

تأثیر هیدروکلوفیدهای زانتان و CMC بر خواص رئولوژیکی خمیر نان فاقد گلوتن

نسیم صادق‌نیا^۱، محمد حسین عزیزی^{۲*}، مهدی سیدین اردبیلی^۳، مهرداد محمدی^۴

- ۱- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
 - ۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
 - ۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
 - ۴- کارشناسی ارشد، محقق، گروه تحقیقات تغذیه‌ای، اینستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
- (تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۸)

چکیده

نان غذای سنتی است که عموماً از آرد گندم تهیه می‌شود. نان‌های مسطح قدیمی‌ترین و مشهورترین نان‌های سراسر جهان می‌باشند. ترکیب اصلی نان غذای سنتی کیفیت نان گلوتن می‌باشد که بعنوان یک جز پروتئینی تشکیل دهنده ساختمان نان مطرح می‌باشد. گرچه این پروتئین مهم می‌باشد اما می‌تواند در افرادی که مستعد بیماری سلیاک هستند، ایجاد مشکل نماید. به همین منظور از هیدروکلوفیدها به منظور جایگزین کردن گلوتن و تقلید خواص ویسکوالاستیکی آن استفاده گردید. به منظور بررسی تأثیر هیدروکلوفیدهای زانتان و CMC بر رفتار رئولوژیکی خمیر، این صنع‌هادر مقادیر ۰/۰۵ و ۱/۰٪ بر اساس وزن آرد اضافه شدند و اثر هر کدام از آنها به صورت جداگانه در غلظت‌های مذکور و هم به صورت تلفیقی در مقادیر ۰/۰۵ و ۱/۰٪ مورد ارزیابی قرار گرفت. در آزمون فارینوگراف در بین دو هیدروکلوفید زانتان و CMC در مقادیر مورد استفاده، تیمار ۴ (۰/۱٪ زانتان) و سپس تیمار ۱۱ (۱٪ زانتان و ۱٪ CMC) بالاترین مقدار جذب آب را ارائه کردند. با افزایش مقدار زانتان مقدار جذب آب به طور معنی داری افزایش بیشتری در مقایسه با CMC پیدا کرد. زانتان باعث کاهش زمان گسترش خمیر و CMC بر عکس باعث افزایش زمان گسترش خمیر در آزمون فارینوگراف گردید. خمیر حاصل از افزودن زانتان فارینوگرام مشابه آرد گندم داد. در آزمون رئولوژیکی نوسانی خمیر، افزودن هیدروکلوفیدها باعث افزایش مدولهای ویسکوز و الاستیک گردید و با افزایش میزان آنها، مقدار این مدولها افزایش یافت. تیمار ۴ بالاترین میزان مدول الاستیک را در بین تیمارهای صنع تنها، داشت. مقدار تائزانت دلتا (Δ) در نمونه‌های حاوی CMC بیشتر از مقدار این پارامتر در نمونه‌های حاوی زانتان بود و در تیمار ۷ (۰/۱٪ CMC) از بیشترین مقدار برخوردار بود. در همه تیمارهای تلفیقی هر دو مدول رالاستیک (G') و ویسکوز (G'') از مدول‌های مربوطه در تیمارهای حاوی تنها یک صنع بالاتر بودند. همچنین در حضور زانتان، مقدار و شدت زیاد افزایش $\tan\delta$ در فرکانس‌های بالا، آنطور که در تیمارهای حاوی CMC به تنهایی دیده می‌شد، نیز کمتر گردید. تیمار ۱۱ مدول الاستیک و ویسکوز و تائزانت دلتا بیشتر از تیمار ۴ داشت. بنابراین در تمام تیمارها زانتان نقش بارزی در افزایش میزان جذب آب، کاهش زمان گسترش خمیر، افزایش مدول الاستیک و کاهش تائزانت دلتا ارائه داد.

کلید واژگان: هیدروکلوفیدها، رئولوژی، خمیر، زانتان، کربوکسی متیل سلولز، نان بدون گلوتن

* مسئول مکاتبات: azizit_m@modares.ac.ir

برای تولید نان فاقد گلوتن می‌توان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سبب زمینی، برنج)، آرد بعضی از غلات مثل ارزن [۶] و کاساوا و سورگوم [۷] و ذرت و آمارانت و گندم سیاه و گنه گنه که عاری از گلوتن هستند [۸] و ترکیباتی مثل آنزیم هایی همچون لیپوکسیترناز و ترانس گلوتامیناز، پروتئین‌ها مثل پروتئین‌های شیر، سویا [۹] و سفیده تخم مرغ استفاده کرد [۱۰]. از آنجایی که این ترکیبات به تنها بی توانایی لازم را جهت ایجاد فاز پیوسته ندارند و نمی‌توانند ساختمانی با کیفیت مناسب در نان ایجاد کنند، لذا احتیاج به ترکیبات پلی‌مریک برای ارائه خواص ویسکوالاستیک مناسب در فراورده دارند [۱۱]. به همین منظور هیدروکلوزیدها جهت تقلید از خواص ویسکوالاستیک گلوتن بکار می‌روند [۷]. آنها می‌توانند به عنوان جایگزین گلوتن در نان‌های فاقد گلوتن جهت تأمین ویژگی‌های لازم، بهبود بافت، کاهش رتروگراداسیون^۱ نشاسته، افزایش نگهداری رطوبت و بطور کلی حفظ کیفیت محصول و ماندگاری آن در طول نگهداری آن به کار روند [۱۲]. هر کدام از هیدروکلوزیدها خواص بخصوصی را دارند و همچنین عملکردهای متفاوتی را ارائه می‌دهند. همچنانکه تا الان هیدروکلوزید خاصی که مخصوص نان‌های فاقد گلوتن باشد طراحی و ارائه نشده است. نکته‌ای که مهم است انتخاب نوع و یا تلفیقی از آنهاست که بتواند خواص کیفی و تولیدی مورد نیاز را ارائه دهد [۱۳] برخی مشتقات پلی ساکاریدی اصلاح شده مثل CMC، HPMC و MC علاوه بر قابلیت بالای نگهداری آب به دلیل خصوصیت آبدوست بودن و همچنین دارا بودن گروههای آب‌دوست و آب‌گریز باعث تقویت خصوصیت فعال سطحی در خمیر در طول فرایند و باعث تشکیل شبکه ژلی در طول فرایند پخت نان می‌شوند. چنین ساختمانهای شبکه‌ای باعث افزایش ویسکوزیته و قابلیت انبساط و نگهداری گاز در خمیر می‌شوند [۱۳، ۱۴]. لازاریدو^۲ و همکاران در ارزیابی بهبود خواص ویسکوالاستیک خمیر فاقد گلوتن با استفاده از هیدروکلوزیدها نشان دادند.

1. Retrogradation
2. Lazaridou

۱- مقدمه

نان یک غذای سنتی است که عموماً از آرد گندم تهیه می‌شود [۱]. نان‌های مسطح قدیمی ترین و مشهورترین نان‌های سراسر جهان می‌باشند. تخمین زده می‌شود که بیش از ۱/۸ بیلیون نفر از ا نوع مختلف نانهای مسطح را در مناطق مختلف جهان مصرف می‌کنند [۲].

گلوتن ترکیب اصلی مسئول تعیین کیفیت نان می‌باشد که بعنوان یک جزء پروتئینی تشکیل دهنده ساختمان نان مطرح می‌باشد. گرچه این پروتئین از لحظه تکولوژیکی مهم می‌باشد، اما می‌تواند در افرادی که مستعد بیماری سلیاک هستند ایجاد مشکل نماید [۱]. به این معنی که خوردن گلوتن باعث تحریک پاسخ تهابی می‌شود که منجر به تخریب ساختمان کرکی روده کوچک شده و ایجاد غشاء مخاطری روده‌ای صاف می‌شود [۳]. تنها راه درمان مؤثر جهت این بیماری استفاده مداوم و پیگیرانه از رژیم غذایی فاقد گلوتن می‌باشد، که در طول زمان باعث بهبود و برگشت مخاط روده کوچک می‌گردد. به طور کلی گلوتن در نان خواص کاربردی منحصر به فردی، مثل ایجاد رفتار ویسکوالاستیک در خمیر، بر همکنش با نشاسته جهت تولید سلولهای گازی و پایداری و ابقاء آنها طی فرایند تخمیر و پخت ایجاد می‌کند [۱]. فقدان گلوتن منجر به ایجاد خمیر نیمه مایع به جای خمیر با سفتی و قوام مناسب جهت اعمال عملیات پخت می‌شود که می‌تواند تولید نان با بافت شکننده و رنگ ضعیف که قابلیت خرد شدن دارد نماید [۴]. نان‌های حاصله نواقص بافتی دارند که به دلیل حضور مخلوط سوسپانسیونی نشاسته ناپایدار، آب و مخمر است که به طور معمول ناشی از نیروهای دافعه بین گرانولهای نشاسته است. اما نان‌های فاقد گلوتن با خواص ارگانولپتیکی مناسب می‌تواند با به کار گیری عوامل باند کننده که تقلید کننده برخی خواص گلوتن در آرد گندم هستند تولید شود. این عوامل منجر به ایجاد یک شبکه سلولی قدرتمند جهت نگهداری دی‌اکسید کربن حاصله، بهبود پیوستگی خمیر از طریق تحریک و افزایش کشش بین گرانولهای نشاسته و احتمالاً "پیوند با آنها" و از این رو کاهش تحریک آنها می‌گردد [۵].

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- فرمولاسیون خمیر فاقد گلوتن

مواد مورد استفاده در تولید نان فاقد گلوتن در جدول ۱ آمده است. آرد برنج، از نوع طارم فریدون کنار، ایران، با مشخصات رطوبت برابر با ۹/۷۴٪، پروتئین برابر با ۸/۴٪ خاکستر برابر با ۰/۵۶٪، چربی برابر با ۰/۷۲٪، pH برابر با ۶/۸۲، نشاسته ذرت، تولید شرکت فرایند، ایران، آرد سویاًی فعال بدون چربی، تولید شرکت سویا سان، ایران و نشاسته پیش ژلاتینه شده ذرت، تولید شرکت البرز، ایران استفاده گردید.

۲-۲- روش تولید

مواد مندرج در جدول ۱ بدون حضور هیدروکلوئیدها با هم مخلوط شدند. این فرمول، فرمولاسیون پایه و یا شاهد خواهد بود(تیمار ۱). جهت بررسی عملکرد هیدروکلوئیدهای مذکور، هر کدام در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵٪ وزن مجموع آردی (نشاسته+آرد برنج+آرد سویا+ نشاسته پیش ژلاتینه شده) به فرمول افزوده می‌گردد(تیمارهای ۲ تا ۷). همچنین به منظور بررسی اثر تلفیقی هیدروکلوئیدهای فوق الذکر، هر کدام با مقادیر ذکر شده در جدول ۲ توأم با هم به فرمول افزوده شدند(تیمارهای ۸ تا ۱۱). بنابراین در مجموع ۱۱ تیمار که شامل ۱ تیمار پایه و کترلی (بدون حضور هیدروکلوئید) و ۶ تیمار با حضور انفرادی صمغ‌ها و ۴ تیمار با حضور تلفیقی دو صمغ مذکور به دست آمد.

۳-۲- آزمونهای انجام شده

اثر هیدروکلوئیدها بر خصوصیات رئولوژیکی مخلوط آردی از جمله درصد جذب آب و زمان گسترش آنها توسط دستگاه Brabender Farinograph-E، Fariograph-Germany و مطابق با روش AACC شماره ۲۱-۵۴ در دو تکرار انجام شد. آزمون رئولوژیکی نوسانی توسط رئومتر Anton paar، Physica MCR 301، Germany) روی خمیرهای حاصله از ۱۱ تیمار مورد بررسی انجام شد. این سیستم شامل دو صفحه موازی با سطح غیر صیقلی (با قطر ۴۰ میلی‌متر، فاصله بین دو صفحه ۱ میلی‌متر) می‌باشد.

زانتان بهترین کارایی را دارد. او مشخص کرد که شدت تأثیر هیدروکلوئیدها بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر نان "احتمالاً" ناشی از ساختمان مولکولی و ترکیب زنجیره ای پلی ساکاریدی است که تعیین کننده نوع اجتماعات فیزیکی بین مولکولی (پیوند عرضی یا نوعی درگیری) زنجیرهای پلیمری می‌باشد [۱۴]. این صمغ باعث افزایش مقاومت خمیر و جذب آب آن و افزایش قابلیت نگهداری گاز در نان و حجم آن می‌شود [۱۵]. مهمترین خصوصیت این صمغ ویسکوزیته بالا در نیروی برشی پایین است و رفتار رقیق شوندگی با برش آن باعث سهولت در اختلاط، جاری شدن و بلعیدن آن می‌شود و باعث تثییت سوسپانسیون‌های کلوئیدی می‌شود [۱۶].

لورنزو^۳ و همکاران نیز در بررسی انجام شده بر روی خواص رئولوژیکی خمیر فاقد گلوتن نوعی نان سنتی آمریکای لاتین بنام امپناداز^۴ بر لزوم تلفیق مناسبی از مواد مختلف به منظور تولید خمیر با الاستیسیته خوب، مقاومت به نفوذ و کشش و هیدروکلوئیدها به عنوان عوامل مؤثر در کیفیت خواص خمیر و نان‌های حاصله تأکید داشته‌اند و استفاده از مخلوط زاندان و HPMC (۲/۳) را در خمیر با کیفیت خوب به دست آورده‌اند [۱۷]. تولید نان‌های فاقد گلوتن به طور چشمگیری با نان‌های استاندارد گندمی متفاوت است. اکثر نان‌های فاقد گلوتن بر عکس نان‌های گندمی تمایل به داشتن آب بالاتر دارند و ساختار و بافت روانتری دارند. در ضمن احتیاج به زمان اختلاط کوتاه‌تر و زمان‌های پخت و تخمیر کمتری دارند. اخیراً "تعداد زیادی از محصولات فاقد گلوتن در بازار هستند که کیفیت پایین، احساس دهانی و طعم ضعیفی دارند که این مسئله منجر به انجام تحقیقات پیرامون جایگزین‌های مناسب برای گلوتن در تولید این محصولات شده است [۱۳]. در این تحقیق نیز هدف، بررسی خواص رئولوژیکی فرمولاسیون خمیر فاقد گلوتن نان مسطح بر پایه نشاسته ذرت و آرد برنج و آرد سویا و نشاسته پری ژلاتینه با بکارگیری هیدروکلوئیدهای زاندان و CMC و بررسی اثرات آنها در خواص رئولوژیکی فرمولاسیون و خمیر تولید شده می‌باشد.

3. Lorenzo

4. Empanadas

جدول ۱ فرمولاسیون نان فاقد گلوتن

نام ماده	مقدار(گرم)	نام ماده	مقدار(گرم)
نشاسته ذرت	۱۷۵۰	نمک	۴۷
آرد برج	۷۵۰	شکر	۴۷
نشاسته پیش ژلاتینه شده ذرت	۱۰۰	سدیم استئاروویل لاکتیلات(SSL)	۱۲/۵
پودر سفیده تخم مرغ	۵۰	زانتان	متغیر
روغن مایع	۱۰۰	کربوکسی متیل سلولز(CMC)	متغیر

جدول ۲ فرمولاسیون تیمارهای آزمایشی مورد استفاده در پژوهش

تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
control											1x1c
زناتان	-	۰/۵	۱	۰/۵	-	-	-	۰/۵	۰/۵	۱	۱
CMC	-	-	-	-	-	-	-	۰/۵	۱	۰/۵	۱

مقادیر فوق بر اساس درصدی از کل مجموع آردی می‌باشد (نشاسته+آرد برج+آرد سویا+نشاسته پیش ژلاتینه شده)

مقایسه تیمارها از آزمون حداقل اختلاف معنی دار^۵ (LSD) می‌باشد.

- داده‌های حاصل از ارزیابی‌های حسی، با استفاده از آزمون ناپارامتری کروسکال - والیس^۶ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در صورت وجود اختلاف معنی داری بین تیمارها، برای مقایسه دو به دو تیمارها و تعیین وجود اختلاف معنی داری بین تیمارها از آزمون یو مان - ویت نی^۷ استفاده گردید.

- سطح احتمال قابل پذیرش برای تمامی مقایسه‌ها ۵٪.
 $\geq P_{0.05}$

- کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم افزار آماری SPSS انجام شد.

خمیر جهت ارزیابی بین دو صفحه قرار گرفت. اضافه خمیر که بیرون از صفحه قرار گرفت با دقت از اطراف صفحه بریده شد و سپس اطراف آن توسط روغن پارافین جهت جلوگیری از خشک شدن پوشانده شد. پس از این کار خمیرها به مدت ۵ دقیقه استراحت داده شدند.

در تمام مدت دما توسط سیستم تنظیم کننده دما روی ۳۰ درجه ثابت نگه داشته می‌شد [۱۸]. در این آزمون در ابتدا به منظور پیدا کردن محدوده خطی ویسکوالاستیک آزمون طیف کرنشی^۸ در محدوده ۱۰۰-۱۰۰۰ Hz انجام شد [۱۴]. سپس آزمون طیف فرکانسی^۹ در محدوده خطی مشخص شده در طیف ۲۰-۰/۰۱ Hz برای تعیین مدولهای G' و G'' انجام شد. این آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد [۱۸].

۴- روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

۱- داده‌های حاصل از آزمایشات شیمیابی و فیزیکی و بافت سنجی جهت مقایسه میانگین نتایج با استفاده از آزمون پارامتری تجزیه و تحلیل آماری^{۱۰} (ANOVA) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در صورت وجود اختلاف معنی داری بین تیمارها، برای

۳- نتایج و بحث

آزمون فارینوگراف

نتایج حاصل از آزمون فارینوگراف بر روی مخلوط‌های آردی ۱۱ تیمار انتخابی در جدول ۳ نشان داده شده است. پایین ترین مقدار در صد جذب آب در بین کلیه تیمارها، متعلق به

5. Least Significant Difference

6. Kruskal-Wallis

7. Mann-Whitney U

2 . Strain sweep

3. Frequency sweep

4. Analysis of Variance

پکتین و β -آگارز به خود اختصاص داد و CMC پایین ترین مقدار را ایجاد نمود [۱۴].

همچنین در بررسی انجام شده توسط کوریک^۸ و همکاران نیز در میان هیدروکلولئیدهای زانتان، سلولز، پکتین و گوار نیز زانتان بیشترین میزان جذب آب را حاصل نمود [۹]. همانطور که می‌بینیم زمان گسترش برای تیمار شاهد حدود ۳/۸ دقیقه می‌باشد که همانگونه که در نمودار ۱ می‌بینیم، قوام پس از این مدت و در طول زمان اندازه گیری تقریباً ثابت می‌ماند. این دو صمغ رفتار متفاوتی را بر این پارامتر گذاشته‌اند. زانتان اثر کاهنده بر زمان گسترش دارد و افزایش آن باعث کاهش در زمان رسیدن خمیر به قوام Bu_{500} می‌گردد. افزودن زانتان به میزان ۱٪ و ۱/۵٪ بطور معنی داری باعث کاهش زمان گسترش در مقایسه با تیمار شاهد شده است. اما CMC بر عکس بر زمان گسترش به طور معکوس اثر افزایشی داشته است و افزودن آن در هر سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵٪ بطور معنی داری باعث افزایش زمان گسترش در مقایسه با تیمار شاهد گردیده است. در بررسی اثر تلفیقی صمغ‌ها نیز همانطور که مشاهده می‌گردد، حضور زانتان در فرمولاسیون‌ها بطور معنی داری باعث کاهش زمان گسترش طولانی ایجاد شده توسط تیمارهای حاوی CMC تنها می‌شود.

مخلوط زانتان به همراه دیگر ترکیبات خشک به سرعت هیدراته شده و از ایجاد کلوخه در طی مرحله اختلاط جلوگیری می‌کند. این هیدراسیون یکنواخت کمک به توزیع یکنواخت رطوبت در خمیر می‌کند [۱۶]، که شاید دلیل زمان کمتر گسترش خمیر توسط آن باشد.

همان‌طور که در نمودارهای ۱ تا ۱۱ نیز مشخص شده و تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند، در طول اندازه گیری قوام خمیر حاوی CMC با گذشت زمان بطور پیوسته افزایش می‌یابد و مطرح شده است که در این حالت انسجام و پیوستگی بیشتری را نشان می‌دهد [۱۴].

تیمار شاهد و بالاترین مقدار در سطح معنی دار، متعلق به تیمار ۴ است که حاوی ۱/۵٪ صمغ زانتان می‌باشد. افزودن زانتان در هر سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵٪ توانسته است میزان جذب آب را به طور معنی داری در مقایسه با تیمارهای حاوی CMC در هر یک از مقادیر به تنهایی، افزایش دهد.

در بررسی اثر تلفیقی هیدروکلولئیدهای مذکور، یعنی از تیمار ۸ تا ۱۱، افزایش در میزان جذب آب همگام با افزایش محتوی کلی صمغ دیده می‌شود که در این میان، بالاترین مقدار جذب آب در سطح معنی دار در تیمار ۱۱، یعنی در مقدار تلفیقی ۱٪ زانتان و ۰/۱٪ CMC در مقایسه با شاهد حاصل شد. تیمارهای تلفیقی جذب آب بیشتری از تیمارهای صمغ تنها (به جز تیمار ۸ که با تیمار ۲ و ۱۰ که با ۳ اختلاف معنی داری ندارند) در غلطهای مربوطه دارند.

در بررسی اثر جدگانه صمغ‌ها بالاترین زمان گسترش مربوط به تیمار ۷ که حاوی ۱/۵٪ CMC بوده و پایین‌ترین زمان متعلق به تیمار ۳ و ۴ که اختلاف معنی دار با هم ندارند، در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد. در بین تیمارهای تلفیقی، تیمار ۱۰ در سطح معنی داری باعث کاهش زمان گسترش در مقایسه با شاهد گردید

می‌دانیم هیدروکلولئیدها قادر به افزایش جذب آب و حفظ محتوی رطوبتی فرآورده هستند [۱۶]. در نتیجه همانطور که انتظار می‌رود در صد جذب آب در نتیجه افزودن هیدروکلولئیدها به دلیل ماهیت آبدوست این بیو پلیمرها بالا می‌رود [۱۴]. افزایش در جذب آب توسط هیدروکلولئیدهای مختلف مثل زانتان، کربوکسی متیل سلولز، آژینات، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کاراگنیان بوسیله محققین دیگر گزارش شده است [۱۹، ۱۵، ۱۴، ۹].

در بررسی صورت گرفته توسط لازاریدو پیرامون بررسی تأثیر هیدروکلولئیدها در خواص رئولوژیکی مخلوط آردی فاقد CMC گلوتن نیز نتیجه مشابهی در مورد کاربرد زانتان و حاصل شد، چرا که در آن تحقیق نیز زانتان بالاترین مقدار جذب آب را در میان هیدروکلولئیدهای دیگر شامل CMC،

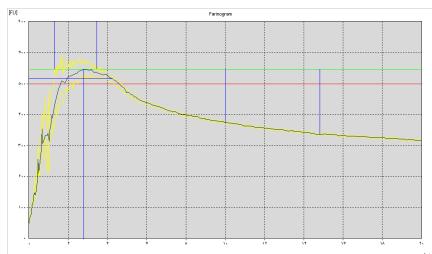
جدول ۳ پارامترهای رئولوژیکی آزمون فارینوگراف در تیمارهای مختلف

تیمار	زانتان	کربوکسی متیل سولولز	زمان گسترش (دقیقه)	جذب آب (درصد)
۱ (شاهد)	-	-	۲/۸±۰/۳۱ ^a	۴۳±۰/۵۷ ^g
۲	۰/۵	-	۳/۷±۰/۱۱ ^{ab}	۵۱±۰/۰۰ ^{cd}
۳	۱	-	۲/۴±۰/۰۶ ^c	۵۶±۰/۳۱ ^f
۴	۱/۵	-	۲/۶±۰/۲۱ ^c	۶۰±۰/۰۷ ^h
۵	-	۰/۵	۱۰/۲±۰/۵۷ ^e	۴۹/۱±۰/۱۵ ^g
۶	-	۱	۱۷/۸±۱/۴۸ ^f	۴۹/۸±۰/۴۸ ^a
۷	-	۱/۵	۲۰±۰/۰۰ ^g	۵۰/۵±۰/۱ ^c
۸	۰/۵	۰/۵	۴/۱±۰/۲۳ ^{ab}	۵۱/۵±۰/۳ ^{de}
۹	۰/۵	۱	۶/۳±۰/۳۷ ^h	۵۲±۰/۳۵ ^e
۱۰	۱	۰/۵	۲/۶±۰/۱۹ ^c	۵۶/۳±۰/۱ ^f
۱۱	۱	۱	۴/۷±۰/۲۰ ^b	۵۷±۰/۰۰ ⁱ

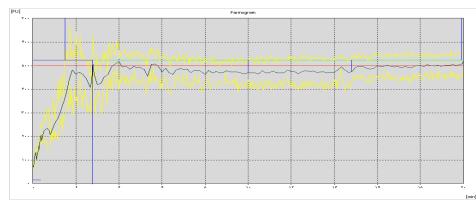
مقادیر موجود در یک ستون و دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند ($P < 0.05$)

مقادیر هیدروکلورئیدها بر حسب درصدی از مجموع آرد پایه (شاسته ذرت، آرد برج، آرد سویا، نشاسته پیش ژلاتینه شده)

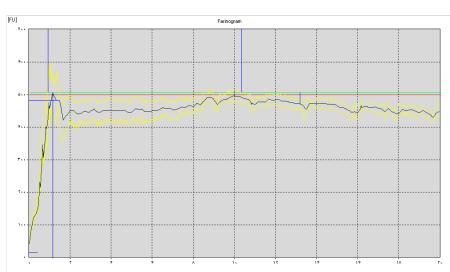
-تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند



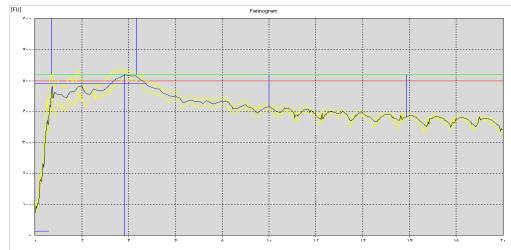
نمودار ۴ تیمار ۴



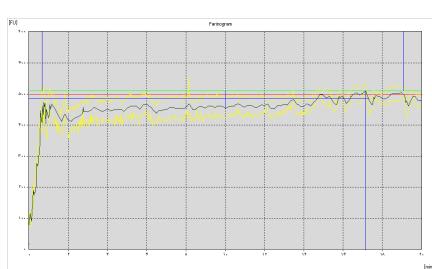
نمودار ۱ تیمار ۱



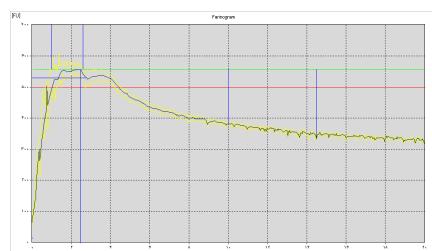
نمودار ۵ تیمار ۵



نمودار ۲ تیمار ۲



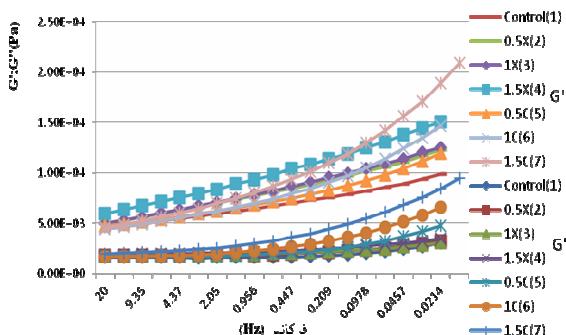
نمودار ۶ تیمار ۶



نمودار ۳ تیمار ۳

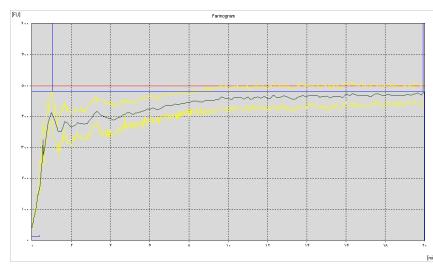
کاهش و افزایش پیدا کرد [۱۴]. همچنین تأثیر کاهندگی زانتان بر زمان گسترش مخلوط آردی توسط گواردا^۰ و کوریک نیز گزارش شده است [۱۵,۹]. افزودن زانتان منجر به ایجاد منحنی فارینوگرافی می‌شود که شباهت به منحنی فارینوگراف استاندارد حاصل از آرد گندم دارد، که در آن زمان گسترش کوتاه و قوام به یک ماقزیمم رسیده و سپس با گذشت زمان کاهش می‌یابد [۱۴].

نتایج آزمون رئومتری نوسانی در شکل‌های ۱۲ تا ۱۷ نمایش داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود بین هیدروکلوریکهای مورد بررسی تیمارهای حاوی یک نوع صمع، تیمار ۴ (زانتان ۱/۵٪) بالاترین میزان 'G' را ایجاد کرده است. تیمارهای حاوی زانتان مدول الاستیک بالاتری از تیمارهای حاوی CMC ارائه دادند. تیمار ۶ و ۷ حاوی ۱ و ۰.۱/۵٪ CMC مدول "G" بیشتری از "G" تیمارهای حاوی زانتان در غلظت‌های مشابه ارائه کردن که در فرکانس‌های بالاتر افزایش مدول "G" در تیمارهای حاوی CMC نسبت به تیمارهای حاوی زانتان باشد و میزان بیشتر افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار "G" متعلق به تیمار ۷ می‌باشد (نمودار ۱۲ و ۱۴). در بررسی اثر تلفیقی صمع‌ها نیز همان‌طور که در ملاحظه می‌گردد، تمام تیمارها در تمام مقادیر تلفیقی مدول‌های بالاتر از تیمار شاهد و تیمارهای حاوی صمع به تنها بیشترین مقدار "G" مربوطه دارند. نکته مورد نظر در اینجا این است که مدول الاستیک آن‌ها رفتار شبیه به هم دارند و تفاوت میان آنها بیشتر مربوط به مدول ویسکوز آنها می‌باشد که در فرکانس‌های بالاتر این موضوع مشهودتر می‌شود. بیشترین مقدار "G" مربوط به تیمار ۹ است (نمودار ۱۳ و ۱۴).

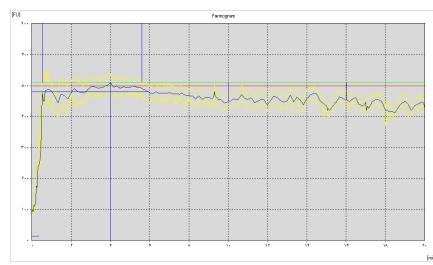


نمودار ۱۲ آزمون طیف فرکانسی بر روی خمیرهای فاقد گلوتون و تأثیر هیدروکلوریکهای بر 'G' و "G" به صورت جداگانه (۳۰°، ۰، ۰۱-۲۰ Hz)

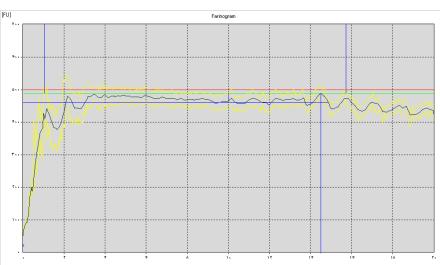
-تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند



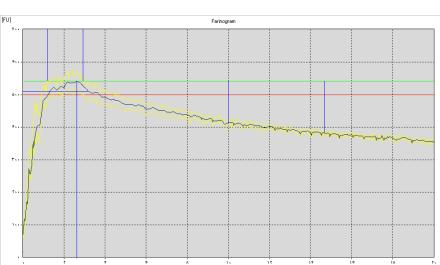
نمودار ۷ تیمار ۷



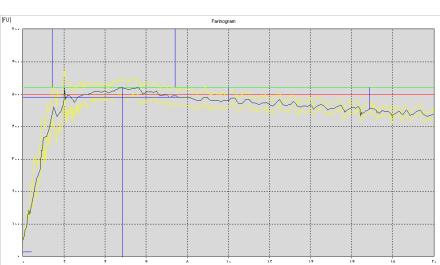
نمودار ۸ تیمار ۸



نمودار ۹ تیمار ۹

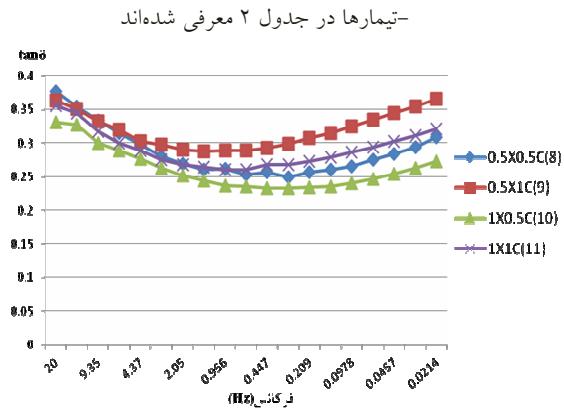
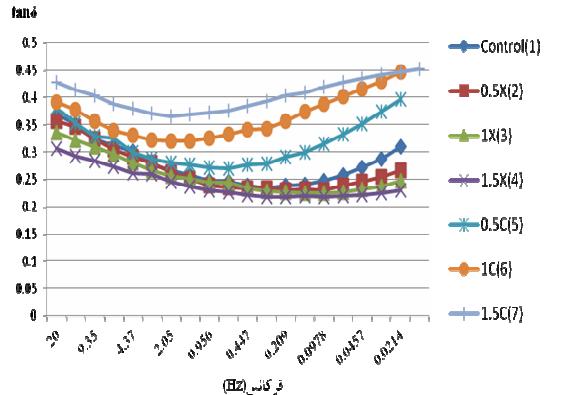


نمودار ۱۰ تیمار ۱۰



نمودار ۱۱ تیمار ۱۱

نسبت به CMC هست، یعنی تیمار ۱۰، $\tan\delta$ کمترین مقدار است. این تفاوت در فرکانس‌های بالاتر مشهود است (نمودار ۱۶ و ۱۷).

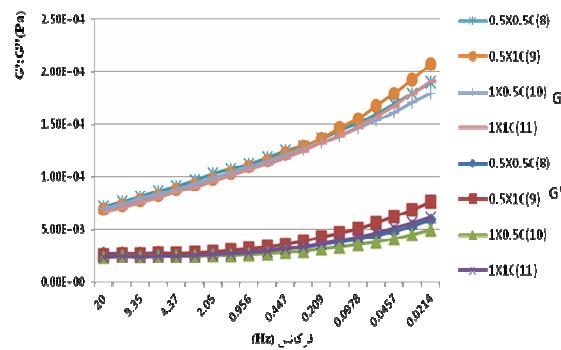


در این قسمت نیز به منظور مقایسه آماری بین تیمارها و تأثیر هیدروکلوزیدها آنها بر فاکتور $\tan\delta$ خمیر، مدول مربوطه در فرکانس ۱ Hz ۱ نمایش داده شده‌اند (نمودار ۱۷).

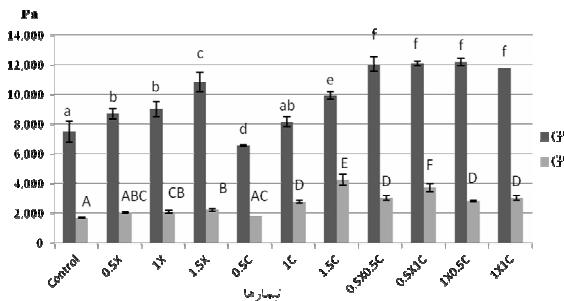
برای جزئیات بیشتر شکل‌ها به نسخه الکترونیکی قابل دانلود در سایت مجله مراجعه شود.

همانطور که در نمودار ۱۲ و ۱۳ ملاحظه می‌شود تمام نمونه‌های مورد آزمون از نوع وابسته به فرکانس هستند.

بر خلاف خمیرهای گندمی که مستقل از فرکانس هستند. در آزمون انجام شده توسط دمیرکسن و همکاران و لورنزو و همکاران نیز این موضوع که خمیرهای فاقد گلوتن وابسته به فرکانس و خمیر گندمی مستقل از فرکانس است مشخص گردیده است.



-تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند
به منظور مقایسه آماری بین تیمارها و تأثیر هیدروکلوزیدها بر خواص ویسکوالاستیک خمیر، مدول‌های مربوطه در فرکانس ۱ Hz ۱ نمایش داده شده‌اند (نمودار ۱۴).



-مقادیر دارای حروف کوچک مشابه و حروف بزرگ مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند($P < 0.05$)

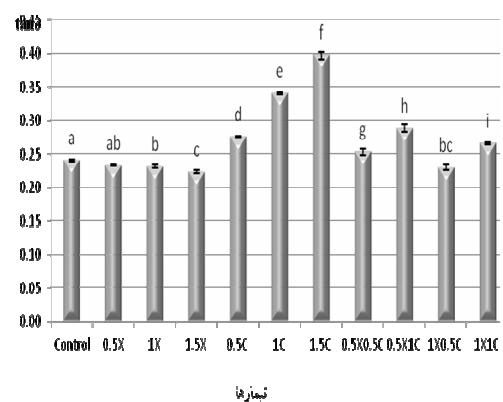
-تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند

در تیمارهای حاوی صمغ تنها، مقدار $\tan\delta$ در تیمارهای حاوی CMC بیشتر از مقدار این پارامتر در نمونه‌های حاوی زانتان و حتی بیشتر از شاهد می‌باشد. این موضوع نشان دهنده کمتر بودن جزء الاستیک و یا بیشتر بودن سهم ویسکوز در این تیمارها نسبت به تیمارهای حاوی زانتان در غلظت‌های مشابه است. این تفاوت به خصوص در فرکانس‌های بالا بین این تیمارهای ذکر شده شدت بیشتری می‌یابد. بیشترین میزان این شاخص متعلق به تیمار ۷ و کمترین متعلق به تیمار ۴ در سطح معنی دار در مقایسه با شاهد است (نمودار ۱۵ و ۱۷). در تیمارهای تلفیقی، همانطور که دیده می‌شود، بیشترین مقدار $\tan\delta$ متعلق به تیمار ۹ است که نسبت CMC به زانتان در آن بیشتر است. همچنین بر عکس این موضوع در مورد زانتان صحیح است. بطوریکه در تیماری که حاوی زانتان بیشتری

افزایش این فاکتور به معنی افزایش مقاومت خمیر و افزایش الاستیسیته ذکر شده است [۲۱، ۱۴].

اما در مورد CMC با افزایش غلظت لازاریدو مدول الاستیک کمتری به دست آورد که بر خلاف یافته موجود در این بررسی است. شاید دلیل آن استفاده از مقادیر آب یکسان برای هر دو صمغ زانتان و CMC در غلظت‌های یکسان انتخابی صمغ‌ها بوده است، همچنان که در همان تحقیق مشخص شده بود که تیمار شاهد با محتوی آب بیشتر میزان آب برای هر تیمار متناسب با میزان آب لازم برای رسیدن به قوام یکسان در خمیرها استفاده گردید. در تیمارهای تلفیقی مشاهده شد که هر دو مدول 'G' و "G" از مدول‌های مربوطه در تیمارهای حاوی صمغ تنها در غلظت مربوطه، بالاتر هستند که مؤید تأثیر سینزروژیستی دو صمغ در ایجاد ساختار قوی‌تر و مقاوم‌تر شدن خمیر است [۲۲]. (نمودار ۱۴، ۱۳، ۱۲).

در مورد ویژگی $\tan\delta$ کاهش این فاکتور به معنی میزان بیشتر الاستیسیته خمیر مطرح شده است [۲۲]. بنابر یافته‌ها که مشخص گردید این شاخص در تیمارهای حاوی زانتان کمتر از تیمارهای حاوی CMC است، این به معنی بیشتر بودن جزء الاستیک در تیمارهای حاوی یکسان است. همچنین در تیمارهای CMC در غلظت‌های یکسان این فاکتور به معنی بیشتر بودن جزء تلفیقی، در حضور زانتان مقدار و شدت زیاد افزایش $\tan\delta$ در فرکانس‌های بالا، آنطور که در تیمارهای حاوی CMC به تهایی دیده می‌شد نیز کمتر شده است. یعنی زانتان توانسته است افزایش در این شاخص را با افزایش فرکانس ملایم‌تر کند که نشان دهنده الاستیک‌تر شدن خمیر در حضور زانتان است. این یافته مشابه با یافته لازاریدو می‌باشد که در آن با افزایش میزان CMC و زانتان مقدار $\tan\delta$ به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. باید گفت که همزمان با افزایش مقادیر هیدروکلولئید در فرمول محتوی آب خمیر نیز افزایش می‌یابد. افزایش میزان آب خود عاملی مؤثر در افزایش این پارامتر است. در مورد زانتان با افزایش میزان هیدروکلولئید مقدراً این فاکتور نیز زیادتر می‌شود که نشان دهنده این مطلب است که افزایش مقدار این پلیمر تعیین کننده خواص رئولوژیک خمیر است، اما خلاف این مسئله در مورد CMC دیده می‌شود. یعنی در این حالت افزایش میزان صمغ توانسته در کاهش این پارامتر مؤثر باشد [۱۴].



نمودار ۱۷ مقایسه تأثیر تیمارهای تلفیقی صمغ‌ها و تیمارهای حاوی صمغ به تهایی بر $\tan\delta$ در فرکانس ۱ Hz ($P<0.05$) مقادیر دارای حروف مشابه اختلاف معنی داری ندارند ($P>0.05$)

-تیمارها در جدول ۲ معرفی شده‌اند

علت این موضوع فقدان ساختار الاستیک و نیرومند در خمیر فاقد گلوتن در مقایسه با خمیر گندمی ذکر شده است [۲۰، ۱۱]. در تمام تیمارها مدول الاستیک 'G' از مدول "G" در تمام طیف‌های فرکانسی بیشتر می‌باشد و همگام با افزایش فرکانس، افزایش می‌یابند که مؤید وجود رفتار ساختمانی شبیه جامد الاستیکی است، بنابراین در تمام تیمارها همانطور که در نمودارهای ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ مشهود است $\tan\delta=G''/G'$ کمتر از ۱ می‌باشد، که این موضوع در تحقیقات پیشین نیز مطرح شده است [۲۰، ۱۱]. با افزودن هیدروکلولئیدها مدول الاستیکی خمیرها نسبت به خمیر شاهد که حاوی هیدروکلولئید نیست به استثنای تیمار ۵ حاوی 50% CMC، افزایش یافت که شاید به این دلیل باشد که در این محتوی آبی با وجود افزودن صمغ، مدول الاستیک افزایش نیافته است. همانگونه که در نتایج دیدیم تیمارهای زانتان مدول الاستیک بالاتری از تیمارهای CMC و در غلظت‌های یکسان دارند (نمودار ۱۴، ۱۳، ۱۲).

نقش زانتان در افزایش بیشتر مدول الاستیک در مقایسه با هیدروکلولئیدهای دیگر در مطالعات لازاریدو و دمیرکسن^۹ نیز به اثبات رسیده است [۲۰، ۱۴]. زانتان خواص ژل ضعیف و ویسکوزیته بالا در سرعت‌های برشی پایین و در نتیجه بیشترین خواص الاستیکی را در خمیر ایجاد می‌کند [۱۴].

9. Demirkesen

- gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3):153–161.
- [5] Onyango, C., Unbehend, G., Lindhauer, M.G., 2009, Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. *Food Research International*, 42(8): 949-955.
- [6] Gambus, H., Sikora, M., Ziobro, R., 2007, The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread . *Acta Scien tiarum polonorum*, 6(3): 61-74.
- [7] 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. *Brazilian Archives Biology and Technology Journal*, 47(1): 63-70.
- [8] Smith M.D., 2002, Going against the grain, USA, R.R Donnelley Crawfordsville, pp:121-125.
- [9] Ćurić, D. Gabrić, D., Bauman, I., Tušak, 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., Leon, A.E., 2004, Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(14) :1969-1974.
- [11] Lorenzo, G., Zaritzky, N., Califano, A., 2008, Optimization of non-fermented gluten-free dough composition based on rheological behavior for industrial production of "empanadas"and pie-crusts. *Journal of Food Science*, 48(1): 224-231.
- [12] Rojas, J.A., Rosell, C.M., De Barber, C.B., 1999, Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*, 13(1): 27-33.
- [13] Elke, K.A., Dal Bello F., 2008, The gluten free cereal products & beverages, USA, Elsevier Inc, pp:1-7,17-20,29,35,40,47-48,83,91,107,203-208, 213-214,289,291-293, 296-299,301-307,394.
- [14] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G., 2007, Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3) :1033-1047.
- [15] Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J., 2004, Different hydrocolloids

۴-نتیجه گیری

خواص رئولوژیکی مخلوط آردی و خمیرهای حاصل از فرمولاسیونهای قادر گلوتن با بکارگیری هیدروکلوزیدهای زانتان و CMC مورد بررسی قرار گرفت. مشخص گردید که از بین دو هیدروکلوزید زانتان و CMC در مقادیر مورد استفاده، تیمار حاوی ۱/۵٪ زانتان بالاترین مقدار جذب آب را ارائه کرد. در رابطه با زمان گسترش خمیر در فارینوگراف این دو صبغ رفتار متفاوتی را در بر این پارامتر نشان دادند. زانتان اثر کاهنده بر زمان گسترش خمیر داشت. اما CMC بر عکس، زمان گسترش خمیر را افزایش داد. در آزمون رئومتری نوسانی خمیر حاصل از زانتان ۱/۵٪ بالاترین میزان مدول الاستیک و کمترین $\delta \tan$ را ارائه داد. مدولهای الاستیک تیمارهای حاصل از مخلوط صبغها از مدولهای مربوطه در تیمارهای حاوی تنها یک صبغ بالاتر بودند . این امر مؤید اثر سینتریزیستی دو صبغ در ایجاد ساختار قوی تر و مقاومتر شدن خمیر است. در تیمارهای تلفیقی، در حضور زانتان مقدار و شدت زیاد افزایش $\delta \tan$ در فرکанс های بالا، آنطور که در تیمارهای حاوی CMC به تنهایی دیده می شد نیز کمتر گردید. به طور کلی در بین دو صبغ مورد استفاده از زانتان بهترین کارایی را در ارائه ویژگیهای مطلوب ارائه داد.

۵- قدردانی و تشکر

از همیاری و زحمات شرکت محترم نانآوران و جناب آقای دکتر عزیزی و پرسنل محترم پژوهشکده غله و نان کشور برای ارائه امکانات تحقیقاتی و مساعدت های لازم تشکر می شود.

۶- منابع

- [1] Anton, A.A., Artfield, S.D., 2007, Hydrocolloids in gluten-free breads: review. *International Journal of Food science and nutrition*, 59(1):11-23.
- [2] Gharooni, J., 1383, Technology of flat bread. Translated by Azizi, M.A., Hojati, M. Tehran: Andishmand. pp: 65,75
- [3] Hamaker Bruce, R., 2008, Technology of functional cereal products. USA, Woodhead publishing limited, pp: 446,448,451-452,456,460-461,389-397.
- [4] Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003, Crust and crumb characteristics of

- [19] Rosell, C.M., Rojas, J.A., Benedito de Barber, C., 2001, Infuence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1): 75-81.
- [20] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S., 2010, Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2): 295–303.
- [21] Moore, M.M., Bello, F.D., Arendt, E.K., 2008, Sourdough fermented by *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 improves the quality and shelf life of gluten-free bread. *Europe Food Research Technology*, 226(6): 1309–1316.
- [22] Renzetti, s., Bello, F.D., Arendt, E.K., 2008, Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48(1),: 33–45.
- as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18(2): 241-247.
- [16] Kohajdová, Z., Karovičová, J., 2009, Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63 (1): 26–38.
- [17] Lorenzo G., E. Zaritzky N., N. Califano A., 2009, Rheological characterization of refrigerated and frozen non-fermented gluten free dough: effect of hydrocolloids and lipid phase. *Journal of Cereal Science*, 50(2): 255–261
- [18] Rosell,C.M., Macro,C., 2008, Fancitional and rheological properties of protein enriched gluten free composite. *Journal of Food Engineering*, 88(1): 94-103.

Effect of xanthan and CMC on rheological properties of Gluten-free bread dough

Sadeghnia, N. ¹, Azizi, M. H. ^{2*}, Seyedain Ardebili, M. ³, Mohammadi, M. ⁴

1. M.Sc. Food Science and Technology, Science & Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate Prof. of Food Technology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Assistant Prof. of Food Technology, Science and Research University, Tehran, Iran
4. Ms.c, Food Science Researcher , National Nutrition & Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran.

(Received: 93/2/23 Accepted: 93/7/8)

Bread is traditional food generally prepared from wheat flour. Flat breads are the oldest and well-known kinds of bread worldwide. The main wheat component responsible for bread quality is gluten, which is an essential structure-binding protein. Although important, this protein can cause health problems in predisposed individuals with celiac disease. Consequently hydrocolloids are used to substitute for gluten and mimic the viscoelastic properties of it. In order to consider the influence of xanthan and CMC on dough rheological properties, they used in 0.5, 1, 1.5% to evaluate the influence of each level separately and in 0.5, 1% (flour basis) for incorporative effects of them. In farinograph measuring, treatment4 (1.5% Xanthan) and treatment11 (1% CMC, 1% Xanthan) resulted in highest water absorption. Increasing the level of xanthan led to increasing water absorption significantly in comparison to CMC. Xanthan and CMC decrease and increased dough time development respectively. Addition of xanthan resulted in a farinogram which resembled that of a standard farinogram obtained by wheat flour. In dough dynamic measuring, hydrocolloids caused higher viscoelastic modulus and increasing the level of them made them greater. The highest G' was in treatment4, between used separate gum treatments. tanδ in treatments contain CMC was more than treatments contain xanthan and it was the most in treatment7(1.5% CMC). G' and G" in treatments contain incorporative gums was more than treatments contain separate gums. In these treatments, Xanthan decrease the tanδ resulted in treatments including CMC separately. Treatment11 has higher dynamic modulus and tanδ than treatment4. In all cases xanthan had affect on increasing water adsorption, decreasing dough time development, elastic modulus acceleration and decreasing tanδ.

Key words: Carboxymethylcellulose(CMC), Coeliac, Hydrocolloids , Rheology, Xanthan

* Corresponding Author E-Mail Address: azizit_m@modares.ac.ir