

## بررسی بیاتی نان بدون گلوتن حاصل از آرد نخود و سیب زمینی

محمد طیبی<sup>۱</sup>، محمد شاهدی<sup>۲</sup>، جعفر محمدزاده میلانی<sup>۳\*</sup>، مهدی کدیور<sup>۲</sup>

۱- دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷)

### چکیده

بیماری سلیاک نوعی بیماری گوارشی است که در نتیجه مصرف گلوتن از منابع غذایی رایج در جهان مانند گندم، جو، چاودار و احتمالاً یولاف ایجاد می‌شود. تنها راه درمان برای بیماران سلیاک، استفاده از رژیم غذایی بدون گلوتن می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی بیاتی نان بدون گلوتن حاصل از درصدهای مختلف آرد نخود و سیب‌زمینی می‌باشد. بیاتی نان از طریق آزمون سنجش بافت، رطوبت مغز و پوسته (پس از گذشت ۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت از زمان پخت) و رتروگراداسیون نشاسته توسط دستگاه آنالیز حرارتی افتراقی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از آنالیز پروفایل بافت حاکی از آن بود که با کاهش درصد آرد نخود، قابلیت شکستن، سفتی، انعطاف‌پذیری، چسبندگی، قابلیت ارتجاعی و قابلیت جویدن نمونه‌ها نیز کاهش می‌یابد. نتایج آزمون رطوبت نشان داد، با افزایش مقادیر آرد سیب زمینی رطوبت مغز نان افزایش و بعد از گذشت ۴۸ ساعت رطوبت مغز به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج حاصل از آنالیز حرارتی در تیمارها کاهش میزان آنتالپی بعد از گذشت ۵ روز از زمان پخت را نشان داد اما برای نمونه شاهد افزایش یافت.

کلید واژگان: نان فاقد گلوتن، سلیاک، آرد نخود، سیب زمینی، بیاتی

\* مسئول مکاتبات: jmilany@yahoo.com

## ۱- مقدمه

بیماری سلپاک نوعی ناراحتی مزمن روده‌ای است که با سوء جذب ناشی از عدم تحمل گلوتن همراه می‌باشد. جداسازی گلوتن از آرد برای تولید نان موجب کاهش کیفیت کلی نان و پذیرش کم آن توسط مصرف‌کننده و ایجاد بافتی شکننده می‌شود. بیات شدن نان عبارت است از سفت شدن مغز نان و کاهش تدریجی مقبولیت آن توسط مصرف‌کننده که به دلیل تغییرات فیزیکی و شیمیایی در طول نگهداری، در مغز و پوسته نان اتفاق می‌افتد و شامل فساد میکروبی نمی‌باشد. در هنگام نگهداری نان، رطوبت پوسته به دلیل مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته افزایش می‌یابد. پوسته نان با رطوبت اولیه ۱۲٪ آماده جذب رطوبت از مغز می‌باشد. گزارش شده است که در طول ۱۰۰ ساعت نگهداری نان رطوبت پوسته از ۱۵٪ به ۲۸٪ می‌رسد. کاهش رطوبت در نواحی نزدیک به پوسته نسبت به قسمت‌های داخلی‌تر بیشتر است و حدوداً از ۴۵٪ به ۳۲٪ می‌رسد. معمولاً بیاتی پوسته نسبت به مغز نان کمتر مورد توجه مصرف‌کننده بوده است، بنابراین کمتر مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است [۱]. آب در افزایش شکل کریستالی نشاسته شرکت می‌کند، بنابراین نشاسته نقش مهمی در سفتی مغز نان دارد [۲]. نقش مهم آمیلوپکتین در کنترل کیفیت نشاسته توسط کالریتری روشی تفاضلی<sup>۱</sup> نیز تأیید شده است [۳]. پژوهشگران کاربرد ترانس گلوتامیناز را روی سه فرمول نان بدون گلوتن شامل سه منبع پروتئین مختلف (شیر، سویا و تخم مرغ) ارزیابی کرده‌اند. همه نان‌ها شامل صمغ زانتان به عنوان هیدروکلئید بودند. تأثیر آنزیم بسته به منبع پروتئینی و سطوح اضافه کردن ترانس گلوتامیناز متفاوت بوده و به طور کلی اضافه کردن ترانس گلوتامیناز، سفتی مغز را در همه نان‌ها بسته به سطح اضافه شده افزایش داده است [۴]. افزایش در سفتی مغز و کاهش در حجم مخصوص با کاربرد ترانس گلوتامیناز یافته‌های قبلی را تأیید می‌کند [۵]. محمد و همکاران (۲۰۱۱) با جایگزینی بخشی از گندم با نخود در سطوح ۱۰، ۲۰، ۳۰٪ رئولوژی و کیفیت نان حاصل را بررسی نمودند. طی این تحقیق مشخص گردید که افزودن آرد نخود باعث افزایش میزان جذب آب و زمان گسترش خمیر شد. درحالی‌که کشش-پذیری خمیر و مقاومت به تغییر شکل کاهش یافت. همچنین پایداری و مقاومت بیشتر خمیر حین مخلوط کردن مکانیکی

ترکیب آرد گندم و آرد نخود به نسبت ۹۰ به ۱۰ در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده گردید. در حالی‌که با افزایش میزان نخود از ۲۰ به ۳۰٪ از میزان مقاومت خمیر کاسته شد [۶]. اونیانو و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از نشاسته ذرت، سیب زمینی، کاساوا و برنج به نسبت‌های مختلف در خمیر بدون گلوتن سورگوم، اثرات این مواد را بررسی نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش میزان نشاسته، قوام خمیر نیز تغییر می‌کند. همچنین باعث کاهش سفتی مغز نان و کاهش قابلیت ارتجاعی می‌شود. میزان چسبندگی، قابلیت ارتجاعی و مقاومت تمام نان‌ها با افزایش میزان نشاسته روند افزایشی را از خود نشان داد [۷]. محمود و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی سطوح مختلف هیدروکلئید در نان مسطح بلدی بدون گلوتن مصر که بر پایه فرمولاسیون حاوی مخلوط نشاسته سیب‌زمینی، ذرت و آرد برنج بود نشان دادند، صمغ‌ها (گوار و زانتان) به وضوح باعث بهبود وزن و گردی این نان شدند. نتایج حاصل از تیمارهای مختلف حاکی از آن بود که بعد از ۷۲ ساعت نگهداری نان‌ها در دمای اتاق، کاهش کمتری افت رطوبت کمتری از خود نشان داد [۸]. استورک و همکاران (۲۰۱۳) اثرات غنی‌سازی نان بدون گلوتن با انواعی از پروتئین را مورد بررسی قرار دادند و از منابع آرد برنج، ترکیب پروتئین‌های ایزوله کازئین، آلبومین تخم مرغ و آنزیم ترانس گلوتامیناز جهت تقویت شبکه‌های پروتئینی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن استفاده نمودند. حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز منجر به کاهش قابل توجهی در گسستگی تمام پروتئین‌ها و باعث اتصالات عرضی پروتئین شد [۹].

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- مواد

جهت تهیه نمونه شاهد از آرد ذرت شرکت پروبی<sup>۲</sup> و آرد برنج تهیه شده از بازار محلی استفاده شد. جهت تهیه سایر نمونه‌ها از آرد نخود و سیب‌زمینی تهیه شده از بازار محلی استفاده شد. صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز ساخت شرکت سیگماآلدردیج خریداری شد. مخمرخشک فعال از شرکت گلمایه تهیه شد. ایزوله پروتئین سویا از شرکت NWDT چین تهیه شد، آنزیم ترانس گلوتامیناز از شرکت Yiming

1. Differential Thermal Analysis

2. Probi

مدت ۳۰ دقیقه در فر صنعتی پخت گردید. پس از پخت، نان‌ها از قالب خارج شد و در دمای محیط به مدت نیم ساعت خنک شدند و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی با ابعاد ۲۸×۱۸ سانتی‌متری بسته‌بندی شدند و تا زمان انجام آزمون‌های مربوطه در دمای محیط نگهداری شدند. [۱۱]

#### ۲-۲-۲- تعیین رطوبت

رطوبت نان‌ها با استفاده از روش شماره ۱۶-۴۴ AACC تعیین شد. در هر نمونه رطوبت در فواصل زمانی ۱، ۳ و ۵ روز پس از پخت اندازه‌گیری شدند. [۱۲]

#### ۲-۲-۳- نسبت پوسته به مغز

به منظور بدست آوردن نسبت مغز به پوسته مقدار مشخصی نان برداشته شده و بوسیله یک عدد تیغ، پوسته از مغز جدا شده و سپس هرکدام بطور جداگانه وزن شده و نسبت وزنی آن‌ها محاسبه شد [۱۳].

#### ۲-۲-۴- آنالیز حرارتی افتراقی

ارزیابی حرارتی توسط دستگاه STA مدل، GMB\_BAHR ساخت کشور آلمان انجام گردید. در این آزمایش نیز میحث زمانبندی آزمایشات (روز اول و پنجم) مد نظر قرار گرفته است. در این آزمون تکه‌ای از نان به وزن ۱۵ میلی گرم در پن دستگاه قرار گرفت. اسکن گرمایی بین ۲۰۰-۲۵ با سرعت ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه انجام گرفت.

#### ۲-۲-۵- آنالیز بافت

سفتی نان طبق استاندارد AACC (۱۹۹۹) به شماره ۷۴-۰۹ و توسط دستگاه بافت سنج بروکفیلد مدل CT3 ساخت کشور آمریکا و در دمای محیط اندازه‌گیری شد. روش کار مورد استفاده در این تحقیق بدین صورت بود که نمونه‌ها روی فک پایین قرار گرفتند. نمونه‌ها توسط یک پروب آلومینیومی با قطر ۱۲٫۷ میلی متر و ارتفاع ۳۵ میلی متر با سرعت ۰٫۹ بر ثانیه فشرده شدند. نیروی لازم جهت فشردن نمونه‌ها تا ۲۵٪ فشردگی به عنوان سفتی مغز نان در نظر گرفته شد. آزمایشات در فواصل زمانی ۲، ۴ و ۸ ساعت بعد از پخت انجام گرفت [۱۲].

#### ۲-۲-۶- بررسی ریزساختار نان

میکروسکوپ الکترونی رویی (SEM) مورد استفاده مدل KYKY - EM320 ساخت کشور چین بود. جهت آماده‌سازی، ابتدا نمونه‌هایی از مغز نان به ابعاد ۸×۸ میلی-متر و ضخامت ۳ میلی‌متر بریده شد. سپس نمونه‌های نان

Biological Products کشور چین تهیه شد که از نوع EC 2.3.2 و قدرت اتصال دهندگی آن ۱۰۰۰ قسمت به ازای هر گرم پروتئین است. روغن شورنینگ از شرکت حلاوت تهیه شد. شیرخشک از شرکت بینا رزن خریداری گردید. تخم‌مرغ و نمک طعام از بازار محلی تهیه گردید.

#### ۲-۲- روش‌ها

آرد نخود و سیب‌زمینی به ترتیب به نسبت‌های (۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰، ۷۰:۳۰)، نمک ۱/۵ درصد، شکر ۲ درصد، خمیر مایه ۲ درصد، صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز ۲ درصد، شیر خشک ۱/۵ درصد، ایزوله پروتئین سویا ۳ درصد، روغن شورتینگ ۱/۵ درصد، سفیده تخم مرغ ۱۲/۵ درصد و آب ۸۵ درصد مقدار پایه آرد نخود و سیب زمینی در نظر گرفته شد [۱۰].

#### ۲-۱- تهیه نان

به منظور تهیه نمونه شاهد از نسبت مساوی از آرد ذرت و سیب زمینی به همراه سایر ترکیبات استفاده شد. به منظور تهیه تیمارهای حاوی آرد نخود و سیب زمینی ابتدا تمامی مواد اولیه توزین گردیده و اجزاء خشک (غیر از مخمر و شکر و آنزیم ترانس گلوتامیناز) از الک عبور داده شدند. سپس در مخلوط-کن به مدت ۲ دقیقه عمل هوادهی آرد و سایر اجزاء خشک انجام گردید. مخمر خشک فعال در یک محلول آب و شکر در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به منظور فعالسازی حل شد و در انکوباتور با دمای ۴۰-۳۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه انکوبه شد.

سفیده تخم مرغ توسط هم‌زن مخصوص تخم مرغ، هم‌زده شد تا به اندازه کافی به حالت کف درآید و برای اضافه‌شدن به مخلوط آماده باشد. به مخلوط اجزاء خشک، مخمر فعال شده با آب و شکر اضافه گردید. آنزیم ترانس گلوتامیناز در مقداری آب حل شد و به فرمول فوق اضافه گردید. در ادامه روغن به مخلوط فوق اضافه گردید و به مدت ۲ دقیقه با دور کند و ۴ دقیقه با دور تند مخلوط کن عمل اختلاط انجام گرفت. در انتها سفیده تخم مرغ به مخلوط فوق اضافه گردید و مخلوط شد. خمیر آماده شده در یک قالب از جنس گالوانیزه به ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر که دیواره آن‌ها با روغن مخصوص قالب چرب شده بود ریخته شد. خمیر به مدت ۷۵ دقیقه در دمای ۴۰-۳۸ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۰ درصد تخمیر نهایی را سپری نمود. سپس در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به

زمینی رطوبت پوسته کاهش معنی‌داری داشت. با گذشت زمان دو روز از پخت، رطوبت پوسته نان‌ها به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. مخمر به دلیل تولید گاز، باعث انبساط و تخلخل محصول شده و منافذی را در محصول تولید می‌نماید، بنابراین می‌تواند رطوبت و هوا را در خود نگه داشته و بنابراین رطوبت را دیرتر نیز از دست بدهد. افزودن آنزیم ترانس گلوتامیناز منجر به شکل‌گیری اتصالات عرضی پروتئینی می‌شود که در نتیجه باعث تقویت شبکه پروتئینی شده که توانایی بدام انداختن آب را بهبود می‌بخشد. همچنین افزایش توانایی نگه‌داشتن آب می‌تواند در نتیجه آمین‌زدایی گلوتامین و تبدیل آن به گلوتامیک اسید باشد، در این صورت محیط هیدروفیلیک کاهش می‌یابد. بنابراین هم آمین‌زدایی و هم تأثیر اتصالات عرضی در بهبود توانایی نگهداری آب می‌تواند درگیر باشد.

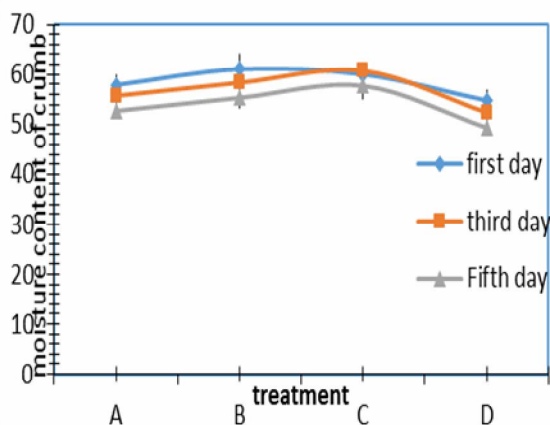


Fig 1 The moisture content of the bread crumb in different storage times

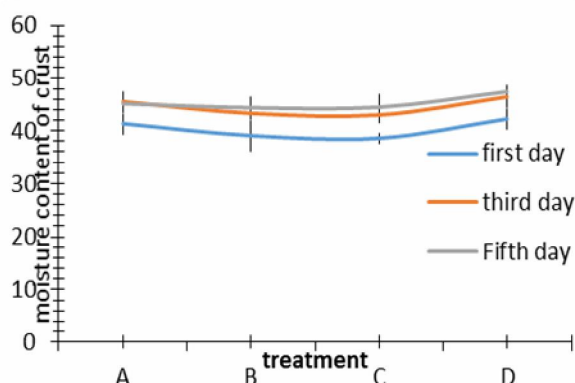


Fig 2 The moisture content of breads crust in different storage times .

### ۲-۳- نسبت پوسته به مغز

در جدول ۲ نتایج حاصل از آزمون نسبت پوسته به مغز نمونه‌ها حاکی از آن بود که تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود

توسط چسب مخصوص روی پین‌های آلومینیومی چسبانده شدند. قبل از هر چیز رطوبت نمونه‌ها جدا شد چرا که آب در خلاء تبخیر شده و از وضوح تصویر نهایی می‌کاهد. موادی که جزء دسته فلزات نیستند باید به وسیله یک لایه نازک رسانا پوشانده شوند. این کار با استفاده از طلا و به کمک ابزاری به نام پوشش دهنده و با استفاده از میدان الکتریکی و گاز آرگون انجام شد [۱۴]

### ۲-۲-۷- آنالیز آماری

به منظور بررسی اثر متغیرها، از طرح Split plot design نرم افزار آماری SAS (نسخه صحیح ۹,۲) و از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سه تکرار در سطح ۰/۰۵ برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2007 استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

در فرمولاسیون‌های بکار رفته تفاوت در نسبت‌های آرد نخود و سیب‌زمینی بود که در جدول ۱ نشان داده شده است.

Table 1 Specific symptoms for treatments

Symbol treatment	Chemical mixture
A	Chickpea flour: mashed potato; 90:10
B	Chickpea flour: mashed potato; 80:20
C	Chickpea flour: mashed potato; 70:30
D	Control bread with corn flour and rice flour

### ۳-۱- رطوبت پوسته و مغز

نتایج آنالیز رطوبت نشان داد که تأثیر زمان در رطوبت پوسته و مغز نان‌ها معنی‌دار بوده است. همچنین تفاوت رطوبت بین تیمارهای مختلف نیز معنی‌دار بود. رطوبت مغز نان شاهد تفاوت معنی‌داری با نان‌های حاوی آرد نخود و سیب‌زمینی داشت و مغز نان با افزایش درصد سیب‌زمینی در روز اول، رطوبت بیشتری داشت. همچنین نمونه شاهد رطوبت مغز کمتری داشت. در طول زمان ۴۸ ساعت پس از پخت، رطوبت مغز نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت. نمودارهای ۱ و ۲ نشان می‌دهد که رطوبت پوسته نان شاهد با نمونه نان حاوی ۹۰٪ آرد نخود و ۱۰٪ سیب‌زمینی برابر و با افزایش درصد سیب

این نتایج نشان می دهد آرد نخود دارای قند های احیا کننده بالاتری است و این یک نمره منفی برای نان فاقد گلوتن حاوی آرد نخود بیشتر است [۱۶].

### ۳-۳- آنالیز حرارتی افتراقی

جدول ۳ واسرشتگی نشاسته و پارامترهای حرارتی را در نان فاقد گلوتن در روزهای اول و پنجم را نشان می دهد. نتایج حاصل از آنالیز حرارتی افتراقی نشان داد در نمونه های A، B و C طی نگهداری در روزهای اول و پنجم بعد از پخت، آنتالپی و دمای ذوب کریستالهای نشاسته روند کاهشی را طی نمود، اما نتایج معنی داری را نشان نداد. افزایش میزان آنتالپی با گذشت زمان ماندگاری، به معنای افزایش واسرشتگی نشاسته می باشد که خود یکی از عوامل کلیدی در بیاتی نان محسوب می شود [۱۷]. در صورتیکه در نمونه شاهد ما روند افزایشی در مقادیر آنتالپی و دما را طی گذر از روز اول تا پنجم پس از پخت شاهد بودیم.

نداشت هرچند با افزایش مقادیر سیب زمینی نسبت پوسته به مغز نان کاهش جزئی را نشان داد. کاوین و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که با افزایش ضخامت پوسته از ۱ به ۲ میلی متر، کاهش محتوی رطوبت کلی برای یک قرص نان ۸۰۰ گرمی حدود ۱٪ می باشد [۱۵]. نسبت پوسته به مغز معیاری از میزان قندهای احیا کننده در آرد می باشد به طوری که هرچه بیشتر باشند واکنش های قهوه ای شدن مایلارد نیز بیشتر اتفاق می افتد در نتیجه نسبت پوسته به مغز افزایش می یابد. با توجه به داده های جدول ۲ با افزایش درصد نخود نسبت پوسته به مغز افزایش می یابد.

**Table 2** Crumb to crust ratio in different treatments

Treatment	Crumb to crust ratio
A	0.12
B	0.12
C	0.09
D	0.102

**Table 3** Retrogradation of samples during storage

Time	$\Delta H_r$ (J/g)	TC (°C)	TP (°C)	T0 (°C)
<b>Control</b>				
First day	153.3	159.7	89.1	50.3
Fifth day	189.51	152	93	49.6
<b>A</b>				
First day	224.47	157.4	115.1	62
Fifth day	226.96	156.6	115.5	59.6
<b>B</b>				
First day	260.6	168.9	107.2	54.3
Fifth day	165.065	136.4	92.6	49.7
<b>C</b>				
First day	314.31	156.3	109	55.3
Fifth day	159.228	136.4	93.1	45.5

با توجه به جدول ۴، قابلیت شکستن در طول زمان برای هر کدام از فرمولها افزایش معنی داری داشت و اثر تیمارهای مختلف معنی دار بود، بطوریکه با کاهش درصد نخود قابلیت شکست کاهش یافت و برای نمونه شاهد با نمونه A تفاوتی نداشته است.

### ۳-۴- آزمون سنجش بافت

ارزیابی بافت برای پی بردن به بیاتی نان ضروری می باشد. همان گونه که در اشکال زیر نشان داده شده قابلیت شکستن، سفتی و انعطاف پذیری نان در طول نگهداری افزایش و قابل جویدن، چسبندگی و قابلیت ارتجاعی کاهش پیدا کرده است.

**Table 4** Average comparison of treatment in Fracturability, Hardness, Springiness, Adhesivness, Resilience, Gumminess, Chewiness

Treatment	Fracturability	Hardness	Springiness	Adhesivness	Resilience	Gumminess	Chewiness
Formula							
A	1231.9 <sup>a</sup>	50.80 <sup>b</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	0.64 <sup>a</sup>	9.22 <sup>a</sup>	1045.3 <sup>a</sup>	104.01 <sup>a</sup>
B	629.2 <sup>b</sup>	37.17 <sup>c</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.66 <sup>a</sup>	9.18 <sup>a</sup>	598.33 <sup>b</sup>	69.04 <sup>b</sup>
C	629.9 <sup>b</sup>	34.25 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.57 <sup>b</sup>	8.85 <sup>b</sup>	484.44 <sup>c</sup>	54.01 <sup>b</sup>
D	1286.9 <sup>a</sup>	78.68 <sup>a</sup>	0.16 <sup>b</sup>	0.41 <sup>c</sup>	8.42 <sup>c</sup>	735.56 <sup>b</sup>	64.61 <sup>b</sup>
Time(h)							
2	338.2 <sup>b</sup>	66.25 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.63 <sup>a</sup>	8.96	720.33	92.76 <sup>a</sup>
24	1220 <sup>a</sup>	62.86 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	9	767.6	68.26 <sup>ba</sup>
48	1308.2 <sup>a</sup>	16.06 <sup>b</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.53 <sup>b</sup>	8.7	659.99	57.72 <sup>b</sup>

تغییرات فاکتور چسبندگی در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود قابلیت ارتجاعی نمونه‌ها در طول زمان کاهش یافت و با کاهش آرد نخود کاهش معنی‌داری را در این فاکتور شاهد بودیم. در روز سوم از نگهداری نمونه شاهد قابلیت ارتجاعی بالاتری را شاهد بودیم اما نسبت به سایر تیمارها قابلیت ارتجاعی کمتری را داشت.

نتایج جدول ۴ حاکی از آن است که قابلیت جویدن در نمونه‌ها از روز اول تا روز پنجم از نگهداری در نمونه های A، B و نمونه شاهد کاهش یافت. همچنین فرمولاسیون با درصد نخود بالاتر، قابلیت جویدن بالاتری را از خود نشان داد که با نتایج اونیانگو و همکاران ۲۰۰۹ مطابقت داشت.

نتایج مربوط قابلیت صمغی شدن در جدول ۴ نشان داده شده است. قابلیت صمغی شدن در نمونه های A، B در روز سوم از نگهداری نمونه‌ها شاهد بیشترین میزان قابلیت صمغی شدن بودیم که نمونه A در مقایسه با نمونه B و C بسیار بیشتر بود. در نمونه C این روند از روز اول تا پنجم نگهداری تفاوت چشمگیری را نشان نداد. روند قابلیت صمغی شدن در نمونه شاهد طی روزهای اول تا پنجم روند نزولی را طی نمود.

### ۳-۵- ریزساختار مغز نان

میکروسکوپ الکترونی روبشی امکان مشاهده ریزساختار نان را فراهم می‌آورد. تصاویر میکروسکوپی نان تازه حاوی آرد نخود و سیب زمینی در مقایسه با نان شاهد در شکل ۳ نشان داده شده است. در این تیمارها اشکال کروی مربوط به گرانول‌های نشاسته سیب زمینی می‌باشد. نتایج حاصل از بزرگنمایی ریزساختار مغز نان شاهد حاکی از آن بود که، نان شاهد در مقایسه با سایر تیمارها دارای ساختاری بازتر و حفره-های درشت‌تری است. ریزساختار دیواره سلول‌های گازی نان

با توجه به جدول ۴ سفتی نمونه‌ها در طول زمان افزایش معنی‌داری داشت و در بین تیمارهای مختلف سفتی نمونه شاهد بیشتر از نمونه‌های دیگر بود، همچنین سفتی با کاهش درصد نخود کاهش یافت که این با نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت [۱۸]. کلیه نمونه‌ها در روز اول از نگهداری در مقایسه با روز سوم و پنجم کمترین میزان سفتی را از خود نشان دادند.

انعطاف‌پذیری نمونه‌ها از روز اول تا روز سوم نگهداری افزایش قابل ملاحظه ای را از خود نشان داد که این روند افزایشی در نمونه C تا روز پنجم نگهداری نیز ادامه داشت. در نمونه های A، B و نمونه شاهد انعطاف پذیری از روز سوم تا پنجم از زمان نگهداری، روند نزولی را از خود نشان داد. در نمونه شاهد روند تغییرات در مقایسه با سایر نمونه‌ها کمتر بود. به طور کلی با کاهش مقادیر نخود در فرمولاسیون و بواسطه کاهش مقادیر پروتئین، انعطاف‌پذیری نان افزایش یافت.

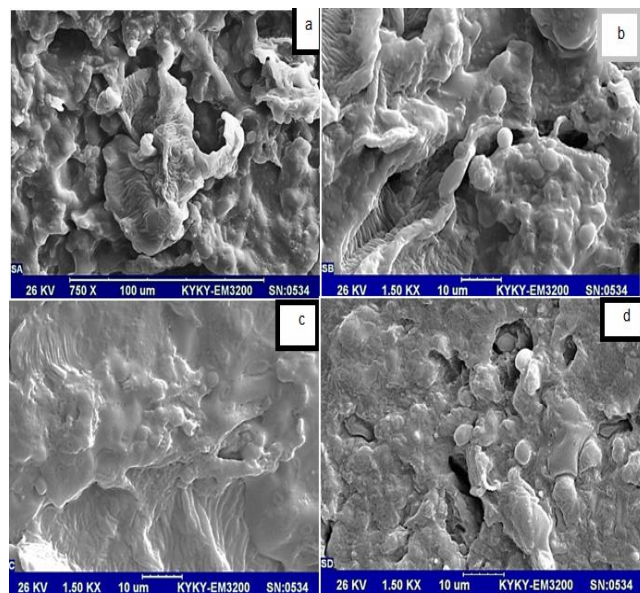
چسبندگی نمونه A در طول زمان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، اما برای نمونه‌ها با کاهش درصد نخود، چسبندگی کاهش یافت که با نتایج گومز و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت. نمونه شاهد نیز چسبندگی کمتری را از خود نشان داد. همچنین اونیانگو و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی چسبندگی در نان کاساوا و سورگوم به این نتیجه رسیدند که نان‌های حاوی نشاسته برنج، چسبندگی بیشتری در مقایسه با نان‌های حاوی نشاسته سیب‌زمینی یا ذرت از خود نشان دادند [۷]. طی تحقیقی تایلور و بلتون (۲۰۰۲) به این نتیجه رسیدند که مقدار نشاسته کاساوا نسبت به نشاسته غلات بیشتر می باشد و با افزایش نسبت آمیلو پکتین به آمیلوز چسبندگی مغز نان بیشتر می‌گردد [۱۹].

یافت و رطوبت پوسته نان ها به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. نتایج حاصل از آزمون نسبت پوسته به مغز نمونه ها حاکی از آن بود که تفاوت معنی داری بین نمونه ها وجود نداشت. آزمونهای آنالیز حرارتی افتراقی نشان داد در نمونه های با درصد ۹۰ تا ۷۰ درصد نخود طی نگهداری در روزهای اول و پنجم بعد از پخت، آنتالپی و دما روند کاهشی را طی نمود که نتایج معنی داری را نشان نداد. بررسی نتایج آزمون بافت نمونه ها نشان داد، با کاهش درصد آرد نخود قابلیت شکستن و سفتی بافت کاهش و انعطاف پذیری افزایش یافت. با گذر زمان انعطاف پذیری نمونه ها افزایش یافت که در نمونه شاهد کمتر از نمونه های دیگر بود. فاکتور مربوط به چسبندگی در نمونه طی گذر زمان تفاوت معنی داری را نشان نداد. همچنین با کاهش درصد آرد نخود، چسبندگی کاهش یافت. قابلیت ارتجاعی نمونه ها در طول زمان کاهش یافت که با کاهش آرد نخود کاهش معنی داری را در این فاکتور شاهد بودیم. قابلیت جویدن نمونه ها در طول زمان کاهش یافت و فرمولاسیون با درصد نخود بالاتر، قابلیت جویدن بالاتری را داشت.

#### ۴- منابع

- [1] Czuchajowska, Z., and Pomeranz, Y. 1989. Differential scanning calorimetry, water activity and moisture contents in crumb centre and near-crust zones of bread during storage. *Journal of Cereal Chemistry*. 305-383.
- [2] Katz, J. R. 1928. Gelatinization and retrogradation of starch in relation to the problem of bread staling, in *Comprehensive Survey of Starch Chemistry*. New York: Chemmical Catalog. Utilization potential. Grain properties and utilization potential. 25-91.
- [3] Russell, P. L. 1983. A kinetic study of bread staling by differential scanning calorimetry and compressibility measurements. The effect of added monoglyceride. *Cereal Science*. 297-303.
- [4] Moore, M. M., Hein bockel, M., Dockery, P., and Arendt, K. E. 2004. Textural Comparisions of gluten free and wheat based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry*. 567-575.
- [5] Basman, A., Koksels, H., and Ng, P. W. 2002. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological

شاهد نشان داد، نمونه نان شاهد در مقایسه با سایر تیمارها، دارای تعداد سلول های گازی کمتر با ساختار غیریکنواخت تری بوده است. همچنین نان شاهد دارای سطح پیوسته تری در مقایسه با سایر تیمارها بود، هرچند مارکو و روزل (۲۰۰۸) گزارش نمودند که افزودن صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به فرمولاسیون، منجر به ایجاد محصولی با شبکه ای پیوسته تر و ساختاری بهبود یافته تری نسبت به محصول عاری از این صمغ می شود [۲۰]. عکس های مربوط به نمونه شاهد نشان می دهد، به دلیل ترکیب متفاوت مواد پایه نمونه شاهد نسبت به سایر تیمارها که بخش اعظم فرمولاسیون آن حاوی آرد نخود که دارای درصد پروتئین بالایی می باشد، فاقد ساختارهای رشته مانند می باشد و بیشتر دارای ساختمان کروی نشاسته است. ساختارهای رشته مانند فراوان در تیمار A, B و C مربوط به پروتئین گلوبولین نخود می باشد، که حدود ۷۰٪ از کل پروتئین حبوبات را تشکیل می دهد.



**Fig 3** Microscopic images of gluten-free bread including different ratios of chickpea and potato flour; (a) Chickpea flour: mashed potato; 90:10 (b) Chickpea flour: mashed potato; 80:20 (c) Chickpea flour: mashed potato; 70:30 (d) formulation control

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از ارزیابی های انجام شده مربوط به آزمون های بیاتی نانهای بدون گلوتن در این تحقیق نشان داد که رطوبت مغز نان با افزایش درصد سیب زمینی، افزایش یافت. طی زمان ۴۸ ساعت پس از پخت، رطوبت مغز به طور معنی داری کاهش

- quality index for the objective evaluation of bread quality: Application to wheat breads using selected bake off technology for bread making. *Food Research International*, 41: 714-719.
- [14] Ribotta, P. D., Arnulphi, S. A., Leon, A. E. and Anon, M. C. 2005. Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 85: 1889-1896
- [15] Cauvain, S.P. 2000. Bread making. Woodhead publishing co. England
- [16] Rostamian, M., Milani, J., Maleki, G., 2012. Utilization of maize and chickpea flour for gluten-free bread making. *Research and innovation of food technology*. 117-128.
- [17] Jacobs H, and Delcour JA, 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of granular starch. *J Agriculture Food Chemistry* 46: 2895-2905.
- [18] Go´mez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., and Ferna´ndez, E. 2008. Studies on cake quality made of wheatechickpea flour blends. *Food Science and Technology*. 1701e1709.
- [19] Taylor, J., and Belton, P. S. 2002. Pseudocereals and less commom cereals. Grain properties and utilization potential . Grain properties and utilization potential. 25-91.
- [20] Marco, C., and Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research Technology*. 1205–1213.
- properties and bread quality characteristics of two wheat flours. *European .Food Researcher. Technol.* 419-424.
- [6] Mohammed, I., Ahmed, A. R., and Senge, B. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *India Crops and Protein*. 196–202.
- [7] Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., and Lindhauer, M. G. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *Food Science and Technology*. 681-686.
- [8] Mahmoud, R. M., Yousif, E. I., Gadallah, M. G., and Alawneh, A. R. 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agriculture Science*. 19-25.
- [9] Storck, C. R., Zavareze, E. d., Gularte, M. A., Elias, M. C., Rosell, C. M., and Guerra Dias, A. R. 2013. Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *Food Science and Technology*. 346e354.
- [10] AACC International, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. The Association: St. Paul, MN.
- [11] Ataie Salehi, E., Rostamian, M., Milani, J. 2011. texture and heat of Investigating staling of gluten-free bread prepared from corn flour and chickpea. *Journal of food science and technology* . 4.
- [12] AACC, 1999. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists.
- [13] Curic, D., Novotni, D., Skevin, D., Rosell, C.M., Collar, C., Le bail, A., Colic-baric, I. & Gabric, D. 2008. Design of a



## Investigating staling of gluten-free bread prepared from chickpea flour and potato

Tayebi, M. <sup>1</sup>, Shahedi, M. <sup>2</sup>, Mohammadzadeh Milani, J. <sup>3\*</sup>, Kadivar, M. <sup>2</sup>

1. M.Sc of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Industrial University of Esfahan, Esfahan, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Industrial University of Esfahan, Esfahan, Iran
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: 2017/01/04 Accepted:2017/06/17)

Celiac disease (CD) is a kind of entropathy which is result of gluten intake from widely prevalent food sources such as wheat, rye, barley, and possibly oat. The sole treatment for celiace patient is using of a gluten free diet. The aim of this study is investigate staling of a gluten-free bread prepared from different percentages of chickpea flour and potato. Bread staling was evaluated through texture profile analysis crumb and crust moisture (after 2, 24 and 48) and starch retrogradation by differential thermal analysis. The result of texture profile analysis showed that the factorability, hardness, resilience, adhesiveness, springiness, and chewiness of samples were decreased by chickpea flour reduction. Moisture analysis showed that, with increasing amounts of potato crumb moisture was increased and after 48 hour crumb moisture was significantly decrease. The results of thermal analysis showed that, after 5 day, enthalpy of samples was decreased but in control sample it was increased.

**Key word:** Gluten free bread, Celiac, Chickpea flour, Potato, Staling

---

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