# بررسی اثر پودر مالت سورگوم بر ویژگی های رئولوژیکی خمیر و خواص کیفی و ماندگاری نان قالبی بدون گلوتن

زهرا نظری[1*]

۱- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری موادغذایی جهاد دانشگاهی، مشهد، ایران

**(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲٤ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۸)**

## چکیده

سیلیاک یک بیمار خود ایمن گوارشی است که در اثر مصرف پروتئین پرولامین حاصل میشود و تنها راه درمان آن استفاده از یک رژیم غذایی بدون گلوتن است. معمولا نان تهیه شده از منابع بدون گلوتن کیفیت مناسبی ندارند. در همین راستا هدف از این پژوهش، بررسی اثر پودر مالت بدون گلوتن سورگوم در سطوح صفر، ۱، ۲، ۳، ٤ و ۵ درصد بر ویژگی های خمیر و خواص کیفی نان قالبی تهیه شده از آرد بدون گلوتن سیب زمینی بود. نتایج خواص رئولوژی خمیر در فارینوگراف نشان داد که افزودن پودر مالت سورگوم در مقادیر مختلف منجر به افزایش جذب آب و پایداری خمیر گردید در حالیکه درجه نرم شدن و زمان رسیدن خمیر با افزودن پودر مالت کاهش یافت. نتایج ارزیابی ویژگی های نان تولیدی نشان داد که با افزایش میزان پودر مالت سورگوم در فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن، میزان رطوبت و مولفه های رنگی L* و a* پوسته افزایش یافت، در حالیکه بیشترین میزان حجم مخصوص، تخلخل و کمترین میزان سفتی بافت در بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در نمونه های حاوی ۳٪ پودر مالت بدست آمد. نتایج ارزیابی صفات حسی نیز نشان داد که بیشترین پذیرش کلی در نمونه های حاوی ٤٪ پودر مالت مشاهده گردید و با ادامه افزایش این ترکیب از مطلوبیت خواص کمی و کیفی محصول نهایی کاسته گردید.

**کلید واژگان:** پودر مالت سورگوم، نان بدون گلوتن، بیماری سلیاک، نان قالبی

*مسئول مکاتبات: nazari@jdm.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

## ۱- مقدمه

سلیاک بیماری مزمنی است که در اثر دریافت جزء گلیادینی گلوتن موجود در دانه گندم و پرولامین چاودار (سکالین[1])، جو (هوردئین[2]) و احتمالاً یولاف (آویدین[3]) که دارای ترکیب آمینو اسیدی مشابه گلیادین می باشند، حاصل شده و یکی از رایج ترین حساسیت های غذایی محسوب می گردد [۱]. در این بیماری خود ایمن گوارشی، بدن به پرزهای روده کوچک حمله می کند و آن را به صورت پهن و مسطح در می آورد [۲]. این امر بدین معنی است که مصرف پروتئین گلوتن توسط این بیماران سبب تحریک یک پاسخ تهاجمی می شود که منجر به تخریب ساختمان کرکی روده کوچک شده و ایجاد غشای مخاطی صاف می کند که با علایمی نظیر سوء هاضمه شدید، کاهش وزن یا چاق شدن، اسهال، کم خونی، خستگی، ادرار کم رنگ و شدید، نفخ شکم و بیماری های استخوانی همراه است [۳]. استفاده از رژیم بدون گلوتن تنها راه درمان بیماری سلیاک محسوب می شود و بیمار مجبور به استفاده از یک رژیم بدون گلوتن در تمام عمر می شود [٤]. بنابراین رژیم غذایی این افراد باید عاری از پروتئین گروه پرولامین باشد و باید از آرد سایر غلات و دیگرمنابع که فاقد پروتئین گلوتن است، استفاده نمود که یکی از آن ها آرد سیب زمینی می باشد. آرد سیب زمینی با خشک کردن پرک سیب زمینی پخته توسط خشک کن های استوانه ای و به کمک هوای داغ تولید میگردد. تحقیقات زیادی در مورد کاربرد آرد سیب زمینی در صنایع شیرینی پزی و نقش آن در بهبود خواص محصول نظیر طعم، حجم، عطر، رنگ و کیفیت ماندگاری انجام شده است [٥ و٦]. اولین کاربرد آرد سیب زمینی در صنایع نان میباشد زیرا یکی از بهترین جایگزین های آرد گندم در تولید نان بوده و سازگاری مناسبی با آن دارد. نانواها در گذشته به طور سنتی از سیب زمینی های پوست گیری شده، پخته و خمیر شده در تهیه نان استفاده میکردند تا علاوه بر خوش طعم کردن نان، تازگی آن را بهبود بخشند. در واقع نقش اصلی آرد سیب زمینی در خمیر نان، بهبود تخمیر و کمک به خمیر مایه میباشد، زیرا آرد سیب زمینی اکثر ترکیبات مغذی لازم (نظیرکربوهیدراتها، پروتئینها و مواد معدنی) برای فعالیت خمیر مایه را دارد [۷]. توجه به این نکته ضروری است که چنانچه جهت تولید محصولات صنایع پخت به ویژه نان از مواد نشاسته‌ای (ذرت، سیب زمینی و برنج) و آرد بعضی از غلات نظیر ارزن، سورگوم، کاساوا، آمارانت، گندم سیاه که عاری از گلوتن هستند، استفاده شود با مشکلات تکنولوژیکی عمده ای ناشی از حذف گلوتن و جایگزین کردن آن با ترکیبات دیگر روبرو خواهیم شد. زیرا پروتئین گلوتن مسئول ویژگیهای ویسکوالاستیک خمیر و تشکیل ساختار و بافت محصولات صنایع آرد بر می‌باشد [۸]. از سوی دیگر عدم حضور این پروتئین در فرمولاسیون نان منجر میگردد تا محصول تولیدی علاوه بر بافت داخلی ضعیف‌تر، سریعتر بیات شود و مقاومت خمیر آن نسبت به عملیات مکانیکی و تغییرات انجام گرفته در فرآیند تخمیر کمترگردد [۹ و ۱۰]. به طور کل نان‌های فاقد گلوتن اغلب بافت داخلی زبر، حجم کم و پذیرش کلی پایینی دارند و در نهایت برای مصرف کننده قابل قبول نمیباشند [۱۱]. بنابراین جهت غلبه بر مشکلات مذکور میتوان از ترکیباتی نظیر برخی از آنزیم ها بصورت خالص یا مالت، پروتئین‌ها و هیدروکلوئیدها به منظور تقلید از خواص ویسکوالاستیک گلوتن استفاده نمود که اکثر این مواد به منظور کنترل جذب آب و در نتیجه بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیر و خواص کمی و کیفی محصول نهایی و افزایش زمان ماندگاری به واسطه حفظ محتوای رطوبت و به تأخیر انداختن بیاتی در محصولات بدون گلوتن کاربرد دارند [۱۲]. در این راستا اسکندی و همکاران (۲۰۱۸) اثر ترکیب بلغور بلوط را بر روی خصوصیات تکنولوژیکی و بافتی نان بدون گلوتن(آرد برنج و نشاسته ذرت) مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که جایگزینی ۵ تا ۲۵ درصدی بلغور بلوط با آرد باعث بهبود خصوصیات حسی و رنگی محصول شده و همچنین خواص تغذیه ای را بهبود بخشید [۱۳]. همچنین رامریز و همکاران (۲۰۱۸) خصوصیات کاربردی و تغذیه ای جایگزینی گلوتن با عصاره تغلیظ شده بتا گانگلیسینین(BCC) از آرد سویا را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که BCC می تواند ویژگی هایی مشابه با گلوتن در نان بدون گلوتن ایجاد کرد[١٤]. کریمی و همکاران(١٣٩٦) کاربرد آرد کنجاله کنجد در تولید نان باگت بدون گلوتن(برنج-ذرت) حاوی صمغ گوار و کربوکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که افزودن میزان ۱۰ درصد کنجاله کنجد باعث بهبود تخلخل و حجم محصول بدون گلوتن شد [۱۹]. علاوه بر این صادق نیا و

1. Secalin
2. Hordein
3. Avidin



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

همکاران(۱۳۹۵) اثر هیدروکلوییدهای زانتان و کربوکسی متیل سلولز را بر روی خواص رئولوژیکی خمیر نان بدون گلوتن مورد ارزیابی قرار دادند و نشان دادند که افزودن هیدروکلوئیدها باعث افزایش مدول های ویسکوالاستیک گردید و با افزایش میزان آن ها، مقدار این مدول ها افزایش یافت[۱۵]. همچنین سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) بعنوان یک غله کلیدی در کشورهای در حال توسعه به خصوص در مناطق خشک و نیمه گرمسیری مطرح است. دانه سورگوم به لحاظ ارزش تغذیه ای معادل ارزن، ذرت، گندم و برنج است و در میان غلات، سورگوم یک منبع غنی از مواد فیتوشیمیایی شامل تانن ها، فنولیک اسیدها، آنتوسیانین ها و فیتواسترول هامی باشد و از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابه آرد گندم می‌باشد [۱۶]. پودر مالت سورگوم، پودری است که از دانه های جوانه زده آن بدست می‌آید. انواع پودر مالت (مالت جو، گندم، سورگوم، ذرت و ..) در اکثر کشورهای جهان به طور گسترده‌ای به عنوان بهبود دهنده و غنی کننده در صنایع نان، کیک و کلوچه، بیسکوئیت، صنایع دارویی و بهداشتی و ... استفاده می‌شود. پودر مالت به علت ویژگی‌های آنزیمی، قدرت طعم دهندگی، رنگ و ارزش تغذیه‌ای آن در صنعت نانوایی و صنایع وابسته کاربرد گسترده‌ای دارد [۱۷]. پودر مالت از لحاظ تغذیه‌ای منبع بسیار غنی و ارزشمندی از ویتامین‌های گروه B، مواد معدنی، همچنین اسیدهای آمینه‌ی ضروری و فیبرهای غذایی محلول می‌باشد. استفاده از پودر مالت در صنایع پخت نان از لحاظ اقتصادی نیز دارای صرفه زیادی می‌باشد، پودر مالت از طرفی میزان استفاده از مخمر و سایر بهبوددهنده‌ها را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر، با افزایش تعداد چانه‌ها و افزایش حجم خمیر در افزایش درآمد تولید کنندگان نان مؤثر است [۱۸]. بنابراین با توجه به اهمیت محصولات بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک، در این پژوهش امکان تولید نان قالبی بدون گلوتن بر پایه آرد سیب زمینی همراه با پودر مالت سورگوم مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

سورگوم دانه‌ای از مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی (کرج-تهران) و آرد سیب زمینی (گلها) از بازار محلی تهیه گردید. دانه سورگوم و آرد سیب زمینی در سردخانه بالای صفر (۴°C) نگهداری شد. مخمر مورد استفاده (*ساکارومایسس سرویزیه*) که به شکل پودر مخمر خشک فعال و بصورت بسته‌بندی وکیوم بود از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران)، صمغ گوار و کربوکسی متیل سلولز از شرکت رودیا (فرانسه) و شکر و روغن نباتی مایع از فروشگاه های معتبر عرضه کننده مواد غذایی خریداری گردید. همچنین مواد مواد شیمیایی مورد نیاز برای انجام آزمون ها از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد.

### ۲-۲- تولید مالت سورگوم

دانه سورگوم با استفاده از الک به صورت دستی بوجاری شد. جهت تهیه مالت ۵۰۰ گرم از دانه در آب ۱۸-۱۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خیسانده شد. پس از رسیدن رطوبت دانه به مقدار مناسب برای جوانه‌زنی (۴۸-۴۲ درصد) آب اضافی جدا و در اتاقک جوانه‌زنی (با ابعاد ۹×۲۲×۳۸) جهت رسیدن به حداکثر قدرت آنزیمی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ روز قرار گرفت. مالت سبز تولید شده با استفاده از خشک کن هوای گرم (ممرت-آلمان) تا رسیدن به رطوبت ۵ درصد خشک گردید. در انتهای فرایند، ریشه‌چه از مالت جدا و دانه‌های مالت جهت تبدیل به پودر به دستگاه آسیاب (پارس خزر، ایران) منتقل شد [۲۰و ۱۹].

### ۲-۳- تولید نان قالبی بدون گلوتن

فرمول پایه (شاهد) خمیر نان حاوی ۱۰۰ درصد آرد سیب زمینی، ۱ درصد شکر، ۱/۴درصد نمک، ۱/۵ درصد مخمر، ۰/۵درصد روغن، ۱ درصد صمغ گوار، ۱ درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز و آب به مقدار لازم (با توجه به جذب آب فارینوگراف) بود. در نمونه نان قالبی با توجه به هریک از تیمارها، از پودر مالت سورگوم در سطوح صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ درصد استفاده شد. به‌منظور تهیه خمیر ابتدا کلیه مواد خشک در مخزن همزن خانگی (مدل AEG – Km 550 – type، ساخت کشور آلمان) با یکدیگر مخلوط شده سپس مایعات اضافه شده و به مدت ۱۰ دقیقه عمل همزدن ادامه یافت. سپس تخمیر اولیه در دمای ۲۰°C و به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. در ادامه خمیر به قطعات ۸۰ گرمی تقسیم و درون قالب‌های مخصوص قرار داده شد و سپس درون اتاق بخار با حرارت ۳۵°C و رطوبت نسبی ۸۰ درصد به مدت ۴۰ دقیقه قرار گرفت. در انتها فرآیند پخت در فر گردان با هوای داغ (مدل Zochili، ساخت کشور ایتالیا) در دمای ۲۳۰°C به مدت



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

۱۰دقیقه انجام شد و پس از پخت، نمونه‌های نان قالبی تا رسیدن به دمای محیط، به مدت ۲۰ دقیقه خنک و از قالب‌ها جدا گردید. نان‌های تولیدی در کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و با دستگاه دوخت حرارتی درب‌بندی و به منظور بررسی خصوصیات کمی و کیفی در دمای محیط نگهداری شدند [۲۲و۲۱].

## ۲-٤- آزمایشات

### ۲-٤-۱- اندازه گیری ویژگی های رئولوژیکی خمیر

**آزمون فارینوگراف**

جهت تعیین خواص رئولوژیکی خمیر نظیر میزان جذب آب، زمان گسترش خمیر، پایداری خمیر و همچنین درجه نرم شدن آن از دستگاه فارینوگراف ( haubelt Flour graph e6 farino) ساخت کشور ترکیه استفاده شد. بدین ترتیب که پس از وارد کردن عدد رطوبت آرد به دستگاه، توزین آرد با توجه به فرمان دستگاه انجام شد و ۲ گرم نمک نیز اضافه گردید، سپس دستگاه روشن شده و افزودن آب با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد به آرد تارسیدن نمودار به خط ۵۰۰ واحد برابندر (BU) انجام گرفت. بدین صورت منحنی فارینوگرام رسم شده و پارامترهای رئولوژیکی مورد نظر در مورد خمیر شاهد و تحت تیمار تعیین گردید [۲۳].

### ۲-٤-۲- آزمونهای کمی و کیفی نان بدون گلوتن سیب زمینی

**تعیین رطوبت نان**

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱٦-٤٤ استفاده گردید [۲۷]. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در آون (مارک Jeto Tech، مدل OF-O2G، ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

**اندازه گیری حجم مخصوص**

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد [۲۳]. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین شد.

**اندازه گیری تخلخل**

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت[4]، تصاویر سطح خاکستری[5] ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[6]، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است. که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها بر آورد می‌شود. بدیهی است که هر چقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت نان (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۲٤].

**ارزیابی رنگ پوسته**

آنالیز رنگ پوسته نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از طریق تعیین سه شاخص L* (سفید/سیاه)، a* (قرمز/سبز) و b* (زرد/آبی) صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲×۲ سانتی‌متر از نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویر برداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [۲۵].

**آزمون بافت سنجی**

ارزیابی بافت نان قالبی در فواصل زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج براساس روشپورفرزاد و همکاران (۲۰۰۹) انجام گرفت [۲٦]. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به‌عنوان شاخص سفتی[7] محاسبه گردید. نقطه شروع[8] و نقطه هدف[9] به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود.در واقع میزان سفتی با توجه به منحنی نیرو-تغییر شکل به دست آمد.

4. Bit
5. Gray level images
6. Binary Images
7 Hardness
8. Trigger Point
9. Target Value

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

به این صورت که سفتی برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو-تغییر شکل بود و بر اساس نیوتن (N) بیان شد.

**آزمون خصوصیات حسی**

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی رجب‌زاده (۱۹۹۱) انجام شد. بدین منظور ۹ داور از بین افراد آموزش دیده انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی نان قالبی از نظر فرم و شکل، خصوصیات سطح بالایی، خصوصیات سطح پائینی، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت، قابلیت جویدن و بو و طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ٤، ۲، ۱، ۲، ۲، ۳ و ۳ بودند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد(۱) تا بسیار خوب(۵) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید [۲۷].

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

Q= امتیاز کلی (عدد کیفی نان)،P= ضریب رتبه صفات و G= امتیاز ارزیابی صفات.

## ۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج بدست آمده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین‌سه تکرار با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) مقایسه گردید و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

# ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- اثر پودر مالت سورگوم بر ویژگی های فارینوگرافی خمیر

استفاده از افزودنی‌هایی که سبب بهبود خصوصیات رئولوژیکی در خمیر میشوند، موجب بهبود کیفیت نان حاصل میشود [۲۸]. نتایج آزمون فارینوگراف برای فرمولاسیون های مورد استفاده در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج حاکی از این است که استفاده از پودر مالت سورگوم سبب بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی در خمیر نان قالبی بر پایه آرد سیب زمینی میشود که نتیجه آن بعد از پخت محصول و در حجم مخصوص، تخلخل و کاهش سفتی نان کاملا مشخص است.

جذب آب، یک فاکتور مهم در تولید نان به دلایل اقتصادی، بهبود کیفیت نگهداری نان و مشکلات فرآوری خمیرهای سفت یا شل است. مقدار آب اضافه شده برای رسیدن به یک درجه از قوام معین به عنوان درصد جذب آب شناخته می شود [۲۹]. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که درصد جذب آب آرد به طور معنی داری تحت تأثیر افزودن مقادیر مختلف پودر مالت سورگوم قرار گرفت ($p<۰/۰۵$). همانطور که مشاهده می‌شود با افزودن مالت میزان جذب آب آرد بطور معنی داری افزایش یافت، بطوریکه میزان جذب آرد از مقدار ۵۹/۳۵٪ در نمونه کنترل تا مقدار ٦۳/۳۰٪ در تیمار حاوی ۵ درصد پودر مالت افزایش نشان داد (جدول۱). طبق نتایج، افزودن پودر مالت منجر به کاهش زمان رسیدن خمیر گردید. در توجیه این تغییرات می توان گفت که به دلیل فعالیت آمیلازی بالای مالت، میزان آسیب دیدگی نشاسته افزایش می یابد که به نوبه خود منجر به افزایش جذب آب توسط آرد می شود و از سوی دیگر سرعت جذب آب توسط زنجیرهای کوچکتر نیز بیشتر است بنابراین مدت زمان لازم برای رسیدن منحنی به خط ۵۰۰ برابندر نسبت به نمونه کنترل کاهش یافته است. تفاوت بین نقطه‌ای که در آن ابتدا بالای منحنی به خط ۵۰۰ برابندر می رسد (زمان رسیدن)، و نقطه‌ای که بالای منحنی، خط ۵۰۰ برابندر را ترک می‌کند، به نام" میزان پایداری "می‌باشد. این مقدار، اطلاعاتی در مورد توانایی آرد برای مخلوط شدن را نشان می دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن پودر مالت سورگوم در مقادیر ۱٪ و ۲٪، تأثیر قابل توجهی بر پایداری و ثبات خمیر نداشت ولی در ادامه با افزایش این ترکیب بر میزان این پارامتر رئولوژی خمیر افزوده شد بطوریکه از ۳/۲۹ دقیقه در نمونه کنترل تا ٤/۰۸ دقیقه در تیمار حاوی ۵٪ مالت رسید. در مورد درجه سست شدن خمیر نیز همانطور که مشاهده می شود افزودن پودر مالت منجر به کاهش این پارامتر نسبت به نمونه های فاقد پودر مالت شد، این فاکتور نشان دهنده قدرت آرد می‌باشد و هر چه بیشتر باشد، آرد ضعیف تر بوده و ارزش نانوایی آن کاهش می‌یابد. در تحقیقاتی مشابه موحد و همکاران (۱۳۹۳) گزارش دادند که افزودن صمغ زانتان و آرد سیب زمینی منجر به بهبود خواص رئولوژیکی خمیر در تولید نان تست گردید، بدین صورت که میزان جذب آب و زمان گسترش خمیر افزایش ولی درجه نرم شدن آن کاهش یافت و زمان پایداری خمیر نیز تغییر معنی داری پیدا نکرد [۳۰]. پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش دادند که استفاده از صمغ گوار و آنزیم ترانس گلوتامیناز در فرمولاسیون نان بدون

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

گلوتن، منجر به افزایش جذب آب و پایداری خمیر گردید ولی زمان گسترش خمیر تغییر قابل توجهی نشان داد، همچنین درجه نرم شدن خمیر نیز افزایش یافت [۳۱]. غیور اصلی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر آنزیم آلفا آمیلاز و اسید اسکوربیک را برخصوصیات رئولوژیکی خمیر بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش میزان اسید اسکوربیک در خمیر افزایش پایداری و مقاومت در خمیر مشاهده میشود در حالیکه در نمونه هایی که از آنزیم استفاده گردید با افزایش میزان آن از قدرت خمیر کاسته شد که مطابق با یافته های این تحقیق می باشد [۳۲]. روسل و همکاران (۲۰۰۶) نیز به این مسئله اشاره داشته اند که استفاده از آنزیم سبب کاهش پارامترهای رئولوژیکی می‌شود [۳۳].

**Table 1** The effect of sorghum malt powder on Farinograph properties of gluten free bread

| Treatment | Water Absorption (%) | Arrival Time (min) | Dough Stability (min) | Degree of softening (BU) |
|---|---|---|---|---|
| Ctrl | 59.35±0.7$^{e}$ | 0.695±0.08$^{a}$ | 3.29±0.25$^{d}$ | 128.4±2.2$^{f}$ |
| 1% malt | 60.60±0.85$^{d}$ | 0.652±0.1$^{b}$ | 3.15±0.18$^{e}$ | 135.85±3.1$^{e}$ |
| 2% malt | 61.45±0.6$^{c}$ | 0.592±0.06$^{b}$ | 3.25±0.21$^{d}$ | 140.75±1.8$^{d}$ |
| 3% malt | 62.1±0.5$^{b}$ | 0.554±0.11$^{e}$ | 3.81±0.10$^{c}$ | 148.3±4.3$^{c}$ |
| 4% malt | 62.35±45$^{b}$ | 0.601±0.05$^{d}$ | 3.93±0.12$^{b}$ | 155.35±3.7$^{b}$ |
| 5% malt | 63.30±1.12$^{a}$ | 0.613±0.13$^{d}$ | 4.08±0.15$^{a}$ | 160.9±2.8$^{a}$ |

means±SD in each column with different letters differ significantly in $p<0.05$

## ۳-۲- اثر پودر مالت سورگوم بر ویژگی های کمی و کیفی نان بدون گلوتن سیب زمینی

### ۳-۲-۱- رطوبت

نتایج اثر مقادیر مختلف پودر مالت سورگوم بر میزان رطوبت نان قالبی بدون گلوتن بر پایه آرد سیب زمینی در فاصله زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در شکل ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود با افزایش درصد پودر مالت، میزان رطوبت نان نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$)، بطوری که ۲ ساعت پس از پخت میزان رطوبت از مقدار ۱۳/۰٦ ٪ برای نمونه فاقد پودر مالت تا ۱۵/۲۰ ٪ برای نمونه حاوی ۵ ٪ پودر مالت سورگوم افزایش نشان داد که علت آن احتمالا بالا بودن فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در پودر مالت می باشد که منجر به افزایش میزان نشاسته آسیب دیده در خمیر می شود که به نوبه خود باعث افزایش جذب آب خمیر و در نتیجه افزایش رطوبت نان پس از فرایند پخت می‌گردد. از طرفی پودر مالت حاوی مقداری قند پنتوزان است که محلول در آب بوده و روی افزایش جذب آب خمیر و رطوبت محصول نهایی پس از پخت موثر می باشد. همچنین مقدار فیبر بالاتر در پودر مالت سورگوم نسبت به آرد سیب زمینیعامل دیگری است که می تواند منجر به افزایش اندک رطوبت محصول حین پخت و نگهداری شده است. با گذشت زمان نگهداری تا ۷۲ ساعت، از میزان رطوبت نان شاهد و همچنین تحت تیمار بطور معنی داری کاسته شد بدین صورت که در نمونه کنترل پس از ۳ روز نگهداری میزان رطوبت برابر ۷/۵ درصد و در نمونه های حاوی ۳، ٤ و ۵ درصد پودر مالت در محدوده ۱۳/۸٦-۱۳/٦۸ درصد قرار داشت که اختلاف معنی داری بین این تیمارها مشاهده نگردید (شکل۱). همانطور که مشاهده می‌شود میزان افت رطوبت در نمونه شاهد پس از سه روز نگهداری نان حدود ٤۳٪ و در نمونه های تحت تیمار حدود ۸/۵ درصد می باشد که نشان دهنده تأثیر مثبت پودر مالت سورگوم در جلوگیری از خروج رطوبت نان و تاخیر بیاتی آن می باشد. یارمند و همکاران (۱۳۸٤) با بررسی اثر آرد مالت جو بر روی بیاتی و کیفیت نان بربری به نتایج مشابهی دست پیدا کردند [۳٤]. پوراسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) نیزاثر صمغ گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی را در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه آرد برنج و نشاسته ذرت بررسی کرده و گزارش دادند که افزودن صمغ گوآر و آنزیم ترانس گلوتامیناز به فرمولاسیون سبب افزایش معنی دار رطوبت نانهای تولیدی نسبت به نان شاهد شد، که علت آن ظرفیت بالای نگهداری آب توسط هیدروکلوئیدها و تشکیل شبکه پیوند عرضی بین اسیدهای آمینه گلوتامین و لیزین در اثر

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

عمل آنزیم ترانس گلوتامیناز می باشد که توانایی به تله انداختن آب را دارد، بنابراین سبب افزایش در ظرفیت نگهداری آب میشود [۳۱]. در تحقیق حاضر نیز برای تقلید اثر گلوتن، از صمغ های گوار و کربوکسی متیل سلولز در غلظت ۱٪ استفاده شد، بدین صورت در نمونه های تحت تیمار میزان رطوبت اضافی جذب شده توسط پودر مالت در مقایسه با نمونه شاهد، توسط صمغ‌های مذکور حفظ می‌شود. مک کارتی و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که ترکیبات هیدروفیلی مانند صمغ ها و پلی ساکاریدها به دلیل طبیعت آبدوست خود با آب برهمکنش می دهند و سبب کاهش انتشار آب و پایداری حضور آن در سیستم می شوند که همین امر در افزایش جذب آب و حفظ رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخت و نگهداری آن مؤثر است [۱۱].

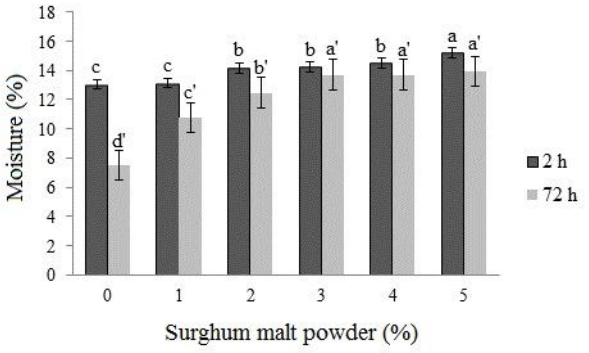


**Fig 1** The effect of adding sorghum malt powder on moisture content of gluten free bread

**۳-۲-۲- تخلخل**

یکی از پارامترهای مهم مغز نان، تخلخل است که بطور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز نان دارد و یکی از عوامل تأثیر گذار در تعیین خواص کیفی مغز نان محصوب می شود. افزایش میزان تخلخل محصولات نانوایی به دلیل کاهش اندازه و افزایش تعداد سلول های گازی و توزیع یکنواخت آن ها در بافت محصول می باشد [۳۵]. نتایج اثر پودر مالت سورگوم بر میزان تخلخل نمونه‌های نان بدون گلوتن حاکی از این بود که با افزایش میزان پودر مالت در فرمولاسیون خمیر نان قالبی تا مقدار ۳٪ بر میزان تخلخل محصول نهایی نسبت به نان های فاقد مالت افزوده شد ($p<۰/۰۵$)، بطوریکه مقدار این پارامتر از ۲۰/۸۰ درصد در نمونه شاهد به ۲۶/۳۰ درصد در نمونه حاوی ۳٪ پودر مالت رسید که معادل ۲۱ درصد افزایش در میزان تخلخل نان بدون گلوتن حاوی مالت نسبت به نمونه شاهد می باشد (شکل ۲). این در حالی بود که با ادامه افزایش این ترکیب در خمیر، میزان تخلخل نمونه های نانروند کاهشی داشت بطوریکه میزان تخلخل تیمارهای حاوی ۵٪ پودر مالت با مقدار ۲۰/۱۵ درصد کمتر از نمونه شاهد بود اگرچه این اختلاف معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). بطور کلی تخلخل اشاره به ساختار منافذ در مغز نان دارد و به تعداد حباب های موجود و پخش یکنواخت آن ها بستگی دارد و یکی از عوامل تأثیر گذار در تعیین خواص کیفی مغز نان محسوب می شود [۳۶]. پودر مالت حاوی مقدار زیادی آنزیم آمیلاز است که با تجزیه نشاسته به قندهای ساده تر، غذای بیشتری برای فعالیت مخمرها فراهم می شود که منجر به فعالیت بیشتر آن ها و در نتیجه تولید مقادیر بیشتری دی اکسیدکربن می گردد و مجموع این تغییرات تخلخل نان را افزایش می دهد. از سوی دیگر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز باعث تولید مقادیر بیشتر نشاسته آسیب دیده و در نتیجه جذب بیشتر آب و افزایش چسبندگی و ویسکوزیته خمیر می گردد که به نوبه خود در حفظ حباب های گاز تولید شده طی فرایند تخمیر و فرابند پخت کمک می کند [۳۶]. دلیل کاهش تخلخل مغز نان با افزودن مقادیر بیشتر پودر مالت نیز احتمالا به دلیل افزایش ماده خشک خمیر و در نتیجه افزایش بیش از حد مطلوب ویسکوزیته خمیر می باشد، بطوریکه گازهای تولید شده در حین تخمیر و فرایند پخت توان تغییر در اندازه حباب ها و افزایش حجم و تخلخل مغز نان را ندارند [۳۷].

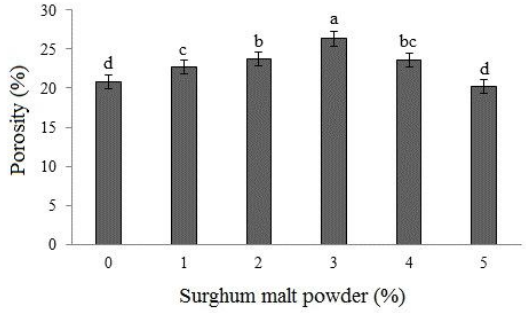


**Fig 2** The effect of adding sorghum malt powder on porosity content of gluten free bread

**۳-۲-۳- حجم مخصوص**

حجم از مهمترین ویژگی‌های فیزیکی محصولات پخت است که رابطه مستقیمی با بهبود کیفیت و افزایش عمرماندگاری این محصولات دارد و از طرفی بر پذیرش این محصول توسط مصرف کننده نیز موثر است. بررسی اثر غلظت های مختلف پودر مالت سورگوم در خمیر نان قالبی بدون گلوتن نشان داد که افزودن این ترکیب تا مقدار ۳٪ تأثیر مطلوبی بر افزایش حجم مخصوص نمونه های نان در مقایسه با نمونه فاقد پودر



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

مالت داشت که بدلیل ایجاد قندهای قابل استفاده برای سلولهای مخمر توسط آنزیم آلفا آمیلاز موجود در پودر مالت میباشد که در تولید گاز دی اکسید کربن نقش مهمی را ایفا میکنند. در حالیکه با افزایش میزان پودر مالت تا مقدار ۵٪ از حجم محصول نهایی پس از پخت کاسته شد و در سطحی پایین تر در مقایسه با نمونه شاهد قرار داشت که با نتایج حاصل از تخلخل مغز نان مطابقت دارد (شکل ۳). بدین ترتیب بیشترین و کمترین میزان حجم مخصوص به تیمارهای حاوی ۳٪ و ۵٪ پودر مالت تعلق داشت که به ترتیب برابر ۸/۳۰ و ٤/۳٦ میلی لیتر بر گرم بود و در مقایسه با نمونه کنترل با میزان حجم مخصوص برابر ۵/۷۵ میلی لیتر بر گرم اختلاف معنی داری داشتند ($p<۰/۰۵$). افزودن مالت به آرد نان سبب افزایش مقدار آلفا آمیلاز آرد شده از طرفی با مناسب شدن مقدار آلفا آمیلاز آرد، حجم مخصوص نان حاصله افزایش پیدا میکند [۳۸]. از سوی دیگر، در صورتیکه فعالیت آنزیمی آرد کم باشد، نانهای حاصل کم حجم و دارای مغز خشک با حفره های بزرگ خواهندبود. در اثر فعالیت محدود آمیلولیتیک، مقداری قند قابل تخمیر بوجود می آید که موجب تشدید فعالیت مخمرها، افزایش تولید دیاکسیدکربن و افزایش حجم نان میگردد [۳۹]. در حالیکه با افزودن مقادیر بیشتر پودر مالت سورگوم به دلیل فعالیت بیش از حد مطلوب آلفاآمیلاز و همچنین افزایش ماده خشک خمیر، میزان چسبندگی و ویسکوزیته آن از حد مطلوب بیشتر شده و می تواند تأثیر منفی بر افزایش حجم اینگونه محصولات داشته باشند [٤۰]. در تحقیقی مشابه غیوراصلی و همکارانش با بررسی تاثیر آنزیم آلفا آمیلاز و اسید اسکوربیک بر حجم مخصوص نان اشترودل گزارش دادند که با افزودن آنزیم و اسیداسکوربیک تا حد مطلوبی به خمیر، حجم نمونه های نان بطور معنی داری افزایش یافت در حالیکه با افزودن مقادیر بالاتر این ترکیبات، باتوجه به این که خمیر کاملا سفت شده و خاصیت الاستیسیته خود را از دست میدهد میزان حجم روند کاهشی داشت [۳۲]. همینطور در مطالعات دیگری مشخص شده که عصاره و پودر مالت ذرت و آنزیم آلفا آمیلاز سبب بهبود حجم قرص نان میشود [٤۲، ٤۱ و٤۰].

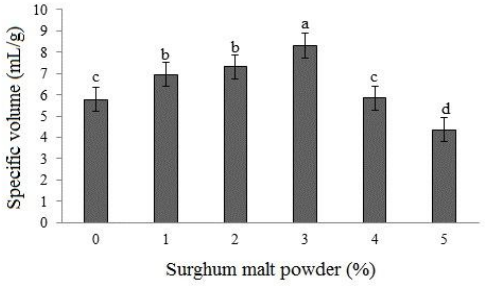


**Fig 3** The effect of adding sorghum malt powder on specific volume content of gluten free bread

**۳-۲-٤- سفتی بافت**

صفات بافتی مواد غذایی در پذیرش آن از سوی مصرف کننده اهمیت و نقش بسزایی دارد بطوری که برای برخی از مواد غذایی بافت حتی از رنگ و طعم آن مهمتر است [٤۳]. سفتی نان در روز اول به عنوان شاخصی کیفی تلقی می‌شود و تغییرات آن در طول زمان معیاری از ماندگاری است. در شکل ٤ اثر هریک از تیمارها بر میزان سفتی نان در دو بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شودتیمارهای حاوی پودر مالت سورگوم دارای میزان سفتی کمتری نسبت به نمونه کنترل بودند، بدین صورت که با افزایش پودر مالت تا میزان ۳٪ از میزان سفتی نمونه های نان کاسته شد ولی در ادامه با افزایش غلظت این ترکیب تا ۵٪، بر میزان سفتی محصول نهایی افزوده شد، اگرچه نسبت به نمونه فاقد پودر مالت همچنان سفتی کمتری داشتند. همچنین مشخص شد که با نگهداری نان به مدت ۷۲ ساعت بر سفتی آن نسبت به ۲ ساعت پس از پخت افزوده شد و این افزایش در نمونه شاهد به مراتب بیشتر بود که حاکی از نقش مثبت پودر مالت در به تاخیر انداختن بیاتی نان به دلیل حفظ بیشتر رطوبت و جلوگیری از خروج آن از مغزن نان به سمت پوستهدر طول دوره نگهداری می باشد. بدین ترتیب کمترین میزان سفتی به تیمار حاوی ۲٪ پودر مالت تعلق داشت که برابر ۹/۷ نیوتن بود و پس از ۷۲ ساعت نگهداری تا ۱۱/٤۵ نیوتن افزایش یافت در حالیکه در نمونه کنترل مقدار سفتی از میزان ۱٤/٦ نیوتن در بازه زمانی ۲ ساعت پس از پخت تا مقدار ۲۷/٦ نیوتن پس از ۷۲ ساعت نگهداری افزایش یافت (شکل ٤). میزان سفتی کمتر در نان حاوی عصاره مالت، ناشی از تأثیر بیشتر آن در تبدیل نشاسته به دکسترین بوده که از قدرت تورم نشاسته و سفت شدن نان میکاهد [٤۲]. از طرف دیگر ترکیبات فیبری موجود در مالت سورگوم این نمونه ها باجذب متناسب آب مانع از اتلاف رطوبت که یکی از عوامل بیاتی و سفتی نان

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

است، میگردند. امیدفر و همکارانش (۱۳۹٤) نیز گزارش دادند که میزان سفتی بافت نمونه های حاوی ۱/۵ درصد عصاره مالت ذرت، پس از ٤۸ ساعت کمتر از میزان سفتی تیمارهای حاوی پودر مالت با درصدهای مشابه و نمونه شاهد در فاصیه زمانی ۲ ساعت پس از پخت می باشد واز طرفی فعالیت بیشتر آلفا آمیلاز موجود در عصاره مالت ذرت نسبت به پودر آن علّت اصلی پایین بودن سفتی تیمارهای حاوی عصاره نسبت به نمونه های حاوی پودر میباشد [٤۲]. از سوی دیگر طبق گزارش جرارد و همکارانش (۱۹۹۷)، افزودن آنزیم آلفا آمیلاز میزان سفتی نان را کاهش میدهد و این اثر کاهنده در زمان صفر کمتر ولی باگذشت زمان اثر آنب یشتر مشاهده میگردد [٤۵]. بنابراین چنین میتوان نتیجه گرفت که علت افزایش کم سفتی پس ازگذشت ۷۲ ساعت از پخت در مورد تیمارهای حاوی مالت سورگوم نسبت به نمونه شاهد، وجود آنزیمهای آلفا آمیلاز موجود در مالت است. در مطالعهای دیگر شیخالاسلامی (۱۳۹۵) نیز با بررسی آرد مالت تهیه شده از گندم بر بهبود خواص تکنولوژیک و حسی نان قالبی نشان دادند که با افزودن آرد مالت تا مقدار ۲/۵٪ فرمولاسیون خمیر، از میزان سفتی نان تولیدی بطور معنی داری کاسته شد که علت آن را فعالیت بالای آلفاآمیلازی آرد مالت عنوان کردند [٤٦].

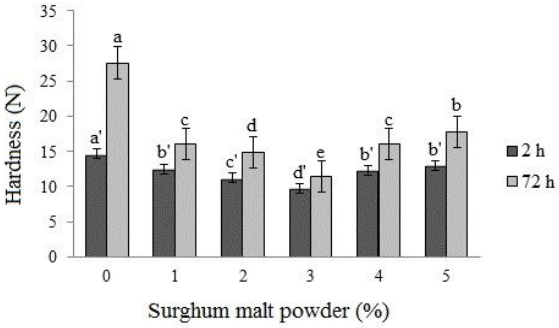


**Fig 4** The effect of adding sorghum malt powder on hardness content of gluten free bread

### ۳-۲-۵- مولفه های رنگی پوسته

رنگ ماده غذایی فراهم آورنده ظاهری و خوش رویت بودن برای ماده غذایی محسوب می شود. در یک بررسی مشخص شد مصرف کنندگان به ترتیب اهمیت خصوصیات سلامتی و بهداشتی، رنگ و در مرتبه سوم مزه غذا را پارامترهای موثر در انتخاب یک ماده غذایی ذکر کردند [٤٦]. نتایج اثر سطوح مختلف پودر مالت سورگوم بر تغییرات رنگ پوسته نان قالبی بدون گلوتن در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می شود افزودن پودر مالت سورگوم به فرمولاسیون خمیر باعث افزایش مولفه L* (روشنی ظاهری) نان بدون گلوتن پس از پخت شده است، بطوریکه بیشترین مقدار این پارامتر در تیمارهای حاوی ۳-۱٪ پودر مالت بدست آمد در حالیکه بین تیمارهای حاوی ٤٪ و ۵٪ پودر مالت و نمونه کنترل احتلاف معنی داری مشاهده نگردید. فعالیت بهتر آنزیم های آلفا آمیلاز موجود در پودر مالت سبب می‌شود نشاسته دکسترینه بیشتر متورم و از سوی دیگر بخوبی ژلاتینه شود و آب بیشتری جذب کند. وجود آب بیشتر نیز خود سبب کاهش تغییرات سطح پوسته نان میشود و در افزایش روشنایی نان مؤثر میباشد [٤۷]. در همین راستا لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن صمغ به نان بدون گلوتن حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی و آبدوست در محصولات خمیری بدون گلوتن سبب روشن تر شدن رنگ پوسته می‌گردد [٤۷]. افزایش میزان مؤلفه L* به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب توسط صمغهاست. این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد. با بررسی اثر پودر مالت سورگوم بر میزان مولفه a* (مولفه قرمزی) پوسته نان قالبی بدون گلوتن نیز مشخص شد که افزودن این ترکیب منجر به افزایش مولفه قرمزی از میزان ۲/٦۵ در نمونه شاهد تا میزان ٤/۸٦ در تیمار حاوی ۵٪ پودر مالت گردید (جدول ۲). این در حالی بود که افزودن پودر مالت تأثیر معنی داری بر میزان مولفه زردی (مولفه b*) پوسته نان نداشت ($p>0/05$). در اثر پخت نان تغییراتی در رنگ پوسته نان اتفاق میافتد که این تغییرات مربوط به انجام واکنشهای میلارد (برهمکنش‌های میان قندهای احیاءکننده و گروه آمینی پروتئینها) و واکنش کاراملیزه شدن (برهم کنش میان قندها) میباشد که نتیجه چنین واکنشهایی ایجاد رنگ قهوه ای-طلایی در پوسته نان میباشد که به معنی افزایش مولفه قرمزی می باشد. استفاده از برخی ترکیبات مانند ترکیبات پروتیئنی و قندی در فرمول تهیه نان میتواند بر شدت رنگ پوسته موثر باشد [۹]. در این تحقیق نیز به دلیل فعالیت آمیلولیتیک بالای پودر مالت سورگوم، نشاسته به قندهای ساده تری دکسترینه می شود که می‌تواند در واکنش میلارد و کاراملیزاسیونشرکت کند و سبب افزایش رنگ قهوه ای پوسته نان گردد که مطلوب می باشد.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

**Table 2.** The effect of sorghum malt powder on the shell color of gluten free bread

| Treatment | Color index | | |
|---|---|---|---|
| | L* | a* | b*$^{ns}$ |
| Ctrl | 38.65±0.74$^{d}$ | 2.65±0.37$^{d}$ | 31.53±1.37 |
| 1% malt | 40.3±0.91$^{bc}$ | 3.27±0.28$^{cd}$ | 31.95±1.03 |
| 2% malt | 42.27±0.38$^{a}$ | 3.25±0.44$^{cd}$ | 31.97±0.74 |
| 3% malt | 40.91±0.55$^{b}$ | 3.85±0.43$^{bc}$ | 31.99±1.21 |
| 4% malt | 39.55±0.62$^{cd}$ | 4.45±0.32$^{ab}$ | 31.75±1.17 |
| 5% malt | 39.45±1.12$^{cd}$ | 4.86±0.42$^{a}$ | 31.58±1.64 |

means±SD in each column with different letters differ significantly in $p<0.05$

**۳-۲-٦- خصوصیات حسی نان**

اساسا اندازه گیری کیفیت یک فراورده بر اساس اطلاعات دریافتی از پنج حس بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه ارزیابی حسی گفته می شود که این روش بهترین راه برای ارزیابی طعم و بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می باشد [٤٨]. نتایج اثر غلظت های مختلف پودر مالت سورگوم بر خصوصیات حسی نان بدون گلوتن حجیم بر پایه سیب زمینی نشان داد که با افزودن پودر مالت تا سطح ۳٪، امتیاز نمونه‌های نان قالبی به لحاظ فرم و شکل، قابلیت جویدن، تخلخل، سفتی و نرمی بافت، طعم، مزه و آروما و پذیرش کلی نسبت به نمونه شاهد به طور معنی داری افزایش یافت (جدول ۳ و شکل ۵). همانطور که مشاهده می‌شود افزودن این ترکیب به مقدار ٤٪ به جز صفات فرم و شکل و طعم و مزه که منجر به کاهش معنی داری در امتیاز نان نسبت به تیمار ۳٪ گردید، در مورد سایر صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری بین نمونه‌های حاوی ۳٪ و ٤٪ پودر مالت سورگوم وجود نداشت اگرچه روند کاهشی بود ($p>۰/۰۵$). در حالی که نان های حاوی ۵٪ پودر مالت دارای کمترین امتیاز حسی در بین تیمارها بودند بطوریکه در بسیاری صفات در سطح نمونه شاهد قرار داشت و حتی در مورد صفت سفتی و نرمی بافت امتیاز کمتری نسبت به کنترل دریافت نمود که حاکی از تأثیر منفی و مخرب پودر مالت در مقادیر بالاتر بر صفات حسی محصول تولیدی از نظرارزیابان می باشد. همچنین نتایج ارزیابی خصوصیات سطح پائینی نمونه های تولیدی نشان داد که پودر مالت سورگوم در تمام سطوح مورد استفاده در این پژوهش اثر معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر این پارامتر نداشت (جدول ۳). در نهایت با اعمال ضریب رتبه صفات مورد بررسی و استفاده از رابطه ۱، عدد کیفی (پذیرش کلی) نمونه های تولید شده نان بدون گلوتن محاسبه گردید که نتایج آن در شکل ۵ آورده شده است. طبق نتایج، فرم و شکل، قابلیت جویدنوطعمومزه دارای بیشترین ضریب رتبه صفات هستند که به ترتیب برابر ٤، ۳ و ۳ می باشد، بنابراین بر میزان پذیرش کلی نمونه های نان بیشترین تأثیر را دارند. همانطور که مشاهده می شود بیشترین میزان پذیرش کلی به تیمار حاوی ۳٪ پودر مالت تعلق داشت که برابر ٤/۳۵ می باشد که با نتایج تکی صفات حسی مطابقت دارد. کمترین امتیاز پذیرش کلی نیز در نمونه های حاوی ۱٪ و ۵٪ پودر مالت سورگوم مشاهده شد که با نمونه شاهد اختلاف معنی داری نداشت ($p>۰/۰۵$).

دلیل بهبود بهتر ویژگیهای حسی نان در اثر افزودن پودر مالت نسبت به نمونه شاهد، فعالیت بیشتر آنزیمهای تجزیه کننده نشاسته است که مواد اولیه لازم جهت انجام واکنشهای قهوه ای شدن به ویژه واکنش میلارد را فراهم میکند. انجام این واکنش نه تنها باعث بهبود رنگ و ظاهر پوسته نان میشود بلکه از طریق واکنش موسوم به تجزیه استرکر[10]و تولید ترکیبات عطر و طعم دار نظیر آلدئیدها باعث بهبود عطر و طعم نان میگردد. امیدفر و همکارانش با بررسی اثر عصاره و پودر مالت ذرت بر خواص حسی نان بربری به نتایج مشابهی رسیدند مبنی بر اینکه با افزودن پودر مالت تا ۱٪، ویژگی های حسی نان نسبت به نمونه شاهد بهبود پیدا کرد ولی با افزودن مقادیر بیشتر این ترکیب به فرمولاسیون خمیر، از امتیاز حسی نمونه های نان کاسته شد بطوریکه در بسیاری موارد امتیاز کمتری نسبت به شاهد داشتند، این در حالی بود که نمونه‌های حاوی عصاره مالت امتیاز بیشتری نسبت به نمونه های حاوی پودر آن دریافت کردند. پور اسماعیل و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش دادند که افزودن صمغ گوار در دو سطح ۲ و ۳٪ و آنزیم ترانس گلوتامیناز در سطح u/g pro ۱ سبب افزایش امتیاز کلی نانها نسبت به نان شاهد شد ولی هنگامی که u/g pro ۱۰ از آنزیم ترانس گلوتامیناز استفاده شد، به علت کاهش قابل

10. Strecker degradation

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

ملاحظه حجم نانها و متراکم بودن مغز نان ها، سبب کاهش معنی دار امتیاز کلی نان های حاصل نسبت به نان شاهد، نان های بدون آنزیم و با سطح آنزیم کمتر شد [۳۱]. طبق نتایج شفیع سلطانی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشخص شد که افزودن آنزیم آلفا آمیلاز به آرد سبب بهبود ویژگیهای حسی نان از جمله حجم نان، رنگ پوسته نان، عطر و طعم نان، بو، قابلیت جویدن نان و بافت نان، تناسب شکل نان در سطح معنی دار۵ درصد می‌شود ولی در ویژگیهایی چون یکنواختی پخت، ویژگی پوسته، ترک و پارگی پوسته نان، حفره و دانه ای بودن و رنگ مغز نان تفاوت معنی داری بین نمونه تهیه شده از آرد شاهد با تیمارهای حاوی آنزیم آلفا آمیلاز مشاهده نشد [۴۹].

**Table 3** The effect of sorghum malt powder on sensory properties of gluten free bread

| Treatment | Shape | Chewiness | Porosity | Upperproperties | Bottomproperties(ns) | Texture softness | Odor and Flavor |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ctrl | 3.42±0.12 | 2.4±0.08$^{c}$ | 2.85±0.09$^{b}$ | 2.75±0.15$^{d}$ | 3.45±0.19 | 2.45±0.12$^{c}$ | 2.25±0.15$^{d}$ |
| 1% malt | 3.6±0.15 $^{c}$ | 2.7±0.1$^{c}$ | 3.1±0.25$^{b}$ | 3.32±0.25$^{c}$ | 3.42±0.32 | 2.35±0.2$^{cd}$ | 2.4±0.24$^{cd}$ |
| 2% malt | 4.3±0.18 $^{b}$ | 3.32±0.15$^{b}$ | 3.9±0.1$^{a}$ | 3.95±0.32$^{ab}$ | 3.75±0.2 | 4.35±0.41$^{a}$ | 2.75±0.18$^{c}$ |
| 3% malt | 4.7±0.21 $^{a}$ | 4.1±0.18$^{a}$ | 4.35±0.3$^{a}$ | 4±0.38$^{a}$ | 3.75±0.1 | 4.3±0.37$^{ab}$ | 4.3±0.2$^{a}$ |
| 4% malt | 3.6±0.1 $^{c}$ | 3.95±0.2$^{a}$ | 4.03±0.24$^{a}$ | 3.9±0.21$^{ab}$ | 3.47±0.15 | 3.95±0.3$^{b}$ | 3.9±0.31$^{b}$ |
| 5% malt | 3.45±0.14$^{c}$ | 3.35±0.23$^{b}$ | 2.25±0.12$^{c}$ | 3.75±0.17$^{b}$ | 3.5±0.22 | 2.05±0.2$^{d}$ | 2.45±0.12$^{cd}$ |

means±SD in each column with different letters differ significantly in $p<0.05$

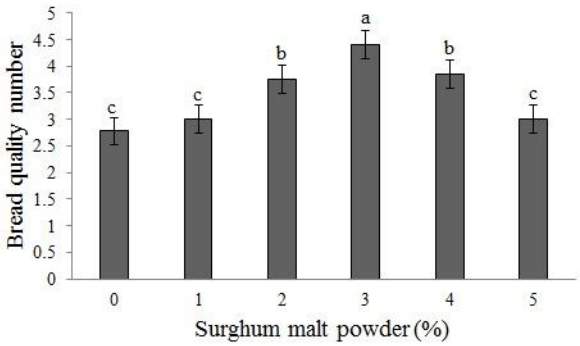


**Fig 5** The effect of adding sorghum malt powder on Bread quality number of gluten free bread

## ٤- نتیجه گیری کلی

بطور کلی نتایج حاصل نشان داد که افزودن پودر مالت سورگوم به طور معنی داری منجر به بهبود کیفیت رئولوژیکی و حسی نان قالبیبر پایه سیب زمینی شد، بدین صورت که با افزودن پودر مالت میزان رطوبت، تخلخل، حجم مخصوص و رنگ پوسته نان افزایش و میزان سفتی محصول نهایی کاهش معنی داری پیدا نمود در حالی که در نمونه کنترل بدون افزودن پودر مالت سورگوم، این خصوصیات فیزیکوشیمیایی مطلوب نبود. همچنین مشخص شد که تیمارهای حاوی ۳٪ و ٤٪ پودر مالت نسبت به نمونه کنترل دارای خواص حسی و در نتیجه عدد کیفی بالاتری بود. نتایج خواص رئولوژی خمیر در دستگاه فارینوگراف نشان داد که افزودن پودر مالت سورگوم در مقادیر مختلف منجر به افزایش جذب آب و پایداری خمیر گردید در حالیکه درجه نرم شدن و زمان رسیدن خمیر کاهش یافت. بنابراین در مجموع بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق و باتوجه به کاربرد خیلی کم مالت سورگوم در دنیا می‌توان از این مالت به شکل پودر و عصاره به عنوان افزودنی مؤثر، جهت بهبود خصوصیات رئولوژیکی خمیرو نیز بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی در فرمولاسیون نان بدون گلوتن بر پایه سیب زمینی استفاده نمود.

## ٥- منابع


[1] Thompson, T. 2001. Wheat starch, gliadinand the gluten-free diet.Journal of.AmericanDietetic Association. 101(12), 1456-1459.

[2]Smith, M. D. 2002. Going against the grain, pp: 121-125.

[3] Hamaker Bruce, R. 2008. Technology of functional cereal products. Woodhead publishing limited, pp: 397-448.

[4] Niewinski, M. 2008. Advances in celiacdisease and gluten-free diet. Journal of theAmerican Dietetic Association, 108, 661-672.

[5] Yadav, A., Guha, M.R., Tharanathan, R.N. & Ramteke R.S. 2006.Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. European Food Research and Technology., 23,553–560.

[6] Movahed, S,. Rooshenas,G., Ahmadi Chenarbon,H.2012. Evalution of the effect of yeast-salt method ondough yield,bread yield


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

and organoleptic propertiesIranian Lavash bread. Annals of Biological Research,3(1), 595-600.

[7] Kotoki, D. & Deka, S.C. 2010. Baking loss ofbread with special emphasis on increasing water holdingcapacity. Journal of Food Science and Technology.,47(1),128–131.

[8] Ebrahimpour, N., Peighambardoust, SH.,Azadmard-Damirchi, S., and Ghanbarzadeh,B. 2010. Effects of incorporating differenthydrocolloids on sensory characteristics andstaling of gluten free bread. Journal of FoodResearch, Vol. 20.3.No. 1 [in Persian].

[9] Sahraiyan, B., Karimi, M., Habibi Najafi, M. B., Hadad Khodaparast, M. H., Ghiafeh Davoodi, M., Sheikholeslami, Z., Naghipour, F. 2014. The effect of BalanguShirazi (Lallemantiaroyleana) gum on quantitative and qualitative of surghum gluten free bread. JFST, 42(11); 129-139.

[10] Bagheri, H., Mohebi, M., Koocheki, A. 2016. Investigation the possibility of gluten free bread production using sorghum flour and xanthan and Lepidium perfoliatum gums. Food Technology & Nutrition, 13(2); 75-86.

[11] Sadeghnia, N., Azizi, M. H., Seyedin, M.2011. Formulation and production gluten freeflat bread by xanthan and CMC.M.Sc Thesis,Department of Food Science andTechnology,Islamic Azad University [inPersian].

[12] Ribotta, P. D., Ausar, S. F., Morcillo, M. H., Perez, G. T., Beltramo, D. M., and Leon, A. E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour.Journal of Science Food Agriculture, 84: 1969-1974.

[13]Skendi, A., Mouselemidou, P., Papageorgiou, M., Papastergiadis, E. 2018.Effect of acorn meal-water combinations on technological properties and fine structure of gluten-free bread.Food chemistry: 253:119-126.

[14] Ramírez, J. E., Garzon, R., Saldivar, S. O., Rosell, C.R. 2018. Functional and nutritional replacement of gluten in gluten-free yeast-leavened breads by using β-conglycinin concentrate extracted from soybean flour. Food hydrocolloids, 84:353-360.

[15] Karimi, M., Sheikholeslami, Z., Sahraiyan, B. , Ghiyafeh Davoodi, M., Naghipour, F. 2017.Using sesame meal flour in free gluten French bread (rice-corn) containing guar and CMC gums to produce functional food. Journal of Food Science and technologies.73:1-12.

[16]Abdelghafor, R. F., Mustafa, A. I., Ibrahim,A. M. H. & Krishnan, P. G. 2011. Quality ofbread from composite flour of sorghum andhard white winter wheat. Advance Journal ofFood Science and Technology, 3(1), 9-15.

[17] Adewale, I. O., Agumanu, E. N., and Otih-Okoronkwo, F. I. 2006.Comparative studies on α-amylases from malted maize (Zea mays), millet (Eleusine coracana) and Sorghum (Sorghum bicolor). *Carbohydrate Polymers* 66, 71-74.

[18] Francisco, J., Moroyoqui, C., Burgos, E., Flores, J., and Rocha, M. 2006. α-Amylase activity of Rhyzopertha dominica raured on several wheat varieties and its inhibition with kernel extract. Jourhal of Economic Entomology, 99(5): 2146.2150.

[19] Dziedzoave, N. T., Graffham, A. J., Westby, A., and Komlaga, G. 2010. Comparative assessment of amylolytic and cellulolytic enzyme activity of malts prepared from tropical cereals. *Food Control* 21, 1349-1353.

[20] Biazus, J. P. M., Souza, A. G., Santana, J. C. C., de Souza, R. R., and Tambougi, E. B., 2005, Optimization of Drying Process of Zea Mays Malt to Use as Alternative Source of Amylolytics Enzymes. Brazilian Archives of Biology and Technology 48(Special), 185-190.

[21] Sahraiyan, B. 2012. Investigation the possibility of gluten free bread production using sorghum, cheese powder, guar gum, CMC and BalanguShirazi gums. Masters thesis Ferdowsi University of Mashhad.

[22] Shahsavan Tabrizi, A., Sheikholeslami, Z., Ataye Salehi, E. 2014. Comparison of the effect of ultrasound and soy flour on the properties of pan bread. JFST, 44(11); 129-141.

[23] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

[24] Haralick, R. M., K. Shanmugam., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. IEEE Transactions of ASAE, 45(6): 1995-2005.

[25] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

[26] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., and Razavizadegan Jahromi, S.H. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. Journal of Food Process Engineering, 34: 1435-1445.

[27] Ragabzadeh, N., 1989. Bread technology. Tehran University Press, 3-7 and 409-437.

[28] Antio,K.L,Flander.2001.Bread quality relationship with rheological measurements

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

of wheat flour dough. Journal of Cereal Science.78,654-657.
[29] Rosell CM, Haros M, Escriva C, and Benedito De Barber C. 2001. Experimental approach to optimise the use of alpha-amylases in bread making. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 49: 2973–2977.
[30] Movahed, S., Khalatbari Mohseni, G., Ahmadi Chenarbon, H. 2014. Evaluation of xanthan gum and potato flour on the rheological properties of dough and toast bread quality. Journal of Food Science and new technologies, 1(3); 39-48.
[31] Pouresmaeil, N., Azizi M. H., Abbasi, S., Mohammadi, M. 2011. Gluten free bread formulations using microbial transglutaminase enzyme and guar gum. Iranian Journal of Food Research, 21(1); 69-81.
[32] Ghayour asli, M. A., Haddad khoda parast, M. H., Karimi, M. 2009. Effect of Alpha amylase and Ascorbic acid on rheological properties of dough and specific volume of strudel bread. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 47-55.
[33] Rosell. C. M P. A. Caballero , M. Gomez. 2006. Improvement of dough rheology , bread quality andbread shelf- life by enzyme Combination. Journal of Food Engineering.81,42-53.
[34] Yarmand, M. S., Seyyedain Ardabili, S. M. 2005. The effect of gluten and barley malt flour on the staling and bread quality. Iranian Journal of Agriculture Science, 36 (3); 591-602.
[35] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. Food Hydrocolloids, 29(1): 68-74.
[36] Armero, E. & Collar, C. 1996. Anti-stalingAdditives. Flour type and sourdough processeffect on functionality of wheat dough's.Journal of Food Science, 61, 299-303.
[37] Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids, 23:700-707.
[38] Hojjati, M., Azizi. M, H., and Ahmadi Nadooshan., 2002. Effect of α- amylase activity on quality baguette. Journal of Agriculture and Rural Civil 4(1), 29- 36.
[39] Chavan, J. K., and Kadam, S. S., 1989, Nutritional improvement of cereals by fermentation. CRC Reviews in food science and Nutrition 28, 349-400.
[40] Bonet. A, Rosell. C. M, Caballero. P. A. (2006). Glucose oxidase effect on dough rheology and breadquality. Journal of Food Chemistry.42,124-129.
[41]Kim.Ji ,M.Tomoko.2006. Effect of fungal alpha amylase on the dough properties and bread quality ofwheat flour substituted with polished flours.Journal of Food Research International.39,117-126.
[42] Omidfar, A. A., Ataye Salehi, E., Sheikholeslami, Z. 2015. The effect of adding corn malt on quality and shelf life of Barbari bread. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 11(5); 620-630.
[43] Haghayegh, Gh. 2017. Evaluation of Nutritional, Technological and Sensory Properties of Gluten free Rice Bread Containing Semi Cereal. JFST, 69 (14); 283-294.
[44] Gerrard, J.A., Every, D., Sutton, K.H., and Gilpin, M.J., 1997, The Role of maltodextrins in the staling of bread. J. Cereal Sci. 26(2), 201-209.
[45] SHeikholeslami, Z.2016. Effect of the wheat varieties and malt Flour on technological andsensory properties of moulded bread. JFST, 50 (13); 1-10.
[46] Lazaridou, A., Duta, D.,Pagageorgiou, M.,Belc, N., and Biliaderis, C.G. 2007. Effectsof hydrocolloids on dough rheology and breadquality parameters in gluten – freeformulations.Journal of Food Engineering, 79:1033-1047.
[47] Purlis, E and Salvadori, V. 2009.Modeling the browning of bread duringbaking. Food ResearchInternational, 42: 865-870.
[48] Abbasi S, and Rahimi S., 2007. Introduction of an unknown local plant gum : Persian gum (zedu gum). Flour and Food Industry Magazine 4, 42-51.
[49] Shafi Soltani, M., Salehifar, M., Hashemi, M. 2014. Effect of alpha-amylase enzyme with fungal origin on the quality characteristics of dough and toast. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 6(2); 43-54.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]

# The effect of sorghum malt powder on rheological properties of dough and quality Properties and shelf life of gluten-free moulded bread

**Nazari , Z.** [1 *]

1. Food Quality and Safety Research Department, Food Science and Technology Research Institute, ACECR, Khorasan Razavi Branch, Iran

**(Received: 2017/10/16 Accepted:2018/08/09)**

Celiac is a self-immune gastro-intestinal diseasecaused due to the presence of Prolamin protein in the diet, and the only way to prevent of that, is to avoid consumption of gluten containing foods like wheat and barley. Usually, breads which made from gluten-free sources do not have acceptable quality. The aim of this study was to investigate the effect of sorghum malt powder at 0, 1, 2, 3, 4 and 5% levels on dough and quality characteristics of potato flour based bread. The results of dough farinography showed thatincreasing the portion of sorghum malt powderresulted in more water absorption and higher stability of the dough, the degree of softening(Mixing Tolerance Index) and dough development(Peak Time) decreased. The results of bread production properties showed that with increasing the amount of sorghum malt powder in the formulation, moisture content and color components L * and a * of bread crust increased. The highest bread specific volume, porosity and minimum crumb hardness at intervals of 2 and 72 hours after baking was observed in samples containing 3% malt powder. Sensory evaluation also showed that the highest overall acceptance was observed in samples containing 4% Malt powder, and with the continued increase of this composition, the qualitative and quantitative properties of the final product were reduced.

**Keywords:** Sorghum malt powder, Gluten-free bread, Celiac disease, Moulded bread

* Corresponding Author E-Mail Address: nazari@jdm.ac.ir

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-27 ]