



## اثر افزودنی آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، صمغ گوار، کازئینات سدیم بر نان تافتون فاقد گلوتن بر پایه پودر سیب زمینی واریته آگریا

مهديس مرادي<sup>۱\*</sup>، مرضيه بلندي<sup>۲</sup>، مهدي کریمی<sup>۳</sup>، فريرز ناهیدی<sup>۴</sup>، هما بقايی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته دکترا علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد دامغان، دامغان، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد دامغان، دامغان، ایران.

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

۴- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد دامغان، دامغان، ایران.

## چکیده

## اطلاعات مقاله

بیماری سلیاک یک اختلال خودایمنی روده باریک با زمینه ژنتیکی است. در این بیماری پرزهای روده باریک آسیب دیده و جذب مواد مختل می‌گردد. همپنین ورود گلوتن به سلول‌های روده موجب پاسخ سیستم ایمنی می‌شود. واکنش التهابی ایجاد شده موجب تحلیل پرزهای روده و کاهش فعالیت آنزیم‌های روده می‌شود. تنها راه درمان این بیماری مصرف مواد غذایی فاقد گلوتن می‌باشد. لذا استفاده از پودر سیب زمینی در تولید فرآورده‌هایی نظیر نان به عنوان یک منبع غنی فاقد گلوتن به دلیل وجود ترکیبات پروتئینی و هضم آسان از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش اثر استفاده همزمان صمغ گوار، کازئینات سدیم و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی هر کدام در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد جهت تولید نان فاقد گلوتن بر پایه پودر سیب زمینی واریته آگریا مورد بررسی قرار گرفت و سپس خصوصیات بافتی، فیزیکوشیمیایی و حسی نان طی مدت زمان ۷ روز نگهداری تعیین شد. نتایج این بررسی نشان داد افزودن ترانس گلوتامیناز میکروبی با ایجاد پیوندهای عرضی در خمیر سبب قدرت کشش و پایداری خمیر نان شد. افزودن صمغ گوار سبب افزایش حجم مخصوص و کاهش سفتی نان شد. افزودن کازئینات سدیم منجر به افزایش جذب آب و بازدهی خمیر شد. لذا استفاده از این افزودنی‌ها منجر به افزایش میزان تخلخل، حجم مخصوص و کشش بافت و کاهش میزان شاخص‌های رنگی  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  در پوسته نان و بافت فرآورده نهایی شد. بنابراین مصرف پودر سیب زمینی واریته آگریا در فرمولاسیون نان تافتون سبب افزایش مدت زمان نگهداری، افزایش بازارپسندی فرآورده توسط مصرف کننده و بهبود ویژگی‌های بافتی شد. از این رو استفاده همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، صمغ گوار و کازئینات سدیم توانست تغییرات مطلوبی را بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان تافتون فاقد گلوتن بر پایه سیب زمینی طی مدت زمان ماندگاری بر جا گذارد.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

کلمات کلیدی:

آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی،

آرد سیب زمینی،

بیماری سلیاک،

صمغ گوار،

کازئینات سدیم.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.347

\* مسئول مکاتبات:

Mahdismoradi@yahoo.com

## ۱- مقدمه

مطابق با اطلاعات سازمان بهداشت جهانی (WHO) بیماری سلیاک به عنوان یک ناهنجاری روده ای شناخته شده است که به عنوان یکی از رایج ترین ناهنجاری های ژنتیکی دنیا به شمار می رود. حدود یک درصد از جمعیت کل جهان مبتلا به این بیماری می باشند این بیماران علاوه بر فقر تغذیه ای در طول مدت زندگی مبتلا به بدخیمی هایی نظیر لنفوم روده می گردند. ویلی ها در برخورد با گلوتن یا اجزای تشکیل دهنده ی آن کوتاه تر، پهن تر و صاف تر می شوند همچنین تولید آنزیم آن ها کاهش یافته و مختل می گردند در حقیقت این بیماران قادر به تحمل دائمی پرولامین غلات نیستند و تنها راه درمان آن مصرف غذاهای فاقد گلوتن در تمام دوران عمر آنهاست مصرف گلوتن توسط این بیماران سبب تحریک و پاسخ تهاجمی لنفوم روده آنها شده و سلول های روده که در قسمت روده کوچک مسئولیت جذب مواد مغذی را بر عهده دارد صدمه می بیند [۱]. لذا استفاده از آرد سایر غلات و حبوبات در صنعت نان از اهمیت بالایی برخوردار است [۲]. لذا باتوجه به اینکه این بیماران از حساسیت به سایر مواد غذایی نیز رنج می برند و از آنجایی که تنها راه معالجه موثر این بیماران رژیم فاقد گلوتن می باشد لذا، امروزه محققان صنعت غذا ضمن تولید محصولات بدون گلوتن به غنی سازی این دسته از محصولات با مواد مغذی دیگر نیز اهمیت می دهند. به موازات افزایش بیماری سلیاک یا دیگر حساسیت های مربوطه با مصرف گلوتن نیز افزایش پیدا کرده است، ذهن محققان را به تولید محصولات صنایع پخت با آردهای فاقد گلوتن نظیر مواد نشاسته ای (ذرت، سیب زمینی و برنج معطوف ساخته است. باتوجه به اینکه نان در دنیای کنونی دارای حساسیت های اقتصادی و سیاسی است و به عنوان غذای اصلی افراد از مقبولیت بالایی برخوردار است همچنین دارای پروتئین، ویتامین های گروه B، مواد معدنی است لذا تولید نان با کیفیتی مطلوب امری ضروری است [۳] و [۴]. لازم به ذکر است در فرآورده های نانوائی رتروگراداسیون نشاسته به دلیل اتصالات عرضی پیوند هیدروژنی بین ماتریس پروتئین و نشاسته سبب سفتی فرآورده می شود [۵]. لذا به منظور تاخیر در بیاتی می توان از ترکیبات هیدروکلوئیدی، چربی ها، امولسی فایرها و پنتوزان ها استفاده کرد. از بین گیاهان دو لپه ای سیب زمینی با نام علمی *Solaman Tuberosan* از تیره سولاناسه، دارای ۱۰۰ گونه می باشد که ۸ گونه آن قابلیت کشت را دارند. این گیاه دلیل نداشتن گلوتن در ترکیبات در تولید نان و

فرآورده های نانوائی برای بیماران سلیاکی از اهمیت زیادی برخوردار است [۶]. در صنعت نشاسته سیب زمینی به عنوان قوام دهنده، پایدار کننده، پرکننده و نگهدارنده آب استفاده می کنند. لازم به ذکر است که آرد سیب زمینی دارای حدود ۷۷-۷۹ درصد کربوهیدرات، ۱۱-۹ درصد پروتئین، ۴/۵-۴ درصد خاکستر، ۰/۲-۰/۱ درصد چربی و ۱/۱۷-۱/۱۸ درصد فیبرخام، مواد معدنی (پتاسیم، کلسیم، کلر، منیزیم، سدیم)، ویتامین های گروه (B, C, D, E)، ترکیبات فنلی، اسیدآسکوربیک و آنزیم است. در حقیقت گلوتن ماده نامحلول در آب موجود در آرد گندم است که پس از شستشو خمیر به صورت الاستیک در می آید. امروزه جایگزین کردن ترکیبات هیدروکلوئیدی و پلیمری می تواند خصوصیات ویسکوالاستیک مورد نیاز گلوتن را تامین کند [۷]. هیدروکلوئیدها به عنوان بیوپلیمر آب دوست با وزن ملکولی بالا به عنوان یک ترکیب عملکردی در آب تورم ایجاد کرده و ساختاری مشابه گلوتن را در خمیر فراهم می سازد و توسط گروه هیدروکسیل و سایر گروه های آب دوست سبب افزایش جذب و حفظ رطوبت و مانع از مهاجرت آب از مغز نان به پوسته، بهبود بافت و کیفیت نهایی فرآورده طی مدت نگهداری، جایگزین گلوتن در فرآورده های فاقد گلوتن و جایگزین چربی در فرآورده های کم کالری، به تعویق انداختن بیاتی، حفظ گاز بیشتر در خمیر، افزایش قوام خمیر، کاهش سفتی بافت و تشکیل شبکه موقت ژلی و افزایش سفتی دیواره احاطه شده سلول های حاوی گاز می شود و در صنعت غذا به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد [۸]. این ترکیب به دلیل ویژگی ساختاری و اتصال با آب در تولید فرآورده های عاری از گلوتن جایگزین مطلوبی است [۹]. امروزه مطالعات گسترده ای در زمینه هیدروکلوئیدها انجام شده که بیانگر کاهش بیات و بهبود نهایی نان می شود [۱۰]. بکارگیری آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی که جزء آنزیم های ترانسفر می باشد و بین اسید آمینه ی گلوتامین از یک پروتئین و لایزین از یک پروتئین دیگر اتصالات عرضی برقرار می سازد این عمل سبب افزایش مقاومت به کشش و کاهش کشش پذیری می گردد این امر سبب پایداری خمیر نان می گردد همچنین تاحدودی سبب بهبود ویژگی رئولوژی خمیر نان می شود. بکارگیری کازئینات سدیم در فرمولاسیون نان تولیدی سبب افزایش جذب آب بالاتر، در بررسی خلیدازمان<sup>۱</sup> و همکاران مشاهده کردند استفاده از ۲۰ درصد آرد سیب زمینی در این فرآورده سبب افزایش رطوبت و ایجاد بافتی با قابلیت کشش پذیری مطلوب می شود [۱۱]. نتایج

بندی‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با دانسیته بالا، بسته‌بندی می‌شوند تا در طول نگهداری بتوان آن‌ها را تا حدودی از تغییرات نامناسب، مصون نگه داشت.

## ۲-۲- روش تولید

به منظور تهیه خمیر از همزن پیشرفته (مدل Artisan، ساخت کشور آمریکا) استفاده شد و مواد خشک نظیر پودر سیب زمینی، مخمر، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، گوار و پودر کازئینات با هم مخلوط شدند و آب به طور همزمان به آن‌ها به میزان ۴۰ میلی لیتر افزوده شد و طی مدت ۸-۵ دقیقه مخلوط شدند خمیر را پس از به هم زدن با دست و یا همزن به صورت چانه های ۲۰۰ گرمی در آورده و ضمن پهن و یکنواخت کردن خمیر توسط وردنه پس از شکل‌گیری خمیر حاصله به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری شد و پس از زمان تخمیر خمیر به قطر ۲ سانتیمتری پهن و قالب‌زنی شد و پس از مدت ۲۵ دقیقه نان تافتون در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد پخت شد [۱۳].

Table 1 Formulation of Taftoon Bread

Formulation	Compounds
(Kg) 100	Potato powder
(%) 1.5, 1, 0.5	Sodium caseinate
(%) 1.5, 1, 0.5	Guar gum
(%) 1.5, 1, 0.5	Transglutaminase enzyme microbi
(Kg) 2.5	Saccharomyces cervisiae
85-93(ml)	Water

Containing Potato Powder

## ۲-۳- آزمون های انجام شده

در آزمون تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی از بافت مغز نمونه نان تهیه شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در زمان صفر و پس از ۹۶ ساعت نگهداری توسط کارد به برش‌های کوچک در آمد و پس از بسته بندی داخل کیسه‌های پلی اتیلنی داخل فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد و سپس با استفاده از دستگاه خشک کن انجمادی به مدت ۲۴ ساعت خشک شد که در این پژوهش از دستگاه میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM<sup>3</sup>) مارک کمبریج مدل ۵۵۲۶ ساخت انگلستان استفاده شد. بدین صورت که یک برش بسیار نازک از هر قطعه جدا و به داخل دستگاه میکروسکوپ الکترونی با ولتاژ ۲۰ کیلو وات انتقال داده شد و در ۲ مقیاس ۳۰ و ۱۰۰۰ به منظور مشاهده حباب داخل بافت مغز نان و ترکیبات نشاسته و پروتئین موجود در جداره حباب بزرگنمایی و تصویر برداری شد [۱۳].

اسکندری<sup>۲</sup> و همکاران نشان داد در نمونه حاوی ۵ درصد پودر سیب زمینی در فرآورده نهایی سبب افزایش کشش پذیری و حجم مخصوص و تخلخل فرآورده می‌شود، همچنین اذعان داشتند که فیبر موجود کاهش سفتی مغز نان و افزایش بازدهی خمیر شده است این امر در مدت زمان ماندگاری بیشتر و کاهش بیاتی نقش بسزایی رداشته است در سیب زمینی به دلیل قابلیت حلالیت بالا سبب افزایش سفتی و بهبود بافت و ظرفیت بالای حفظ آب در فرآورده می‌شود [۱۲]. در این بررسی از وارپته آگریا به دلیل مقدار آمیلوپکتین و فسفر بالا استفاده شد و تاثیر افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی صمغ گوار و کازئینات سدیم خصوصیات فیزیکی شیمیایی، بافتی و حسی نان تافتون حاوی آرد سیب زمینی این وارپته طی مدت زمان ماندگاری مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

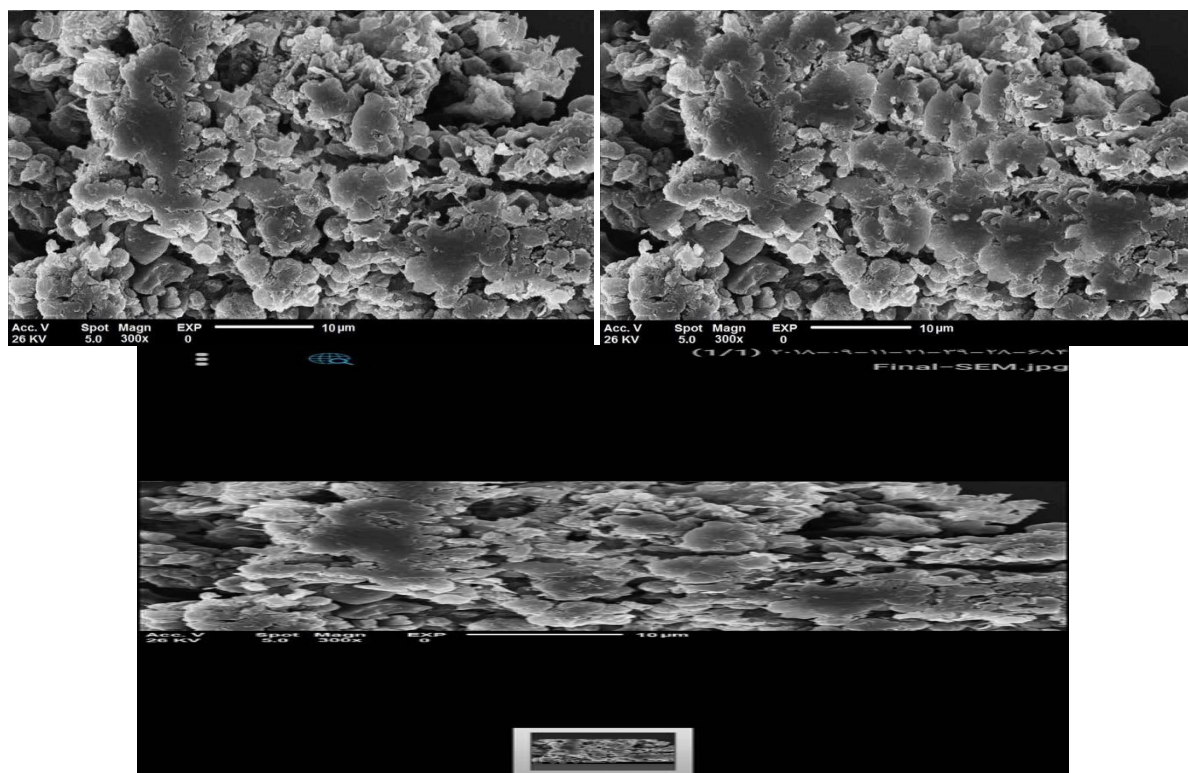
مواد اولیه در این پژوهش نظیر سیب زمینی رقم آگریا از استان گلستان، جهاد کشاورزی گرگان تهیه شد، مخمر، صمغ گوار و آنزیم گلوتامیناز میکروبی از شرکت (Elidt. Usa modernist Pantry) آمریکا، کازئینات سدیم از شرکت به نام پودر استان البرز شهر فردیس تهیه شد.

## ۲-۱- روش تهیه پودر سیب زمینی

در پژوهش حاضر درصد رطوبت سیب زمینی با استفاده از روش استاندارد AACC، شماره ۲۰۰۰، شماره ۱۶-۴۴ اندازه گیری شد و ترکیبات شیمیایی پودر سیب زمینی همچون افت جرمی (درصد وزنی) خاکستر کل بر اساس ماده خشک، خاکستر نامحلول در اسید، فیبر خام بر اساس ماده خشک، پروتئین بر اساس وزن خشک، نشاسته بر اساس وزن خشک و pH ارزیابی قرار گرفت. بدین شکل که برای تولید پودر سیب زمینی، غده‌های پوست‌گیری شده، توسط دستگاه خردکن، رنده و سپس به وسیله آب داغ ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت چند دقیقه آنزیم بری می‌شوند و نهایتاً آبکشی شده و به مدت ۱۵ دقیقه نگه داشته شد تا آب سطحی آن‌ها تبخیر شود. سپس پخته شده و آسیاب می‌گردد. برای خشک کردن سیب زمینی‌ها از دو دستگاه شامل آون هوای داغ و اسپری درایر مایکروویو استفاده می‌شود. در طول زمان خشک شدن، نمونه‌ها زیر و رو می‌شوند تا حرارت به طور یکنواخت به آنها برسد و این کار تا رسیدن به رطوبت ۵ درصد برای محصول پودر ادامه می‌یابد. در نهایت بخشی از محصولات تولید شده، در بسته

3. Scanning electron microscope; Netzsch-Dsc204F1

2. Eskandari



**Fig 1** Taftoon bread electron microscope images containing Agria variety of potato powder and variables with magnification 1500.

۱۲۰+ زرد خالص متغییر می‌باشد)، لذا به منظور اندازه گیری این شاخص‌ها نخست برشی در ابعاد ۲×۲ سانتیمتر تهیه و توسط اسکنر (مدل HP Scanjet G ۳۰۱۰) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری و سپس تصاویر با نرم افزار Image7 قرار داده شد و با فعال کردن فضای AB در بخش Plyins شاخص‌های مورد نظر محاسبه شد. به منظور سنجش حجم مخصوص نمونه‌ها با استفاده از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا استفاده شد بدین منظور در فواصل ۱، ۲، ۴ و ۷ روزه پس از پخت، قطعه ای به ابعاد ۲ × ۲ سانتیمتری از مرکز هندسی نان تهیه شد و میزان حجم مخصوص آن که از نسبت حجم به وزن بدست می آید اندازه گیری شد [۱۴] و [۱۳]. تعیین استحکام و سختی بافت با استفاده از دستگاه سنجش بافت (Texture Analyzer) مطابق با روش AACC شماره ۱۰-۷۴ در مدت زمان های ۱، ۲، ۴ و ۷ روزه پس از پخت در دمای اتاق انجام گرفت و سپس نمونه‌ها از حاشیه‌ها و قسمت میانی نان با ابعاد ۵ × ۵ سانتیمتری و ضخامت ۲۵ میلیمتری جدا شد.

## ۲-۴- روش و ابزار تجزیه و تحلیل داده ها

داده‌های بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار با آرایش فاکتوریل با استفاده از نرم افزار SPSS 21 مورد تجزیه و

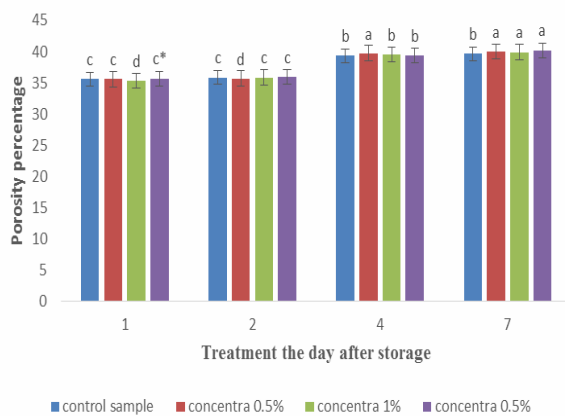
میزان تخلخل مغز نان در فواصل زمانی ۲ ساعت با استفاده از تکنیک پردازش آنالیز شد بدین منظور برشی در ابعاد ۲ × ۲ سانتیمتر از مغز نان تهیه و سپس به وسیله (مدل HP ۳۰۱۰ Scanjet G) با وضوح ۳۰۰ پیکسل مورد تصویربرداری شد و پس از تصویر برداری، تصویر گرفته شده با نرم افزار Image (Binary Image)، قسمت دودویی نرم افزار فعال شد. این تصاویر مجموعه ای از نقاط روشن و تاریک است که با محاسبه نسبت بین نقاط روشن و تاریک میزان تخلخل برآورد شد؛ لازم به ذکر است هر چه میزان این نسبت بیشتر باشد بدین معنی است که میزان حفرات موجود در بافت نان (میزان تخلخل) بیشتر می‌باشد در خاتمه با فعال کردن قسمت Analysis نرم افزار این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه گیری شد [۱۴]. شاخص  $a^*$  و  $L^*$  پسته از دستگاه پردازش تصویر استفاده شد که شاخص  $L^*$  نشاندهنده میزان روشنی نمونه است (در دامنه صفر تا ۱۰۰ به صورت سفید خالص متغییر می‌باشد)، شاخص  $a^*$  نشاندهنده رنگ سبز و قرمز در نمونه (دامنه آن از ۱۲۰- سبز خالص تا ۱۲۰+ قرمز خالص متغییر می‌باشد)، شاخص  $b^*$  نشاندهنده میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ آبی (در دامنه ۱۲۰- آبی خالص تا

همچنین وجود آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در نان تافتون سبب افزایش کیفیت محصول، ایجاد پیوندهای عرضی بین اسیدآمین گلوتامین و لیزین شد و از رشد سلول‌های گازی در زمان تخمیر جلوگیری به عمل می‌آورد و این رخداد سبب افزایش میزان حجم مخصوص در مدت نگهداری می‌گردد. در بررسی مور<sup>۴</sup> و همکاران بیان کردند افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی با افزایش میزان مصرف سبب حجم مخصوص نان افزایش می‌یابد [۱۸]. نتایج پوراشرف<sup>۵</sup> و همکاران نشان دادند با افزایش آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و صمغ‌ها به نان حاوی نشاسته ذرت و آرد برنج میزان حجم مخصوص نمونه‌ها کاهش می‌یابد [۱۹].

نتایج الگیتی<sup>۶</sup> و همکاران نیز نشان داد با افزایش میزان فعالیت آلفا گلیکوزیداز حجم مخصوص نان بهبود می‌یابد که این رخداد منجر به پخش یکنواخت گاز در فرآورده نهایی می‌شود [۲۰].

### ۳-۲-آزمون تخلخل

براساس مقایسه میانگین نشان داده شد افزودن متغیرها طی مدت نگهداری بر میزان درصد تخلخل نهایی فرآورده افزایش معناداری داشته است ( $p < 0.05$ ).



**Fig 3** Effect of Microbial Guar Gum, Sodium Caseinate and Microbial Transglutaminase Enzymes on Potato Gluten-Free Taftoon Porosity Based on Potato Agria, Satrina and Quebec Varieties During Storage.

\* The letters represent a significant difference at the 5% level.

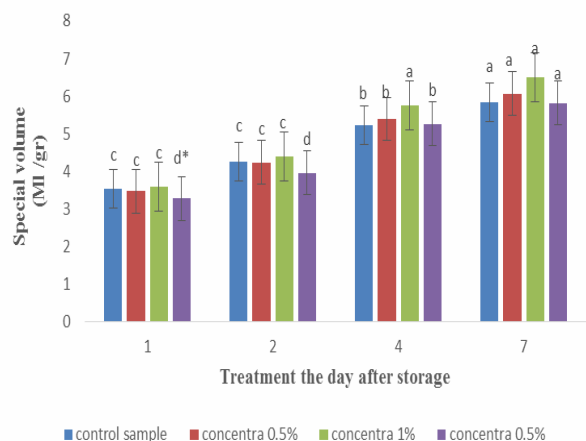
لذا می‌توان بیان کرد افزایش میزان تعداد سلول‌های گازی و توزیع یکنواخت آن در فرآورده نهایی سبب افزایش میزان تخلخل نان می‌گردد [۲۱]. وجود آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی و کازئینات سدیم نیز موجب افزایش اتصالات عرضی

تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و به منظور رسم نمودارها از Excel 2010 استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱-آزمون حجم مخصوص

براساس مقایسه میانگین نشان داده شد افزودن متغیرها به نان طی مدت نگهداری سبب افزایش معنی داری بر میزان حجم مخصوص نان فرآورده نهایی شد ( $p < 0.05$ ). در محصولاتی غلاتی کاهش حجم بیانگر کاهش هوای در داخل بافت نان است لذا افزودن متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش نقش مهمی در ایجاد یک بافت اسفنجی مناسب دارا بوده است. همچنین در فرآورده‌های نانوائی افزودن کازئینات سدیم، سبب افزایش میزان کلسیم، بهبود طعم و بافت و افزایش مدت نگهداری فرآورده می‌شود لذا در این بررسی اثر ترکیبات افزودنی بر میزان حباب‌های موجود در خمیر، انبساط سلول‌های هوا طی مراحل پخت نان و یا تبخیر آب موجود در خمیر بستگی به افزایش دما دارد [۱۵] و [۱۶]. صمغ‌ها در فرآورده‌های غلاتی قادر به استحکام دیواره‌های سلولی گاز و ممانعت از پاره شدن دیواره هستند به همین منظور استفاده از صمغ گوار در نان تافتون فاقد گلوتن به عنوان ترکیب پلیمری در آب سبب تورم در فرآورده نهایی و افزایش ویسکوزیته خمیر می‌شود [۱۷].



**Fig 2** The Effect of Different Concentrations of Microbial Guar Gum, Sodium Caseinate and Transglutaminase on the Specific Volume of Taftoon Gluten-Free Potato Based on Agria, Satrina and Quebec Potato during Storage.

\* The letters represent a significant difference at the 5% level.

4. Moore  
5. Pourashraf  
6. Elgiti



لذا می‌توان بیان کرد وجود آمیلوز و آمیلوپکتین در آب سبب کریستاله شدن؛ تشکیل پلیمر و سفتی بافت فرآورده نهایی می‌گردد [۲۳]. لازم به ذکر است وجود متغیرهای مورد استفاده در این بررسی سبب حفظ و نگهداری سلول‌های گازی، کاهش میزان سفتی بافت در فرآورده نهایی می‌شود که این پارامتر بستگی به محتوی رطوبت فرآورده، حجم مخصوص و ویسکوزیته خمیر دارد. وجود صمغ گوار به دلیل جذب بالای آب سبب افزایش میزان ویسکوزیته خمیر، کاهش سرعت بیاتی و سفتی نان می‌گردد [۲۴]. هادیان<sup>۸</sup> و همکاران نشان داد نان برنجی فاقد گلوتن بر پایه آرد کینوا طی مدت ۷۲ ساعت نگهداری پس از پخت پرداختند سبب افزایش میزان سفتی بافت فرآورده نهایی می‌شود [۲۲].

### ۳-۴-آزمون رنگ

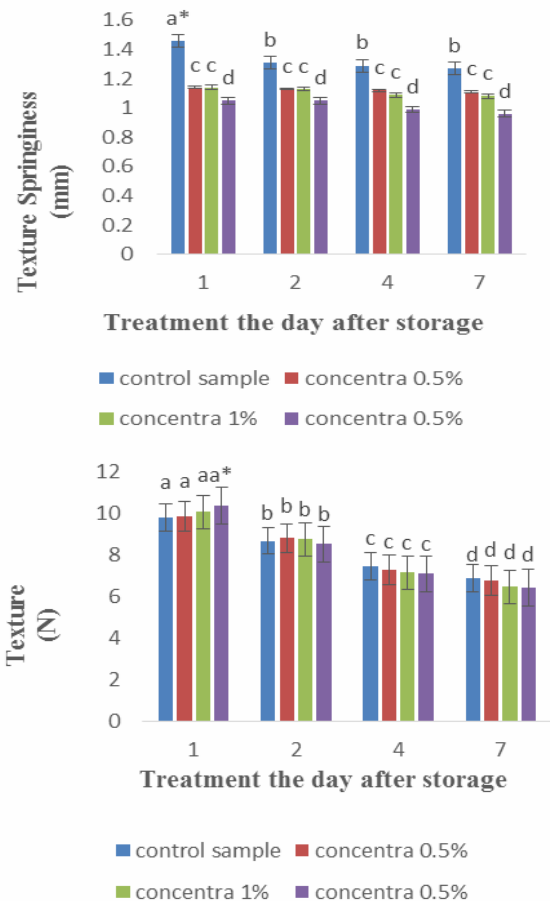
براساس مقایسه میانگین نشان داده شد افزودن متغیرها طی مدت نگهداری بر میزان شاخص‌های رنگی  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  در سطح آماری ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار است ( $p < 0.05$ ). لازم به ذکر است افزایش صمغ گوار، آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در فرمولاسیون نان سبب افزایش میزان درجه روشنایی فرآورده شده بود همچنین شاخص  $a^*$  دارای بالاترین میزان رنگ و مسبب ظهور رنگ قرمز تیره در فرآورده نهایی شد با توجه به افزایش تجمع رنگدانه‌ها و سفتی بافت شاخص  $a^*$  کاهش پیدا کرده بود وجود صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در فرآورده نهایی بر شاخص  $b^*$  اثر نزولی داشته است [۲۵]. کاهش میزان شاخص  $L^*$  در نان طی مدت زمان ماندگاری به دلیل وجود صمغ گوار در فرمولاسیون نان را می‌توان به ظرفیت بالای نگهداری آب توسط آن نسبت داد که با ممانعت از خروج آب در زمان پخت نان سبب کاهش تغییر در پوسته نان و ایجاد سطحی یکنواخت در فرآورده نهایی شده بود. از آنجا که رنگ به عنوان یکی از مهمترین مولفه‌ها در پذیرش فرآورده نهایی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. لذا می‌توان فرآورده ای با کیفیت بالا را به بازار مصرف ارائه داد. در بررسی حقایق<sup>۹</sup> در زمینه تولید نشان داد آرد گندم سیاه و آمارات سبب افزایش میزان شاخص رنگی  $a^*$  و  $b^*$  در پوسته نان می‌شود [۱۴]. نتایج شانیلی<sup>۱۰</sup> و همکاران در بررسی نشان دادند، افزایش میزان صمغ کاراگینان از ۰/۲۵ درصد به ۰/۷۵ درصد

شبکه پروتئینی محصول نهایی، انبساط حباب هوا و افزایش میزان درصد تخلخل محصول می‌شود؛ لذا می‌توان اذعان داشت برهمکنش بین سه افزودنی مورد استفاده در این پژوهش سبب افزایش تخلخل نمونه و بهبود کیفیت نهایی نان شده است [۲۲].

حقایق<sup>۷</sup> در مطالعه ی بیان کرد جایگزینی آرد برنج با آرد کینوا، آمارات و گندم سیاه سبب افزایش میزان تخلخل در نان می‌شود که این اثر در آرد کینوا نسبت به سایر آردها بیشتر بود؛ همچنین محتوی پروتئین آن سبب استحکام دیواره سلولی و جلوگیری از پاره شده آن می‌شود [۱۴].

### ۳-۳-آزمون بافت

براساس مقایسه میانگین نشان داده شد افزودن متغیرها طی مدت نگهداری بر میزان سفتی و کشش بافت سبب کاهش معنی داری دارد ( $p < 0.05$ ).



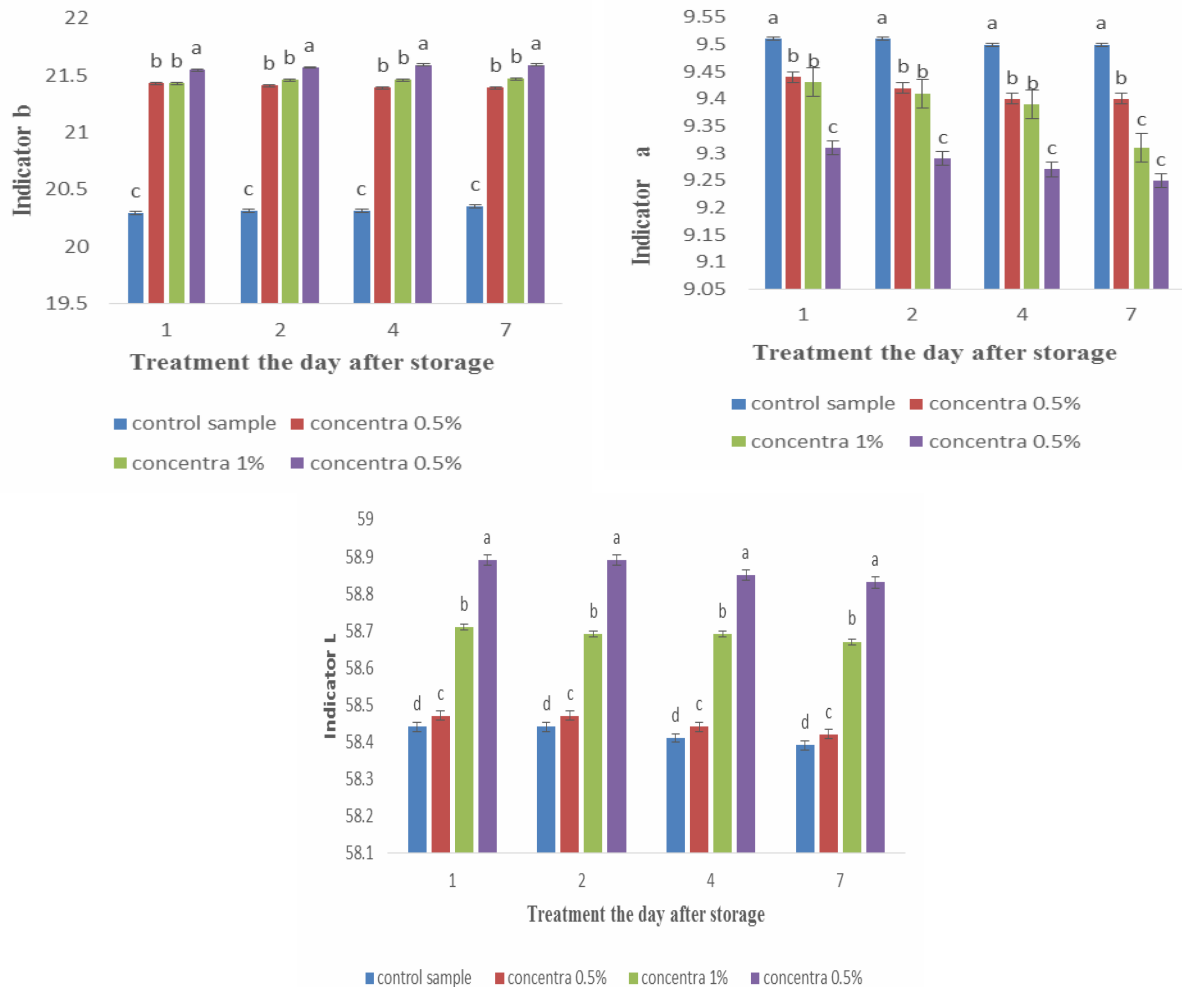
**Fig 4** Effect of different concentrations of microbial guar gum, sodium caseinate, and microbial transglutaminase enzymes on gluten-free Taftoon based potato varieties of Agria, Satrina and Quebec during storage. The letters represent a significant difference at the 5% level.

8. Hadeian  
9. Haghaiegh  
10. Shanelli

7. Haghaiegh

همچنین اظهار داشتند افزایش شاخص  $L^*$  با صمغ‌ها سبب افزایش سفیدی رنگ محصول شده بود [۱۶].

سبب افزایش میزان فاکتور  $L^*$  در فرآورده نهایی شده است و با افزایش این صمغ از ۰/۱ به ۰/۵ میزان آن کاهش یافته بود آن‌ها



**Fig 5** Effect of different concentrations of guar gum, sodium caseinate, and microbial transglutaminase on the gluten-free Taftoon based potato variety Agria, Satrina and Quebec during storage.

بهبود بافت فرآورده نهایی خوشبختانه طی مدت نگهداری اثرات مثبتی بر جا گذاشت. از آنجا که رنگ به عنوان پارامتر نهایی جذب و ترغیب مصرف کننده به شمار می‌رود لذا جایگزین کردن پودر سیب زمینی در فرمولاسیون نان تافتون سبب بهبود و رضایت قابل چشمگیری طی مدت زمان ماندگاری شد همچنین وجود ترکیبات عمده شامل از ۶۰-۸۰ درصد نشاسته، ۵ درصد مواد فیبری، ۲ درصد مواد پروتئینی، ۱ درصد مواد معدنی و انواع ویتامین محلول در چربی (A,D,E,K) و محلول در آب (B<sub>1</sub>,B<sub>2</sub>,B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>) انتخاب مناسبی بوده است. لذا می‌توان اذعان داشت افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، صمغ گوار و کازئینات سدیم طی

#### ۴- نتیجه گیری

در این بررسی اثر افزودن همزمان آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی، صمغ گوار و کازئینات سدیم در نان فاقد گلوتن بر پایه سیب زمینی مورد مطالعه قرار گرفت که شرایط بهبود فرآورده نهایی طی مدت نگهداری نشان داد افزودن ترکیبات فوق به نان تافتون فاقد گلوتن سبب افزایش رضایت مندی در پذیرش کلی فرآورده توسط ارزیاب‌های متخصص شد، نتایج سنجش رئولوژیکی این مطالعه نیز بیانگر آن بود که تیمار مورد مطالعه طی مدت نگهداری در روز ۷ نسبت به روز ۱ نگهداری از امتیاز بالاتری برخوردار است، نکته حائز اهمیت اینست که نتایج این بررسی نسبت به سایر فرآورده‌های غلاتی دور از انتظار نبوده است. از نظر افزایش ارزش تغذیه ای در

- [11] Majzobi, M., Faranaki, A., Astovan. R., and Radi, M. 2010. The effect of increasing wheat bran and starch with cross-joints on the characteristics of honey and barbari bread (flat Iranian). *Journal of Food Science and Technology*, 29, 79-69.
- [12] Skendi, A., Biliaderis, C., Papageorgiou, M., Izydorczyk, M. 2010. Effects of two barley  $\beta$ -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chem*, 119 (3), 1159-67.
- [13] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of cereal Chemists. 10 th Ed. 2. American Association of Cereal Chemists. St. Paul. MN.
- [14] Hghaigh, G.H. 2015. Study of nutritional, technological and sensory characteristics of gluten-free brass bread containing pseudo-wheat flour. *science and food industry*, 14 (69), 1-12. [In Persian]
- [15] Sahraiyān, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Ghiafe Davoodi, M. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food hydrocolloids*. 30, 698-703.
- [16] Shalini, K. G., and Laximi, A. 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of Chapatti (Indian unleavened Flat bread) Part I-hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 21, 110-117.
- [17] Pouresmaiel, N., Azizi, M. H., Abbasi, S., and Mohammadi, M. 2011. Gluten free bread formulation by using guar and trans microbial glutaminase. *Journal of food science reserarches*, 21 (1), 70-81.
- [18] Moore, M.M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., and Arendt, E. K.. 2006. Network formation in gluten-free bread with the application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 83: 28-36.
- [19] Pourafshar, S., Krishnan, P. G., and Rosentrater, K. A. 2011. Using alternative flours as partial replacement in barbari bread (traditional Iranian bread) formulation. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 1, 1-10.
- [20] Elgeti, D., Nordlohne, S. D. M., Foste, M., Besl, M., Linden, V., Heinz, M., Jekle M., and Becker, T. 2014. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59 (1), 41-47.
- مدت زمان نگهداری بر کمیت و کیفیت فرآورده نهایی نان تافتون فاقد گلو تن اثر مفیدی بر جا می گذارد.

## ۵-منابع

- [1] Gallagher, E., Rgormley T., and Karendt, E. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in food Science and Technology*, 15 (3), 143-152.
- [2] Khaliduzzaman, S. M., and Shams-ud-Din, M.N. 2010. Studies on the preparation of chapatti and biscuit supplemented with potato flour. *Journal of Bangladesh Agricultural University*, 8(1), 153-160.
- [3] Mandala, I.G., and Sotirakoglou, K.. 2005. Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids. *Food Hydrocolloids.*, 19 (4), 709-719.
- [4] Shittu, T.A., Dixon, A., Awonorin, S. O., Sanni, L. O., and Maziya-Dixon, B. 2008. Bread form composite cassava-wheat flour, Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. *Food Research International*, 41 (6), 569-578.
- [5] Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents food hydrocolloids, 1,1-14.
- [6] Yadav, A.R. 2006. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying Techniques. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie*, 39 (1), 20-26.
- [7] Ahmadabadi, A. 2000. Potato production guide agricultural education publication. Ministry of Agriculture. Agricultural Research and Development Organization, PP. 230. [In Persian]
- [8] Kohajdova, Z., and Karovicova, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical papers*, 63, 26-38.
- [9] Gambus, H., Sikora M., and Ziobra, R. 2007. The effect of composition of hydrocolloids on properties of gluten-free bread. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 6, 61-74.
- [10] 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, 1033-1047.



- [23] Patel, B., Waniska, R., and Seetharaman, K.. 2005. Impact of different baking processes on bread firmness and starch properties in breadcrumb. *Journal of Cereal Science*, 42 (2), 173-184.
- [24] Hamaker Bruce, R. 2008. *Technology of functional cereal products*. Woodhead Publishing limited, 397-448.
- [25] Shin F.F., Daigle, K.W., and Clawson, E.L. 2010. Development of Low Oil-Uptake Donuts. *Journal of Food Science*, 66, 141-144.
- [21] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszcak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten- free dough and bread. Part 2 : Quality and staling of gluten- free bread. *Food Hydrocolloids*, 29, 68-74.
- [22] Hadian, M. and Ghiafeh davodi, M. 2017. Effect of replacement of wheat flour with maize-potato flour mix on quantitative and qualitative properties of baguet bread. *food science and technology*. 14 (66), 1-9. [In Persian]



## Effect of microbial transglutaminase, guar gum and sodium caseinate additive on gluten-free Taftoon (Based on Potato Powder Variety Agria)

Moradi, M. <sup>1\*</sup>, Bolandi, M. <sup>2</sup>, Karimi, M. <sup>3</sup>, Nahidi, F. <sup>4</sup>, Baghaei, H. <sup>2</sup>

1. Ph.D. in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Damghan Azad University, Damghan, Iran.
2. Associate Professor of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Damghan Azad University, Damghan, Iran.
3. Associate Professor, Agricultural Engineering and Natural Resources Research Center, Khorasan Razavi Province, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Damghan Azad University, Damghan, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2019/ 08/ 20

Accepted 2019/ 12/ 15

#### Keywords:

Celiac disease,  
Guar gum,  
Microbial transglutaminase  
enzyme,  
Potato flour,  
Sodium.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.116.347

\*Corresponding Author E-Mail:  
Mahdismoradi@yahoo.com

Celiac disease is an autoimmune disorder of the small intestine with a genetic background. In this disease, the villi of the small intestine are damaged and impaired in absorption of substances. Also, entrance of gluten to intestinal villus cells, causes the immune response. Inflammatory reaction causes villous atrophy and decreases activity of intestinal enzymes. The only way to treat this disease is a gluten-free diet. Therefore, the usage of potato powder in the production of cereal products e.g. bread as a rich source of gluten is very important because of its protein composition and easy digestion. In this research, the simultaneous usage of guar gum, sodium caseinate and microbial transglutaminase in four levels of 0, 0.5, 1 and 1.5% to make gluten-free bread based on Agria variety of potato powder were evaluated and then the textural, physicochemical and sensory characteristics of the bread were determined over a 7-day shelf life. The results showed that, the addition of microbial transglutaminase causes crosslinking in dough due to its tensile strength and stability of the dough. Adding guar gum increased the specific volume and decreased firmness of the bread. The addition of sodium caseinate resulted in increased water absorption and dough yield. Therefore, these additives led to increase in porosity, specific volume and elasticity and reduced color parameters  $a^*$ ,  $L^*$  and  $b^*$  of bread crust and texture of the final products. Therefore, the consumption of Agria variety of potato powder in Taftoon bread formulation increased shelf life, improved consumer marketability and texture characteristics. Hence, the simultaneous usage of microbial transglutaminase enzyme, guar gum and sodium caseinate resulted in favorable changes in physicochemical, textural and sensory attributes of potato-based gluten-free Taftoon bread during storage.