و b^* تفاوت معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد ایجاد نمود [۲۱]. در راستای بررسی اثر افزودن صمغ بر رنگ پوسته لازاریدو (Lazaridou) و همکاران و صادق‌نیا و همکاران با افزودن صمغ به نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که کاربرد صمغ در فرمولاسیون نان بدون گلوتن سبب روشن‌تر شدن رنگ پوسته شد. همچنین این محققین محدوده مؤلفه L^* نان بدون گلوتن را بین $32/26$ تا $41/89$ گزارش نمودند. لازم به ذکر است که افزایش میزان مؤلفه L^* پوسته نان به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب توسط صمغ‌هاست. این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته نان می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد [۶، ۸ و ۲۵]. در همین راستا پورلیس (Purlis) و سالوادوری (Salvadori) بیان نمودند که تغییرات سطح نان، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه L^* دارد [۲۶].

۳-۶- خصوصیات حسی

همانگونه که مشاهده می‌شود (جدول ۲ و شکل ۷) با افزودن صمغ بالنگو شیرازی به نان بدون گلوتن تا سطح $0/5$ درصد،

امتیاز نمونه‌ها به لحاظ فرم و شکل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و پذیرشکلی نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). این درحالی بود که افزودن این صمغ تا سطح $0/75$ درصد در افزایش امتیاز خصوصیات سطح بالایی در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مؤثر بود. از سوی دیگر با مشاهده نتایج مشخص گردید که به جز نمونه حاوی $1/0$ درصد صمغ بالنگو شیرازی که سبب کاهش امتیاز بو، طعم و مزه نان بدون گلوتن شد، سایر نمونه‌ها با نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ بالنگو شیرازی) در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. همچنین نتایج ارزیابی خصوصیات سطح پائینی نمونه‌های تولیدی نشان داد که صمغ بالنگو شیرازی در تمام سطوح مورد استفاده در این پژوهش اثر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر این پارامتر نداشت.



شکل ۷ تأثیر افزودن صمغ بالنگو شیرازی بر میزان پذیرش کلی نان بدون گلوتن سورگوم در آزمون حسی

(حروف مشابه از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند)

۴- نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر صمغ بومی بالنگو شیرازی در پنج سطح 0 ، $0/25$ ، $0/50$ ، $0/75$ و 1 درصد بر میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، سفتی، مؤلفه‌های رنگی پوسته و ویژگی‌های حسی نان بدون گلوتن سورگوم بود.

جدول ۱ اثر صمغ بالنگو شیرازی بر رنگ پوسته نان بدون گلوتن

مؤلفه‌های رنگی	صمغ بالنگو شیرازی (درصد)				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱/۰
L*	۳۲/۱۴ ± ۴/۳۹ ^c	۳۶/۹۵ ± ۰/۵۹ ^b	۳۹/۳۴ ± ۰/۸۷ ^b	۴۶/۸۹ ± ۲/۵۵ ^a	۴۸/۸۱ ± ۱/۰۶ ^a
a* ^{ns}	۴/۷۰ ± ۰/۱۳	۴/۶۷ ± ۱/۱۵	۴/۶۱ ± ۱/۸۵	۴/۵۵ ± ۰/۱۷	۴/۵۰ ± ۰/۸۲
b* ^{ns}	۱۳/۱۱ ± ۱/۷۵	۱۳/۰۱ ± ۰/۹۳	۱۳/۷۸ ± ۲/۵۶	۱۳/۷۱ ± ۲/۳۵	۱۳/۶۹ ± ۱/۲۰

L*: شاخص روشنایی، a*: شاخص قرمزی و b*: شاخص زردی

حروف مشابه در هر ردیف از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

ns: از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۲ اثر صمغ بالنگو شیرازی بر خصوصیات حسی نان بدون گلوتن

خصوصیات حسی	صمغ بالنگو شیرازی (درصد)				
	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱/۰
فرم و شکل	۱۷/۳۳ ± ۰/۶۱ ^b	۱۹/۰۷ ± ۰/۴۶ ^a	۱۹/۳۳ ± ۰/۲۳ ^a	۱۷/۶۰ ± ۰/۴۰ ^b	۱۷/۰۷ ± ۰/۴۶ ^b
خصوصیات سطح بالایی	۹/۳۳ ± ۰/۳۶ ^b	۹/۶۰ ± ۰/۰۶ ^{ab}	۹/۸۰ ± ۰/۱۰ ^a	۹/۴۰ ± ۰/۰۰ ^{ab}	۹/۳۳ ± ۰/۱۰ ^b
خصوصیات سطح پایینی ^{ns}	۴/۴۰ ± ۰/۳۱	۴/۵۷ ± ۰/۲۰	۴/۶۰ ± ۰/۲۰	۴/۵۰ ± ۰/۲۰	۴/۵۰ ± ۰/۳۱
پوکی و تخلخل	۹/۲۷ ± ۰/۳۱ ^a	۹/۵۳ ± ۰/۱۲ ^a	۹/۶۰ ± ۰/۲۰ ^a	۸/۶۷ ± ۰/۳۱ ^b	۸/۴۰ ± ۰/۲۰ ^b
سفتی و نرمی بافت	۸/۲۷ ± ۰/۳۱ ^c	۹/۰۰ ± ۰/۲۰ ^b	۹/۴۷ ± ۰/۱۲ ^a	۸/۳۳ ± ۰/۱۲ ^c	۸/۱۳ ± ۰/۳۱ ^c
قابلیت جویدن	۱۲/۷۰ ± ۰/۱۷ ^c	۱۳/۷۰ ± ۰/۳۵ ^b	۱۴/۳۰ ± ۰/۴۶ ^a	۱۲/۹۰ ± ۰/۳۰ ^c	۱۲/۵۰ ± ۰/۱۷ ^c
بو، طعم و مزه	۱۳/۰۰ ± ۰/۴۶ ^a	۱۳/۱۰ ± ۰/۳۵ ^a	۱۳/۲۰ ± ۰/۳۰ ^a	۱۲/۹۰ ± ۰/۵۲ ^a	۱۲/۴۰ ± ۰/۳۵ ^b

حروف مشابه در هر ردیف از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

ns: از نظر آماری در سطح $P < 0.05$ تفاوت معنی داری ندارند.

[2] Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology*, 15: 143-152.

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

[4] Lopez, A. C. B., Pereira, A. J. G., Junqueira, R. G. 2004. Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. *Braz Arch Biol Technology*, 47: 63-70.

[5] Ebrahimpour, N., Peighambaroust, S.H., Azadmard-Damirchi, S., and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research*, Vol. 20.3.No. 1 [in Persian].

نتایج به وضوح نشان داد که با افزایش میزان صمغ بالنگو شیرازی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن، میزان رطوبت و مؤلفه رنگی L* پوسته افزایش یافت. این در حالی بود که بیشترین میزان حجم مخصوص امتیاز پذیرش کلی در آزمون حسی و کمترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت در نمونه حاوی ۰/۵ درصد صمغ و بیشترین میزان تخلخل و کمترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت در نمونه‌های حاوی ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد صمغ مشاهده گردید.

۵- منابع

[1] Thompson, T. 2001. Wheat starch, gliadin and the gluten free diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 101: 1456-1459.

- optimization of mucilage extraction from *Lallemantiaroyleana*: A response surface-genetic algorithm approach. EFFoST/EHEDG Joint Conference, Lisbon Portugal.
- [17] Sahraiyān, B., HabibiNajafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., and Naghipour, F. 2012. Formulation gluten free bread by CMC and *Lallemantiaroyleana* gum. National Conference in Food Industries. Islamic Azad University, Quchan branch [in Persian].
- [18] AACCC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. *American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.
- [19] Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [20] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [21] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., GhiafehDavoodi, M., HematianSourki, A., & RazavizadeganJahromi, S.H. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34: 1435-1445.
- [22] Gacula, J. R., and Singh. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A. 360-366.
- [23] Rajabzadeh, N. 1991. Iranian Flat Bread Evaluation. Pp. 1-50, *Iranian Cereal and Bread Research Institute*, Publication no.71, Tehran, Iran [in Persian].
- [24] McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J., and Arendt, E. K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-615.
- [25] Sahraiyān, B., HabibiNahafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., and Naghipour, F. 2012 b. Production of gluten free bread by sorghum flour and Iranian native gum. *National Conference of Iranian Agricultural Research Strategy*. Islamic Azad University, Takestan branch [in Persian].
- [26] Purlis, E and Salvadori, V. 2009. Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
- [6] Lazaridou, A., Duta, D., Pagageorgiou, 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: 1033-1047.
- [7] Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M., and Huber, C, S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-335.
- [8] Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Seyedin, M. 2011. Formulation and production gluten free flat bread by xanthan and CMC. M.Sc Thesis, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University [in Persian].
- [9] Curic, D., Gabric, D., Bauman, I., Tusak, D., Novotni, D. 2007. Gluten free bread production by the corn meal and soybean flour extruded blend usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(3): 227-232.
- [10] Ribotta, P. D., Ausar, S. F., Morcillo, M. H., Perez, G. T., Beltramo, D. M., and Leon, A. E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour. *Journal of Science Food Agriculture*, 84: 1969-1974.
- [11] Kohajdova, Z., and Karovicova, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63(1): 26-38.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten-free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303.
- [15] Sahraiyān, B., HabibiNajafi, M. B., Karimi, M., Haddad Khodaparast, M. H., Sheikholeslami, Z., and Naghipour, F. 2012. Application of *Lallemantiaroyleana* gum in production of sorghum gluten free bread for celiac disease. *National Conference on Biotechnology, Biochemistry and Bioengineering*. Yazd [in Persian].
- [16] Mohammad Amini, A., and Haddad Khodaparast, M. H. 2007. Modeling and

The effect of BalanguShirazi (*Lallemantiaroyleana*) gum on quantitative and qualitative of sorghum gluten free bread

Sahraiyani, B. ¹, Karimi, M. ², Habibi Najafi, M. B. ³, Hadad Khodaparast, M. H. ³, Ghiafeh Davoodi, M. ², Sheikholeslami, Z. ², Naghipour, F. ^{1*}

1. Ph.D Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

2. Assistant Professor, Agriculture and Natural Resource Research Center. Khorasan-e-Razavi, Mashhad.

3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 91/8/23 Accepted: 91/12/3)

Gluten-free bakery products is an important role in the diet of coeliac disease and should be supplied a part of daily energy, protein, minerals and vitamins of these patient's needs. Therefore the aim of this study was evaluation of adding BalanguShirazi gum (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1%) on moisture content, specific volume, porosity, crust color (L^* , a^* and b^* values) and sensory properties (overall acceptance) of sorghum gluten-free semi volume Barbari bread. Crust color and porosity were estimated and analyzed by Image J software. The results showed the moisture content and L^* value were increased by adding this gum. However the highest specific volume and overall acceptance in sensory evaluation were observed in sample including 0.5% BalanguShirazi gum. On the other hand the lowest firmness (2hr after baking) was observed in this sample. Also the samples containing 0.25 and 0.5% BalanguShirazi gum had the highest porosity and the lowest firmness (72hr after baking).

Key Words: Gluten-free semi volume bread, BalanguShirazi gum, Texture, Porosity, Crust color.

*Corresponding Author E-Mail Address: naghipoor_f@yahoo.com