

بررسی خواص رئولوژیکی، بافتی و ماندگاری نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم، نشاسته سیب زمینی و صمغ زانتان

سارا دانشگر^{۱*}، زهرا امام جمعه^۲، سهراب معینی^۳، رویا آقاقلی زاده^۴

۱- کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران شمال

۲- دکتری مهندسی فرآیندهای غذایی، استاد دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی

۳- دکتری مهندسی بیوسیستم کشاورزی، استاد دانشگاه آزاد اسلامی- تهران شمال، گروه شیلات و مهندسی علوم و صنایع غذایی

۴- دکتری مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۳)

چکیده

عمده‌ترین شاخص در بهبود کیفیت آرد و نان، گلوتن آرد می‌باشد که سبب بهبود بافت و حجم نان می‌شود. درحالی‌که این ترکیب در بیماران سلیاکی ایجاد مشکل می‌نماید. لذا هدف از این تحقیق، تولید نان حجیم بدون گلوتن با کیفیت مطلوب و ارزش تغذیه‌ای بالا با استفاده از مخلوطی از آرد سورگوم و نشاسته سیب‌زمینی و هیدروکلونید زانتان می‌باشد.

به این منظور، از مخلوط آردهای سورگوم و نشاسته سیب زمینی با نسبت های ۱:۳، ۱:۲ و ۱:۱ و صمغ زانتان با مقادیر ۰، ۱/۵ و ۳ درصد برای تهیه نان باگت استفاده شد. آنگاه ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر، توسط دستگاه فارینوگراف و اکستنسوگراف، مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس از تیمارها، نان تهیه شد و ویژگی‌های ارگانولپتیکی، رنگ، حجم، بافت و بیاتی نان در زمان های ۱، ۳۶ و ۷۲ ساعت پس از پخت تعیین گردید. پس از آن نتایج با استفاده از روش آماری سطح پاسخ با طرح فاکتوریل کامل و توسط نرم افزار Minitab در سطح معنا داری ۹۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و درصد زانتان، میزان جذب آب آرد، زمان عمل آوری خمیر، پایداری خمیر و عدد کیفیت فارینوگراف افزایش می‌یابد. با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی، انرژی اکستنسوگراف و قابلیت کشش خمیر، کاهش ولی با افزایش صمغ زانتان، افزایش می‌یابند. درحالی‌که عدد نسبت اکستنسوگراف، با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی افزایش و با افزایش صمغ زانتان، کاهش می‌یابد. ویژگی های حسی و بافتی نان حجیم تولید شده نیز با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و همچنین افزایش صمغ زانتان، بهبود می‌یابند. ضمن اینکه افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و صمغ زانتان موجب افزایش مدت ماندگاری نان حجیم حاصل می‌شود.

کلید واژگان: نان بدون گلوتن، آرد سورگوم، صمغ زانتان و نشاسته سیب زمینی.

* مسئول مکاتبات: saradaneshgar@yahoo.com

۱- مقدمه

سایر غلات در تولید محصولات صنایع پخت استفاده نمود. جایگزین کردن ترکیبات دیگر به جای گلوتن عمده‌ترین مشکل تکنولوژیکی در تولید این قبیل نانها می‌باشد. از آنجاکه در غیاب گلوتن پخت نان مشکل است، به منظور غلبه بر مشکل فقدان ویسکوالاستیسیته لازم، صمغهای گوناگونی نظیر زانتان، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز^۱، صمغ دانه افاقیا، گوار، کاراگینان، پکتین، آگار و نشاسته (سیب زمینی، ذرت و کاساوا) اغلب در فرمولاسیون محصولات تخمیری فاقد گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرند [۵]. زانتان در محصولات صنایع پخت سبب تثبیت سلول های هوا، حفظ و نگهداری آن ها و در نتیجه افزایش حجم، نرمی و تخلخل در بافت محصول نهایی می‌گردد. این صمغ نسبت به دما، pH و تخریب آنزیمی غیرحساس و پایدار است و همین امر منجر به حفظ ویسکوزیته و انبساط خمیر می‌گردد [۶]. در محصولات نانوائی ویژه، نشاسته در ایجاد بافت، ظاهر و قابلیت پذیرش کلی نقش موثری دارد [۷]. نشاسته سیب زمینی از این نظر نسبت به سایر نشاسته ها اهمیت دارد که میزان بالایی فسفر داشته و به همین دلیل ژلهای حاصل از آن ویسکوزیته بالایی دارند [۸]. با توجه به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در مورد امکان تولید نان باگت با استفاده از آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی انجام نشده است، لذا هدف از این تحقیق تعیین بهترین ترکیب درصد آرد سورگوم، نشاسته و صمغ جهت تهیه نانی دارای بافت و کیفیت مطلوب با مدت زمان ماندگاری بیشتر می‌باشد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

آرد سورگوم تهیه شده از دانه سورگوم بای کالر^۲ رقم سپیده تهیه شده از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، نشاسته سیب زمینی کارخانه تک الوند همدان، خمیرمایه تازه شرکت گل‌مایه، نمک کلرید سدیم مرک^۳، شکر سفید کارخانه نقش جهان، روغن مایع فامیلا، شیرخشک بدون چربی شرکت NDCO، صمغ زانتان شرکت سیگما.

گلوتن ماده نامحلول در آب آرد گندم است که بعد از شستشو یک توده الاستیک را تشکیل می‌دهد. هنگامیکه در تولید نان، آرد گندم بطور مکانیکی با آب مخلوط می‌شود، پروتئین‌های گندم ویژگی‌های بی نظیری برای توسعه شبکه ویسکوالاستیک نشان می‌دهند. این شبکه قادر است گازهای تولید شده در طی فرآیند تخمیر را در خمیر نگه دارد که منجر به ایجاد ساختار متخلخل مغز نان می‌گردد. شبکه گلوتن تعیین کننده اصلی ویژگی های خمیر (کشش، مقاومت به کشش، مخلوط کردن و قابلیت نگهداری گاز) و بطور کلی کیفیت نان می‌باشد. این در حالیست که بسیاری از مردم جهان بطور ژنتیکی قادر به هضم گلوتن نبوده و مصرف آن توسط این افراد منجر به بروز واکنشهای منفی می‌گردد بطوریکه طبق گزارشات سازمان بهداشت جهانی (WHO) باید گلوتن موجود در غذاهای این بیماران کمتر از ۲۰ ppm باشد براین اساس تنها معالجه مؤثر این بیماران، رژیم بدون گلوتن در تمام عمر می‌باشد که موجب بهبود بالینی می‌گردد بنابراین این افراد به غذاهای فاقد گلوتن نیاز دارند که متأسفانه در ایران این نوع غذاها بسیار محدود تولید می‌شوند. گلوتن در گندم، جو، چاودار و یولاف به وفور وجود دارد ولی در بیماران سلیاکی ایجاد مشکل می‌نماید [۱]. غلات فاقد گلوتن یا با محتوی گلوتن بسیار کم مانند ذرت و برنج برای بیماران سلیاک غیر سمی می‌باشند. درحالیکه غیاب پروتئین گلوتن در فرمول نان منجر می‌شود تا نانهای بدون گلوتن بافت داخلی ضعیفتری داشته و سریعتر بیات شوند و همچنین موجب مقاومت کمتر خمیر به عملیات مکانیکی و تغییرات انجام گرفته در فرآیند تخمیر می‌شود. بنابراین جهت تولید محصولات بدون گلوتن به گونه‌ای که قابلیت استفاده توسط این دسته از بیماران را داشته باشد، می‌توان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب زمینی و برنج) و آرد بدون گلوتن نظیر ارزن [۲]، سورگوم [۳]، کاساوا، آمارانت، گندم سیاه و گنه گنه که عاری از گلوتن هستند استفاده نمود [۴]. نتایج پژوهش هولس و همکاران در سال ۱۹۸۰ نشان می‌دهد، دانه سورگوم به لحاظ ارزش تغذیه‌ای معادل با ارزن، ذرت، گندم و برنج می‌باشد. از اینرو می‌توان از سورگوم به عنوان جایگزین مناسبی برای گندم و یا

1. HPMC
2. Sorghum bicolor
3. Merck

حسی و بیاتی، با استفاده از آزمون امتیازدهی^۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند، در تمامی آنالیزها، سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- خصوصیات فیزیکی شیمیایی آرد سورگوم

Table 1- Physicochemical characteristics of sorghum flour

physicochemical characteristics of sorghum flour	g/100 g
Moisture	8.21±0.06
Protein	11.11±0.09
Fat	2.55±0.02
Ash	1.65±0.01
Particle size> 475 μ	1.81±0
Particle size> 180 μ	38.02±0.01
Particle size> 125 μ	21.63±0.02
Particle size under sieve	38.54±0

بر اساس جدول فوق و مقایسه نتایج با غلات دیگر [۹]، مشخص گردید که میزان پروتئین سورگوم کمتر از گندم ولی بیشتر از برنج و ذرت می باشد، درحالی که درصد چربی سورگوم بیشتر از گندم و برنج و کمتر از ذرت می باشد. مقدار کمتر پروتئین در آرد سورگوم نسبت به آرد گندم را می توان به نداشتن گلوتن در سورگوم نسبت داد.

۲-۳- خصوصیات شیمیایی نشاسته سیب زمینی

بر اساس جدول فوق، میزان پروتئین نشاسته سیب زمینی پایین می باشد و به عنوان پرکننده در فرمولاسیون به کار می رود.

Table 2 Chemical characteristics of potato starch

chemical characteristics of potato starch	g/100 g
Moisture	11±0.02
Protein	1.5±0.07
Fat	2±0.01
Ash	4.16±0.03

4. Ranking

۲-۲- روشها

۱-۲-۲- آسیاب سورگوم

دانه های سورگوم تهیه شده پس از تمیز شدن، توسط آسیاب چکشی موجود در مرکز پژوهش های غلات آسیاب شد. سپس آرد حاصل از الک با مش ۴۷۵ میکرون عبور داده شد.

۲-۲-۲- آزمونها

رطوبت (AACC (44-15)، پروتئین (AACC (46-16)، خاکستر (AACC (08-01)، چربی (AACC (10-30)، اندازه ذرات (AACC (66-20)، فارینوگراف (AACC (54-21)، اکستنسوگراف (AACC (54-10)، ارزیابی حجم (AACC (72-10)، بافت سنجی (AACC (74-09)، ارزیابی حسی نان (استاندارد ملی ایران، شماره ۲۶۲۸). درآزمون بافت سنجی از تست نفوذی دستگاه Texture Analyser مدل LFRA (آمریکا) استفاده گردید. بطوریکه قطر پروب مورد استفاده ۱/۲۷ میلی متر، سرعت حرکت آن ۱ میلی متر بر ثانیه و فشار وزنه ۱۰۰۰ نیوتن بود و همچنین رنگ سنجی که رنگ مغز و پوسته نان بوسیله دستگاه رنگ سنج هانتر لب اندازه گیری شد.

۳-۲-۲- تهیه خمیر و پخت نان

در این تحقیق از روش مستقیم برای تهیه خمیر استفاده شد. تیمارهای مختلف با نسبت های آرد سورگوم به نشاسته سیب زمینی ۱:۱، ۱:۲ و ۱:۳ بدون اضافه کردن صمغ زانتان و با مقادیر ۱/۵ و ۳ درصد صمغ زانتان تهیه شدند. سپس آب و پس از آن روغن افزوده شد. این ترکیبات به مدت ۵ دقیقه کاملاً مخلوط شده تا خمیر یکنواختی بدست آمد. در مرحله بعدی چانه گیری و فرم دهی شده و پس از آن داخل گرمخانه با دمای ۲۸-۳۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و حدوداً به مدت ۴۵ دقیقه تخمیر صورت گرفت. بعد از آن در فر با دمای ۲۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه پخت انجام شد. سپس نان در درجه حرارت محیط سرد شده و در کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی گردید.

۴-۲-۲- آنالیز آماری

نتایج حاصله با استفاده از طرح آماری فاکتوریل کامل با سه تکرار و دو متغیر (هر کدام سه سطح) با استفاده از نرم افزار Minitab مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده های حاصل از ارزیابی

۳-۳- خصوصیات فارینوگرافی خمیر

Table 3 Results of farinograph analysis

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan (%)	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Degree of softening (BU)	Farinograph quality number
1:1	0	66.80 ^c ±1.30	19.83 ^a ±0.15	7.36 ^d ±0.40	0	200 ^a ±0
2:1		68.50 ^d ±0.45	19.93 ^a ±0.11	10.10 ^c ±0.45	0	200 ^a ±0
3:1		71.13 ^c ±0.32	19.80 ^a ±0.34	14.16 ^a ±0.65	0	200 ^a ±0
1:1	1.5	74.10 ^d ±0.95	2.66 ^e ±0.35	2.66 ^f ±0.11	37.33 ^a ±3.21	79.66 ^d ±3.51
2:1		74.73 ^d ±0.25	2.96 ^e ±0.25	3.16 ^f ±0.45	32.33 ^b ±3.05	105.33 ^c ±8.62
3:1		76.50 ^c ±0.50	3.43 ^e ±0.40	5.66 ^e ±0.57	25.33 ^c ±5.50	125.33 ^b ±5.03
1:1	3	77.43 ^c ±0.40	5.53 ^d ±0.47	6.30 ^e ±0.20	13.00 ^d ±2.00	200 ^a ±0
2:1		80.00 ^b ±1.00	6.43 ^c ±0.40	7.46 ^d ±0.35	8.33 ^e ±1.52	200 ^a ±0
3:1		82.00 ^a ±0.50	8.46 ^b ±1.25	12.60 ^b ±0.65	5.33 ^f ±0.57	200 ^a ±0

Values followed by a different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

صمغ زانتان نیز بر روی زمان عمل‌آوری معنی‌دار می‌باشد. بطوریکه با افزایش میزان زانتان تا ۱/۵ درصد زمان عمل‌آوری کاهش ولی با افزایش بیشتر زانتان، زمان عمل‌آوری نیز افزایش می‌یابد. آرد سورگوم دارای زمان عمل‌آوری کمتری از آرد گندم می‌باشد. که این بر اساس یافته‌های یوسف و همکاران (۲۰۱۲)، سلیم الرحمان و همکاران (۲۰۰۶) و ال خلیفه و ال تینی (۲۰۰۲) می‌باشد [۱۴، ۱۵، ۱۶]. روزل و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که افزودن صمغ‌هایی نظیر زانتان به فرمولاسیون خمیر می‌تواند زمان گسترش خمیر را بهبود بخشد [۱۷]. از سوی دیگر پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) و صادق نیا و همکاران (۱۳۸۹) به این نکته اشاره نمودند که افزایش درصد جذب آب باعث افزایش زمان گسترش خمیر می‌گردد که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های این محققین مطابقت دارد [۱۲، ۱۸].

بعلاوه هم نسبت‌های مختلف سورگوم و نشاسته و هم درصد‌های مختلف صمغ زانتان بر روی پایداری، اثر معنی‌داری دارند. بطوریکه با افزایش میزان سورگوم، پایداری نیز افزایش می‌یابد اما با افزایش صمغ زانتان تا ۱/۵ درصد پایداری کاهش و سپس با افزایش زانتان، افزایش می‌یابد. در همین راستا کوریک و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند افزایش ثابت خمیر در اثر افزودن صمغ، به دلیل تشکیل شبکه‌ای مشابه با شبکه گلوتن است که سبب تقویت بافت خمیر و افزایش استحکام آن می‌شود [۱۹].

درجه سست شدن خمیر نیز با افزایش نسبت آرد سورگوم به نشاسته روند نزولی دارد. در صورتیکه با افزایش زانتان تا ۱/۵

با توجه به اینکه آردهای بدون گلوتن قوام کمتری از آرد‌های حاوی گلوتن دارند در این تحقیق برای آرد سورگوم خط ۲۵۰ برابندر جهت انجام آزمایشات فارینوگرافی بدست آمد. این نتیجه مطابق یافته‌های کائوین (۱۹۹۸) می‌باشد که بیان نموده است خمیر نانهای بدون گلوتن سیال‌تر از خمیر گندم می‌باشند و از نظر ویسکوزیته نیز شبیه خمیر کیک می‌باشند [۱۰].

نتایج آنالیز واریانس نسبت‌های مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیب‌زمینی حاوی درصد‌های مختلف صمغ زانتان بر ویژگی‌های فارینوگرافی بیانگر آن است که بین میزان جذب آب و درصد صمغ زانتان رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد. همچنین با افزایش نسبت آرد سورگوم، میزان جذب آب افزایش می‌یابد پس بین این دو فاکتور نیز رابطه مثبت و مستقیمی وجود دارد. این نتیجه مطابق یافته‌های لازاریو و همکاران (۲۰۰۷) می‌باشد که جذب آب خمیرهای بدون گلوتن با افزودن هیدروکلوئیدهای مختلف مثل زانتان افزایش می‌یابد [۱۱]. افزایش درصد جذب آب توسط صمغ‌ها به دلیل ویژگی آب‌دوستی و احتمالاً وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آن‌هاست. پور اسماعیل و همکاران (۱۳۸۹) نتایج مشابهی را در اثر افزودن صمغ زانتان به فرمولاسیون خمیر نان بدون گلوتن بدست آوردند [۱۲]. ضمن اینکه لیو و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که نشاسته سیب‌زمینی نیز میزان جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد [۱۳].

همچنین نسبت مقادیر مختلف سورگوم بر روی زمان عمل‌آوری، تاثیر مثبت و معنی‌داری دارد. ضمن اینکه اثر درصد‌های مختلف

فارینوگراف در میزان ۱/۵ درصد زانتان است. از آنجاییکه عدد کیفیت فارینوگراف منعکس کننده تمامی پارامترهای مورد ارزیابی توسط فارینوگراف می‌باشد بنابراین با توجه به نتایج حاصله می‌توان چنین بیان نمود که با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب‌زمینی و درصد صمغ زانتان عدد کیفیت فارینوگراف افزایش می‌یابد.

درصد، درجه سست شدن افزایش و با افزایش بیشتر زانتان، کاهش می‌یابد. روزل و همکاران (۲۰۰۱) نیز نتایج مشابهی را با افزودن صمغ گوار به مخلوط آرد بدون گلوتن بدست آوردند که نشان دهنده قویتر شدن بافت خمیر نسبت به نمونه بدون صمغ است [۱۷]. در حالیکه، عدد کیفیت فارینوگراف با افزایش نسبت آرد سورگوم روند افزایشی دارد همچنین کمترین عدد کیفیت

Table 4 Results of extensograph analysis

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan (%)	Energy (cm ²)	Resistance to Extension (BU)	Extensibility (mm)	Ratio Number (BU)
1:1	0	11.66 ^d ±0.57	50.66 ^{bc} ±3.51	17.66 ^d ±2.08	2.86 ^b ±0.51
2:1		7.00 ^e ±1.00	49.00 ^{bcd} ±1.00	15.00 ^e ±1.00	3.23 ^{ab} ±0.15
3:1		6.66 ^e ±1.00	44.66 ^d ±3.05	12.33 ^f ±0.57	3.63 ^a ±0.32
1:1	1.5	26.00 ^b ±1.00	31.66 ^b ±0.57	31.66 ^b ±0.57	1.00 ^e ±0
2:1		25.33 ^b ±0.25	46.66 ^{cd} ±1.15	26.00 ^c ±2.64	1.80 ^{de} ±0.20
3:1		25.00 ^b ±1.00	52.66 ^b ±3.05	24.00 ^c ±1.00	2.16 ^{cd} ±0.15
1:1	3	29.00 ^a ±1.00	45.66 ^{cd} ±3.05	35.00 ^a ±1.00	1.26 ^{fg} ±0.11
2:1		28.00 ^a ±1.00	59.00 ^a ±3.00	35.00 ^a ±1.00	1.66 ^{ef} ±0.05
3:1		23.00 ^c ±1.00	58.33 ^a ±4.50	25.33 ^c ±1.52	2.26 ^c ±0.20

Values followed by a different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

در حالیکه با افزایش نسبت‌های مختلف آرد سورگوم، قابلیت کشش کاهش می‌یابد بنابراین بین این دو فاکتور همبستگی منفی وجود دارد. همچنین با افزایش میزان صمغ زانتان، قابلیت کشش خمیر افزایش می‌یابد، بنابراین بین میزان قابلیت کشش خمیر و صمغ زانتان رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد. لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزودن مقدار پائین هیدروکلونیدها به نان های بدون گلوتن سبب کاهش در الاستیسیته مغز نان می‌شود ، اما در بعضی از حالات، افزایش مقدار صمغ سبب افزایش الاستیسیته نان حاصل نسبت به نان کنترل می‌شود. این محققان گزارش کردند افزودن صمغ زانتان در سطح ۲ درصد در مخلوط آردی شامل آرد برنج و نشاسته ذرت سبب افزایش الاستیسیته می‌شود که این تفاوت‌ها در نتایج بدست آمده می‌تواند به علت تفاوت در پایه فرمولاسیون بدون گلوتن خصوصا میزان آب به کار رفته در آنها و هیدروکلونیدهای مورد استفاده باشد [۱۱].

ضمن اینکه با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی، میزان عدد نسبت افزایش می‌یابد پس بین این دو فاکتور رابطه معنادار و مثبتی وجود دارد. همچنین با افزایش میزان صمغ زانتان، عدد نسبت کاهش می‌یابد. بنابراین بدلیل اینکه سورگوم مقاومت به کشش را افزایش و قابلیت کشش را کاهش می‌دهد پس عدد نسبت افزایش می‌یابد. اما با افزودن زانتان و نشاسته عدد نسبت کاهش می‌یابد چون الاستیسیته خمیر افزایش می‌یابد.

۳-۴- خصوصیات اکستنسوگرافی خمیر

نتایج آنالیز واریانس در نسبت‌های مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و درصدهای مختلف صمغ زانتان بر روی ویژگیهای اکستنسوگرافی نشان می‌دهد با افزایش نسبت آرد سورگوم و نشاسته، میزان انرژی کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش میزان صمغ زانتان تا ۳ درصد میزان انرژی افزایش می‌یابد. بدلیل اینکه میزان انرژی نشانگر سطح زیر نمودار اکستنسوگراف می‌باشد بنابراین با افزایش مقاومت به کشش و قابلیت کشش، میزان انرژی افزایش خواهد یافت و بالعکس. پس چون با افزایش آرد سورگوم و کاهش صمغ زانتان میزان سفتی خمیر افزایش و قابلیت کشش کاهش می‌یابد، سطح زیر نمودار (انرژی) نیز کاهش می‌یابد.

همچنین مقاومت به کشش با افزایش نسبت آرد سورگوم تا میزان ۳، روند صعودی دارد و بعد از آن، کاهش می‌یابد. همچنین مقاومت به کشش تا ۱/۵ درصد صمغ زانتان کاهش و مجدداً تا ۳ درصد افزایش می‌یابد. لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند در میان هیدروکلونیدهای پکتین، کربوکسی متیل سلولوز، آگاروز، زانتان و بتا گلوکان، صمغ زانتان اثر بسیار مشهودی روی خواص ویسکوالاستیک خمیر دارد همچنین افزایش الاستیسیته و مقاومت به کشش خمیر توسط صمغ زانتان بیش از سایر هیدروکلونیدها می‌باشد [۱۱].

۳-۵-رنگ سنجی

Table 5 Results of Hunterlab(Colorimetric)

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan (%)	a*	b*	L*
1:1	0	15.60 ^a ±0.05	32.65 ^a ±0	42.30 ^t ±0.04
2:1		10.85 ^f ±0.02	30.51 ^d ±0.02	47.88 ^e ±0.05
3:1		11.46 ^c ±0.01	31.66 ^b ±0.03	54.75 ^c ±0.03
1:1	1.5	10.90 ^t ±0.05	31.59 ^b ±0.04	41.27 ^g ±0.01
2:1		12.86 ^d ±0.01	28.36 ^f ±0.03	48.00 ^d ±0.04
3:1		7.26 ^h ±0	28.19 ^g ±0.03	55.40 ^b ±0.04
1:1	3	14.19 ^b ±0.01	27.37 ^h ±0.02	40.33 ^h ±0.03
2:1		13.16 ^c ±0.01	31.08 ^c ±0.02	48.36 ^c ±0.02
3:1		9.86 ^g ±0.02	29.45 ^e ±0.02	55.93 ^a ±0.01

Values followed by a different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

Table 6 Results of specific volume determination

Ratio of sorghum flour : potato starch	Xanthan (%)	Specific volume (kg/ml)
1:1	0	0.311 ^a ±0
2:1		0.286±0.001 ^b
3:1		0.225 ^f ±0
1:1	1.5	0.275 ^c ±0.001
2:1		0.249 ^d ±0.005
3:1		0.199 ^g ±0
1:1	3	0.239 ^e ±0.005
2:1		0.225 ^f ±0
3:1		0.196 ^g ±0

Values followed by a different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

همچنین با افزایش نسبت آرد سورگوم، میزان وزن حجمی نان کاهش می‌یابد پس بین این دو فاکتور رابطه معکوسی وجود دارد. دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) (b) دریافتند بعضی از صمغها مثل زانتان و مخلوط زانتان و گوار موثرترین صمغها در اصلاح ساختار خمیر نانهای بدون گلوتن هستند درحالیکه با همین صمغها بیشترین حجم مخصوص بدست می‌آید [۲۱]. همچنین گالاگر (۲۰۰۹) بیان کرده است که حجم بیشتر نان زمانی حاصل می‌شود که نشاسته ذرت تا ۳۰ درصد به آرد سورگوم اضافه می‌شود [۲۲]. سیارانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز با بررسی اثر صمغ

نتایج آنالیز واریانس اثر نسبتهای مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیب‌زمینی و درصدهای مختلف صمغ زانتان بر روی مولفه a* و b* در سطح p<0.05 معنی‌دار نمی‌باشد. براساس نتایج پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) افزودن صمغ زانتان در هر دو سطح ۱ درصد و ۱/۵ درصد تأثیری روی مولفه b* ناناها نداشت [۱۲].

این درحالیست که درصدهای مختلف صمغ زانتان اثر معنی‌داری بر روی مولفه رنگ L* ندارد درصورتیکه تأثیر متقابل نسبت آرد سورگوم و نشاسته اثر معنی‌داری بر روی مولفه L* دارد. یعنی بین مولفه L* (میزان روشنی و تاریکی نمونه) و نسبت آرد سورگوم رابطه مثبت و مستقیمی وجود دارد. در همین راستا پورلیس و سالوادوری (۲۰۰۹) 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 مولفه L* دارد [۲۰].

۳-۶-وزن حجمی

نتایج آنالیز واریانس در نسبتهای مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیب‌زمینی و درصدهای مختلف صمغ بر روی وزن حجمی نان نشان می‌دهد، با افزایش میزان صمغ زانتان، وزن حجمی کاهش و بنابراین حجم نان افزایش می‌یابد، در نتیجه بین میزان حجم نان و صمغ زانتان رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد.

و ۷۲ ساعت پس از پخت، توسط ۱۰ پانل آموزش دیده و با استفاده از روش امتیازدهی (حداکثر امتیاز ۱۰۰ و حداقل ۰) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

بر میزان حجم نان بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که استفاده از صمغ در افزایش حجم مؤثر است [۲۳].

۳-۷ ویژگیهای حسی نان

کیفیت نان ها، به صورت تازه و همچنین پس از خنک شدن و بسته بندی در کیسه های پلی اتیلنی در دمای اتاق بعد از ۲۴، ۴۸

Table 7 Results of sensory evaluation

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan (%)	Sensory evaluation (On the basis 0-100)
1:1	0	62.50 ^a ±2.00
2:1		65.66 ^a ±1.89
3:1		68.00 ^a ±1.80
1:1	1.5	66.16 ^c ±0.76
2:1		76.33 ^d ±0.76
3:1		88.33 ^b ±1.52
1:1	3	84.33 ^c ±1.52
2:1		88.66 ^b ±0.28
3:1		93.66 ^a ±1.52

Values followed by a different letters in the same column are significantly different (P<0.05).

لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) و صادق نیا و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از صمغ در فرمولاسیون نان بدون گلوتن به این نتیجه دست یافتند که کاربرد صمغ ها در فرمولاسیون این دسته از محصولات توانایی بهبود خصوصیات حسی و در نتیجه افزایش پذیرش کلی محصول نهایی را در مقایسه با نمونه فاقد صمغ دارد [۱، ۲۴، ۱۱، ۱۸].

نتایج آنالیز واریانس در نسبتهای مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیبزمینی و درصدهای مختلف صمغ بر روی ویژگیهای حسی نان بیانگر آن است که افزایش میزان صمغ زانتان موجب بهبود ویژگیهای حسی نان می شود، بنابراین بین میزان صمغ زانتان و ویژگیهای حسی نان رابطه مستقیم و مثبتی وجود دارد. همچنین با افزایش نسبت آرد سورگوم، ویژگیهای حسی نان بهبود می یابد پس بین این دو فاکتور نیز رابطه مثبت و مستقیمی وجود دارد. دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) (a)، ابراهیم پور و همکاران (۲۰۱۰)،

Table 8 Results of texture analysis

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan (%)	24h	48h	72h
1:1	0	1230.33 ^{aC} ±10.50	1615.66 ^{aB} ±5.13	1637.66 ^{aA} ±4.93
2:1		1145.00 ^{bB} ±5.00	1536.00 ^{bA} ±5.29	1546.00 ^{bA} ±5.56
3:1		728.33 ^{cC} ±10.40	1178.33 ^{dB} ±5.68	1487.00 ^{dA} ±5.29
1:1	1.5	895.33 ^{dC} ±6.50	1301.00 ^{cB} ±5.56	1535.00 ^{cA} ±4.58
2:1		1020.00 ^{cC} ±11.13	1130.00 ^{eB} ±13.22	1363.00 ^{eA} ±5.56
3:1		412.66 ^{fC} ±4.04	541.66 ^{fB} ±4.72	843.66 ^{fA} ±5.50
1:1	3	384.66 ^{gC} ±6.02	502.33 ^{gB} ±6.80	649.66 ^{hA} ±6.50
2:1		469.00 ^{eC} ±4.00	511.66 ^{gB} ±6.50	751.33 ^{gA} ±6.11
3:1		249.00 ^{hC} ±7.54	456.00 ^{hB} ±5.56	748.00 ^{gA} ±3.60

Small letters are indicating significantly different in column and large letters are indicating significantly different in row (P<0.05).

۳-۸-بافت سنجی

براساس نتایج آنالیز واریانس، با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان بیاتی نان، هم در نان های دارای صمغ زانتان و هم با افزایش میزان سورگوم، بیشتر می شود. بررسی بافت نان بعد از ۲۴ ساعت نیز، نشان دهنده آن است که با افزایش نسبت سورگوم تا ۲، نیروی لازم برای ارزیابی بافت زیاد و با افزایش بیشتر سورگوم، نیرو کاهش می یابد. پس با افزایش بیشتر سورگوم، بافت نرمتر می شود. از سوی دیگر درصدهای مختلف صمغ زانتان اثر معنی دار و منفی بر روی نیروی لازم برای ارزیابی بافت نان بعد از ۲۴ ساعت دارند. پس با افزایش میزان زانتان بافت نان نیز نرمتر می شود.

همچنین هم عامل زانتان و هم نسبت آرد سورگوم به نشاسته اثر معنی داری روی بافت نان بعد از ۴۸ ساعت دارند. بنابراین با افزایش میزان سورگوم و همچنین صمغ زانتان، میزان سفتی بافت کاهش می یابد.

ضمن اینکه نتایج ارزیابی بافت نان بعد از ۷۲ ساعت نشان می دهد با افزایش صمغ زانتان، میزان سفتی بافت ۷۲ ساعت پس

از تولید کاهش می یابد. درحالیکه نسبت های مختلف آرد سورگوم و نشاسته اثر معنی داری بر روی بافت نان بعد از ۷۲ ساعت ندارد. این نتیجه مطابق یافته های شوهر و همکاران (۲۰۰۵) است که نان حاصل از سورگوم دارای بافت سخت و فشرده می باشد و با گذشت زمان ساختار مغز نان سفت تر می شود [۲۵]. همچنین محمود و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند خواص مغز نانهای حاصل از سورگوم با افزایش مقدار نشاسته اصلاح می شود [۲۶]. ضمن اینکه مزیز و همکاران (۲۰۰۹) نتایج مشابهی را در اضافه کردن صمغ زانتان و گوآر به مخلوط آردی شامل آرد برنج، نشاسته ذرت، آرد ذرت و نشاسته سیب زمینی مشاهده کردند و دریافتند که افزودن صمغ زانتان سبب افزایش معنی دار شاخص بافت مغز نان در نان های تولیدی نسبت به نان بدون صمغ شد زیرا مغز نان تولیدی دارای خشکی کمتری بود و هنگام برش خرد نشد [۲۷].

۳-۹-سنجش بیاتی

Table 9 Results of staling evaluation

Ratio of sorghum flour: potato starch	Xanthan %	24h	48h	72h
1:1	0	3.66 ^a ±0.57	1.66 ^b ±0.57	1.00 ^c ±0
2:1		3.66 ^a ±0.57	1.66 ^b ±0.57	1.00 ^c ±0
3:1		3.66 ^a ±0.57	1.66 ^b ±0.57	1.00 ^c ±0
1:1	1.5	4.00 ^a ±0	2.00 ^b ±0	1.00 ^c ±0
2:1		4.66 ^a ±0.57	3.00 ^b ±0	1.66 ^c ±0.57
3:1		4.66 ^a ±0.57	3.33 ^b ±0.57	2.33 ^c ±0.57
1:1	3	4.66 ^a ±0.57	3.33 ^b ±0.57	2.66 ^c ±0.57
2:1		4.66 ^a ±0.57	3.33 ^b ±0.57	2.66 ^c ±0.57
3:1		5.66 ^a ±0.57	3.33 ^b ±0.57	2.66 ^c ±0.57

Values followed by a different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

افزایش میزان زانتان میزان بیاتی نان نیز کمتر می شود. در همین راستا برنان و همکاران (۲۰۰۴) و گوآردا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کرده اند که زانتان، ژل نشاسته را پایدار می کند و رتروگراداسیون نشاسته را کاهش می دهد [۲۸، ۲۹].

نتایج آنالیز واریانس بررسی بیاتی نان بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در نسبت های مختلف آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و درصدهای مختلف صمغ زانتان نشان می دهد با افزایش نسبت سورگوم و نشاسته، میزان بیاتی کاهش می یابد. پس با افزایش بیشتر سورگوم، بافت نان تازه تر و نرم تر می ماند. از سوی دیگر با

flour, corn and cassava starch in the production of gluten free white bread. *Journal of Braz Arch Biol Technology*, 47(1), 63-70.

- [4] Elke, K. A., and Dal Bello, F. 2008. The gluten-free cereal products and beverages. USA. Elsevier Inc.
- [5] Marco C., and Rosell C. 2008. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 94-103.
- [6] Gimeno, E., Moraru, C., Kokini, J. 2004. Effect of xanthan gum and CMC on structure and texture of corn flour pellets expanded by microwave heating. *Journal of Cereal Chemistry*, 81(1), 100-107.
- [7] Ward, F. M., and Andon, S. A. 2002. Hydrocolloids as film formers, adhesives and gelling agents for bakery and cereal products. *Journal of Cereal Food World*, 47(2), 52-55.
- [8] Morrison, I.M., Cochrane, M.P., Copper, A.M., and Dale, M.F.B. 2000. Potato starches: Variation in composition and properties between three genotype grown at two sites and in two different years. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 81(3), 319-328.
- [9] Hulse, J. H., Laing, E. M., and Pearson, D. E. 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. Academic Press.
- [10] Cauvain, S. P. 1998. Other cereals in bread making. *Technology of Bread making*. S. P. Cauvain and L. S. Young, eds. London. Blackie Academic & Professional.
- [11] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C. G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033-1047.
- [12] Pour esmaeel, N., Azizi, M. H., Abbasi, S., and Mohammadi, M. 2010. Gluten free bread formulation with guar and transglutaminase enzyme. *Journal of Food Science Research*. [in Persian], 21(1), 1398-1402.
- [13] LIU Xing-li., MU Tai-hua., SUN Hong-nan., ZHANG Miao., CHEN Jing-wang. 2016. Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(11), 2666-3676.

۴- نتیجه گیری کلی

در تهیه نان ویژه بیماران سلیاکی با استفاده از مخلوطی از آرد سورگوم و نشاسته سیب زمینی و صمغ زانتان، جهت بهبود بافت و جایگزینی گلوتن، به این نتیجه دست یافتیم که با افزایش نسبت آرد سورگوم تا حد ۷۵ درصد و نشاسته سیب زمینی تا ۲۵ درصد، بالاترین مقادیر جذب آب، زمان عمل آوری خمیر، پایداری و عدد کیفیت فارینوگراف، حجم نان و ویژگیهای حسی و کمترین میزان درجه سست شدن خمیر و نیروی لازم برای ارزیابی بافت بدست آمد. همچنین در مورد اثر صمغ زانتان نیز بالاترین میزان صمغ یعنی ۳ درصد، دارای اثری مشابه آرد سورگوم ۷۵ درصد بر روی کیفیت می باشد اما این درحالیست که افزایش نسبت آرد سورگوم باعث کاهش میزان انرژی اکستنسوگراف شده در صورتیکه افزایش صمغ زانتان باعث افزایش میزان انرژی می شود. بعلاوه کاهش میزان انرژی توسط آرد سورگوم بدلیل اثر آن بر روی سفت شدن خمیر و بنابراین کاهش قابلیت کشش خمیر می باشد درحالیکه صمغ زانتان باعث افزایش قابلیت کشش و الاستیسیته خمیر می شود.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان، از مرکز پژوهشهای غلات جهت انجام آزمون های مورد بررسی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای تهیه نمونه سورگوم و همچنین گروه تحقیق و توسعه نان سحر به منظور همکاری در پخت نان، تقدیر و تشکر می نمایند.

۶- منابع

- [1] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. 2010a. Rheological properties of gluten free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295-303.
- [2] Gambus, H., Sikora, M., and Ziobro, R. 2007. The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten free bread. *Journal of Acta Scien Tiarum Polonorum*, 6(3), 61-74.
- [3] Lopez, A. C. B., Pereira, A. J. G., and Junqueira, R. G. 2004. Flour mixture of rice

- [22] Gallagher E. 2009. *Gluten-Free Science and technology*. Teagasc, Dublin, Ireland. Ashtown Food Research Centre.
- [23] Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T. 2012. Incorporation of several additives into gluten free bread: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 590-597.
- [24] Ebrahimpour, N., Peighambaroust, SH., 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*, [in Persian], 3/20(1), 99-115.
- [25] Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S., and Arendt, E. K. 2005. Gluten free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Journal of Cereal Chemistry*, 82(4), 394-404.
- [26] Mahmoud, R. M., Yousif, E. I., Gadallah, M. G. E., and Alawneh, A. R. 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Science*, 58(1), 19-25.
- [27] Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., and De Lamballerie, M. 2009. Optimization of gluten-free formulations for French-Style breads. *Journal of Food Science*, 74(3), 140-146.
- [28] Brennan, C.S., Tan, C.K., Kuri, V., and Tudorica, C.M. 2004. The pasting behaviour and freeze-thaw stability of native starch and native starch-xanthan gum pastes. *Int. Journal of Food Science and Technology*, 39(10), 1017-1022.
- [29] Guarda, A., Rosell, M. C., Benedito, C., and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and anti staling agents. *Journal of Food Hydrocolloids*, 18(2), 241-247.
- [14] Yousif, A., Nhepera, D., and Johnson, S. 2012. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. *Journal of Food Chemistry*, 134(2), 880-887.
- [15] Salim-ur-Rehman, A. M., Bhatti, I., Shafique, R., Mueen-ud-Din, G., and 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.
- [16] Elkhalfifa, A. E. O., and El-Tinay, A. H. 2002. Effect of cysteine on bakery products from wheat-sorghum blends. *Journal of Food Chemistry*, 77(2), 133-137.
- [17] Rosell, C. M., Haros, M., Escriva, C., and Benedito De Barber, C. 2001. Experimental approach to optimise the use of alpha-Amylases in breadmaking. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 49(6), 2973-2977.
- [18] Sadeghnia, N., Azizi, M. H., and Seyedein, M. 2010. Gluten free flat bread formulation with xanthan and CMC. Master Thesis, Azad university, Science and Research unit. [in Persian].
- [19] Curic, D., Novotni, D., Tusak, D., Bauman, I., and Gabric, D. 2007. Gluten free bread production by the corn meal and soy bean flour extruded bland usage. *Journal of Agriculture Conspectus Scientificus*, 72(3), 227-232.
- [20] Purlis, E., and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread during baking. *Journal of Food Research International*, 42(7), 865-870.
- [21] Demirkesen, I., Mert, B., Summu, G., and Sahin, S. 2010b. Utilization of chest nut flour in gluten free bread formulation. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 329-336.

Evaluation of shelf life, rheological and textural properties of gluten-free bread using sorghum flour, potato starch and xanthan gum

Daneshgar, S. ^{1*}, Emam jomeh, Z. ², Moini, S. ³, Aghagholizadeh, R. ⁴

1. MSc. of Agricultural engineering– Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Azad University, North Tehran
2. Ph.D of Food process engineering, Professor, Department of Food Science, Technology and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Agricultural campus of the University of Tehran
3. Ph.D of Agricultural Bio System engineering, Professor, Department of Food Science, Technology and Engineering, Faculty of Fishery and Food Science and Technology, Azad University, North Tehran
4. Ph.D of Agricultural engineering– Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Food Science and Technology campus of Isfahan

(Received: 2017/06/10 Accepted:2018/01/13)

The major factor to improve wheat flour and bread is gluten that causes improvement of texture and bread volume. But, this protein is dangerous for coeliac disease. With regard to, bread is staple food in majority of people, so, the aim of this research is to produce gluten free baguette with high nutrition values and favorable quality, by using a mixture of sorghum flour and potato starch and xanthan gum.

So a blend of sorghum flour and potato starch with ratios of 3:1, 2:1, 1:1, and xanthan gum with percentages of : 0, 1.5, 3 % were used. Then the specifications of dough and bread were evaluated. Then rheological properties of dough, were determined by farinograph and extensograph in triplicate. Baguette was baked from treatments and were evaluated sensory, organoleptic characteristics, colour, volume, texture and staling of bread in 1, 36 and 72h after baking. Results were analysed by factorial method and Minitab in 95% confidence level.

The results showed that by increasing the ratio of sorghum flour and percentage of xanthan, water absorption percent of flour, dough development time, stability and farinograph quality number will increase. By increasing the ratio of sorghum flour, energy of extensograph and resistance to extension of dough will decrease. While by increasing percent of xanthan gum, these parameters will increase. But by increasing the ratio of sorghum flour, ratio number of extensograph will increase and by increasing xanthan, it will decrease. Also by increasing the ratio of the sorghum flour and potato starch and xanthan gum, The sensory and the texture specifications of baguette will improve. whereas increasing the ratio of sorghum flour, potato starch and xanthan gum will lead to increase the shelf life of the produced bread.

Key Words: Gluten Free Bread, Sorghum flour, Xanthan gum, Potato starch.

* Corresponding Author E-Mail Address saradaneshgar@yahoo.com.