مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تولید خمیرترش بدون گلوتن با استفاده از آرد ارزن، کینوآ و آمارنت و آغازگرهای *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*

رویا نوری[۱]، علیرضا فرجی[۲*]، فریبا نقی‌پور[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی گرایش زیست فناوری مواد غذایی، دانشکده علوم و فن‌آوری‌های نوین، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه شیمی آلی، دانشکده شیمی دارویی، واحد علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۰/۳

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۱/۲۷

کلمات کلیدی:

آغازگر،

خمیرترش،

بدون گلوتن،

شبه غلات

DOI:10.22034/FSCT.21.154.90.

* مسئول مکاتبات:

alireza_ch57@yahoo.com

چکیده

نان‌های تولید شده از خمیرترش دارای بافتی سبک و کیفیت جویدنی بالاتری هستند. این در حالی است که در فرمولاسیون محصولات بدون گلوتن نمی‌توان از خمیرترش تهیه شده از آرد گندم و آردهای حاوی گلوتن استفاده نمود. از این‌رو در پژوهش حاضر از آرد ارزن، آمارانت و کینوآ و آغازگرهای *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به صورت تک و ترکیبی در فرمولاسیون خمیرترش استفاده و به میزان ۱۰ درصد به خمیر نان قالبی بدون گلوتن افزوده شد و خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های تولیدی در یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل مورد ارزیابی قرار گرفت ($P\leq$۰/۰۵). نتایج ارزیابی میزان رطوبت نشان داد دو نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی و آرد کینوا و نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و آرد ارزن به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان رطوبت برخوردار بودند. همچنین در بین نمونه‌های تولیدی، نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوا از میزان اسیدیته و اسیدهای آلی بیشتری برخوردار بودند. در بخش ارزیابی میزان تخلخل و حجم مخصوص بیشترین میزان به نمونه حاوی آغازگر فرمنتوم و آرد کینوآ اختصاص یافت. همچنین نتایج ارزیابی بافت نشان داد که نمونه‌های تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی و آرد کینوآ از کمترین میزان سفتی بافت برخوردار بودند. از طرفی بررسی مؤلفه‌های رنگی پوسته نان نشان داد با استفاده از خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ در فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن میزان مؤلفه‌های L* و b* پوسته افزایش یافت. درحالیکه نوع آغازگر مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر میزان این پارامترها نداشت. در نهایت بیشترین امتیاز پذیرش کلی به نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی و آرد کینوا اختصاص داده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

۱-مقدمه

سلیاک[1] بیماری مزمنی است که در اثر دریافت جزء گلیادینی گلوتن موجود در دانه گندم و پرولامین چاودار (سکالین[2])، جو (هوردئین[3]) و احتمالاً یولاف (آویدین[4]) که دارای ترکیب آمینواسیدی مشابه گلیادین می‌باشند، حاصل شده و یکی از رایج‌ترین حساسیت‌های غذایی محسوب می‌گردد. این بیماری با علائم روده‌ای و خارج روده‌ای همراه است. علایم خارج روده‌ای اغلب تشخیص این بیماری را مشکل می‌سازد. این بیماری با آسیب‌های روده‌ی کوچک مشخص می‌شود. این بیماران علاوه بر فقر تغذیه‌ای، در طولانی مدت مستعد ابتلا به بدخیمی‌هایی نظیر لنفوم روده می‌گردند. پرزهای روده در برخورد با گلوتن یا اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن کوتاه‌تر، پهن‌تر و صاف می‌شوند و تولید آنزیم آن‌ها کاهش یافته و مختل می‌گردد [۱].

لذا این بیماران از حساسیت به سایر مواد غذایی نیز رنج می‌برند. از آن جایی که تنها راه معالجه مؤثر این بیماران، رژیم بدون گلوتن در تمام عمر می‌باشد که می‌تواند به بهبود بالینی آن‌ها کمک نماید، تقاضا برای مصرف محصولات بدون گلوتن به موازات افزایش بیماران مبتلا به سلیاک یا دیگر حساسیت‌های مربوط به مصرف گلوتن، افزایش یافته است. از این‌رو استفاده از آرد گندم و مشتقات آن در فرمولاسیون نان و سایر محصولات بدون گلوتن ممنوع می‌باشد [۲].

یکی از مراحل اصلی آماده کردن خمیر جهت تولید نان که مهمترین محصول نانوایی در رژیم غذایی می‌باشد، عمل آوردن، رسیدن و یا ورآمدن خمیر است. هرچند که مصرف مخمر نانوایی *ساکارومایسس سرویزیه*[5] به‌دلیل سهولت استفاده، بسیار گسترده شده است، اما نان‌هایی که توسط خمیرترش تولید می‌شوند دارای عطر و طعم به مراتب مطلوب‌تری هستند. از سوی دیگر شایان ذکر است که در سال‌های اخیر به دلیل تقاضای رو به افزایش مصرف‌کنندگان به مواد غذایی طبیعی، سالم و با طعم مطلوب، تولید نان‌های حاصل از خمیرترش مورد توجه قرار گرفته و از آن به‌عنوان وسیله‌ای جهت بهبود کیفیت و طعم و مزه نان استفاده شده است. در واقع مهم‌ترین تغییر قابل تشخیص در خمیر توسط خمیرترش، ایجاد عطر و طعم ترش ناشی از آن است. بر اساس گزارشات موجود، حداقل نیمی از طعم ترش در اثر تولید لاکتات توسط جنس لاکتوباسیلوس می‌باشد [۳]. باکتری‌ها و مخمر موجود در خمیرترش در این فرآیند عوامل حجم‌دهنده را تولید می‌کنند و عطر و طعم منحصر به فرد اسیدی نیز ناشی از فعالیت میکروارگانیسم‌های خمیرترش است. با استفاده از خمیرترش در تولید نان، امکان ورآوری خمیر نان با افزودن مقدار کم یا بدون افزودن مخمر نانوایی فراهم و ویژگی‌های خمیر، بهبود و بافت، عطر و طعم چنین نانی در مقایسه با نان ورآمده توسط مخمر نانوایی برتر خواهد بود. هم‌چنین، با افزودن خمیرترش، زمان ماندگاری نان طولانی‌تر می شود. طبق تعریف، خمیر تخمیر شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر، خمیرترش نامیده می‌شود [۴]. علاوه بر این با افزودن خمیرترش، زمان ماندگاری نان طولانی‌تر می شود و کپک‌زدگی و فساد طنابی[6] نیز به تأخیر می‌افتد. این مزایا در نتیجه ساز و کار مشترک مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک فراهم می‌شود که میکروارگانیسم‌های غالب در خمیرترش‌های طبیعی هستند [۵].

در میان گونه های متنوع باکتری های لاکتوباسیلوس، گونه های که در خمیرترش رشد می‌کنند، گونه های هموفرمنتاتیو دی اکسید کربن تولید نمی‌کنند؛ بلکه با فعالیت خود موجب اسیدی شدن و گسترش طعم می‌شوند. باکتری‌های لاکتیک اسید هتروفرمنتاتیو نیز مقدار کمی دی اکسید کربن تولید می‌کنند، لذا نان حاصل متراکم‌تر از

[1] *Celiac*
[2] Secalin
[3] *Hordein*
[4] *Avidin*
[5] *Saccharomyces cerevisiae*
[6] Ropy spoilage

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

نان‌های تهیه شده با مخمر نانوایی می‌باشد. به‌طور کلی، نان‌های حاصل از خمیرترش در مقایسه با نان‌های تهیه شده با مخمر نانوایی دارای رطوبت بیشتر، بافتی فشرده‌تر و قابلیت جویدن بهتری هستند. شایان ذکر است که در تحقیق حاضر آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*[7] بر خلاف آغازگر *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*[8]، هموفرمنتاتیو بوده و حاصل تخمیر آن به‌صورت ویژه اسید لاکتیک می‌باشد. در واقع *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*، هتروفرمنتاتیو بوده و حاصل تخمیر آن مجموعه‌ای از اسیدها همانند استیک و لاکتیک می‌باشد [٦].

از سوی دیگر در گذشته به منظور تهیه خمیرترش از آرد چاودار استفاده می‌گردید. این در حالی است که در سال‌های اخیر در بیشتر فرمولاسیون‌ها از آرد گندم استفاده می‌گردد و برای محصولات فاقد گلوتن استفاده از این نوع خمیرترش ممنوع است و بایستی از آرد غلات فاقد گلوتن و یا آرد شبه غلات استفاده گردد که در تحقیق پیش‌رو از آرد ارزن، آمارانت و کینوآ استفاده گردید. ارزن غله‌ای با دانه‌های کروی شکل است که به رنگ‌های زرد، سفید یا قهوه‌ای وجود دارد. جوانه ارزن مانند ذرت نسبت به اندازه دانه غله بزرگ است. اگرچه آرد ارزن فاقد گلوتن است، اما از نظر ارزش غذایی در مقایسه با سایر دانه‌های غلات منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد. علاوه بر آن سرشار از فیبرهای رژیمی، مواد فیتوشیمیایی و ریزمغذی‌ها است [٧].

شبه غلات از خانواده گندمیان نیستند ولی شباهت زیادی به غلات دارند. آمارانت با نام علمی ***Amaranthus spp.*** به علت سازگاری با خاک‌های فقیر و تحمل آن به تنش خشکی، استفاده از آن را به‌عنوان یک محصول زراعی در مناطق نیمه خشک ممکن ساخته است. هم‌چنین پروتئین این دانه نسبت به بیشتر دانه‌های معمول غلات بالاتر است [٨]. گیاه کینوآ نیز یکی از گیاهانی که تحت شرایط خشک و کم آب محصول می‌دهد. کیفیت این گیاه بالاتر از غلات دانه‌ای می‌باشد و از نظر تعادل آمینوا سیدها بسیار مطلوب می‌باشد [٩]. میزان لیزین دانه‌های این گیاه بالاتر از گندم است و برای تعادل غذایی انسان مطلوب می‌باشد. کینوآ از نظر سدیم فقیر بوده ولی از نظر کلسیم، فسفر، منیزیم، پتاسیم، آهن، مس و منگنز نسبت به گندم، جو و ذرت برتری دارد. همچنین شایان ذکر است که به لحاظ چربی، کربوهیدرات و ویتامین نیز غنی‌تر از گندم می‌باشد [١٠].

از این‌رو در پژوهش حاضر از آرد ارزن، آرد آمارانت و آرد کینوآ به‌عنوان سوبسترای اصلی برای رشد دو نوع آغازگر لاکتیکی موجود در خمیرترش بدون گلوتن، به نام‌های *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* استفاده شد و تأثیر این خمیرترش تولیدی بر خصوصیات تکنولوژیکی، بافتی، تصویری و حسی نمونه‌های نان قالبی بدون گلوتن مورد مطالعه قرار گرفت.

٢- مواد و روش‌ها

٢-١- مواد

آرد برنج مورد استفاده در فرمولاسیون نمونه‌های نان قالبی بدون گلوتن تولیدی از فروشگاه‌های معتبر با نام تجاری ١١١، خریداری شد. دانه‌های ارزن، آمارانت و کینوآ نیز از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (البرز، کرج) تهیه گردید و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سویه *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* از مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (ایران، تهران) تهیه گردید. سایر مواد مورد نیاز در آزمایشات شامل نمک، روغن، شکر و پودر سفیده تخم‌مرغ از یک فروشگاه معتبر و خمیرمایه خشک و فوری از کارخانه خمیر مایه رضوی (مشهد، ایران)، آرد سویای فعال بدون چربی از شرکت سویا سان مکسوی و صمغ گوار و گزانتان نیز از شرکت رود یا (فرانسه) تهیه و در یخچال (دمای ٤ درجه‌ی سانتی‌گراد) نگهداری شدند. کلیهٔ مواد شیمیایی نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

٢-٢- روش‌ها

[7] *Lactobacilos pelantarom*

[8] *Lactobacillus fermentum*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

۱-۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد برنج و سایر دانه‌های مورد استفاده

دانه های ارزن، آمارانت و کینوآ بعد از بوجاری و خارج نمودن خار و خاشاک و سایر مواد زائد، با استفاده از آسیاب چکشی آزمایشگاهی به آرد کامل آسیاب و به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شدند. ذکر این نکته ضروری است که در خصوص دانه‌های کینوآ به دلیل وجود ساپونین (یک ترکیب گلیکوزیدی تلخ مزه و محلول در آب است که در پوسته خارجی دانه کینوا قرار دارد)، عمل شستشو با آب انجام شده و پس از خشک کردن در دمای محیط، آسیاب شدند [۱۱]. سپس به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شد. در ادامه ویژگی های فیزیکوشیمیایی آردها مانند رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده در انجمن شیمی دانان غلات آمریکا (AACC[9], 2000) اندازه‌گیری شد [۱۲]. میزان رطوبت مطابق استاندارد شمارهٔ ۱٦-٤٤، پروتئین ۱۰-٤٦، خاکستر ۰۸-۰۱ چربی ۱۰-۳۰ ارزیابی گردید. میزان فیبر نیز طبق روش Ranganayaki و همکاران (۲۰۱۲) تعیین شد [۱۳]. میزان کربوهیدرات در نمونه ها نیز از کسر کردن مجموع ترکیبات تشکیل‌دهنده از ۱۰۰ به‌دست آمد [۱٤].

۲-۲-۲- تهیه خمیرترش

به منظور تهیه خمیرترش ابتدا ۱۰۰ گرم از هر کدام از منابع مختلف (ارزن، آمارانت و کینوآ) به صورت جداگانه را با ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مخلوط نموده و در ادامه ۸ گرم مخمر *ساکارومیسس سروزیه* و ۱۰ گرم شکر به مخلوط فوق اضافه گردید. سپس ۱٦۲ میلی‌لیتر از سوسپانسیون باکتری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به صورت تک و ترکیبی به مخلوط فوق اضافه شد و به مدت زمان ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شد تا خمیرترش آماده شود و در نهایت خمیرترش به میزان ۱۰ درصد به فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن اضافه گردید.

شایان ذکر است که سوسپانسیون باکتری از طریق فعال سازی و تأثیر کشت آغازگر در محیط MRS براث در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سلسیوس و به مدت زمان ۲٤ ساعت تهیه شده، پس از رشد باکتری‌ها، سلول‌ها با استفاده از سانتریفوژ جدا گردیدند. هم چنین برای استاندارد کردن تعداد سلول‌ها از روش مک فارلند استفاده شد [۱۵].

۳-۲-۲- تهیه خمیر و تولید نان قالبی بدون گلوتن

نمونه‌های نان قالبی بدون گلوتن تولیدی حاوی ۱۰۰ درصد آرد برنج، ۱۰ درصد خمیرترش، ۱ درصد مخمر خشک، ۱ درصد نمک، ۱ درصد شکر، ۱ درصد روغن، ۰/۵ درصد پودر سفیده تخم‌مرغ، ۱۰ درصد آرد سویای فعال بدون چربی، ۰/٤ درصد صمغ گوار، ۰/۲ درصد صمغ گزانتان و آب (به مقدار لازم) تهیه شد.

در ادامه مواد خشک درون مخزن همزن (Diosna، آلمان) به مدت یک دقیقه مخلوط شدن و در ادامه آب اضافه گردید و عمل همزدن به مدت ده دقیقه با دور کند دستگاه انجام شد. در انتها روغن اضافه گردید و به خمیر تولیدی اجازه استراحت به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۲۵ درجه سلسیوس) به صورت توده داده شد. سپس خمیر به قطعات ۸۰ گرمی تقسیم و درون قالب‌های استوانه‌ای شکل از جنس آلومینیوم با قطر و ارتفاع ۸۰ میلی‌متر که از قبل با روغن چرب شده بودند، قرار داده شد. سپس قالب‌ها به گرمخانه (MIWE، آلمان) با درجه حرارت ٤۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد منتقل شد و پس از سپری شدن مدت زمان ٤۵ دقیقه، وارد فر با هوای داغ (MIWE، آلمان) شد. عملیات پخت نمونه‌های نان در دمای ۲۳۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. در انتها نمونه‌ها روی سکوی آزمایشگاهی قرار گرفت تا هم دما با محیط شود و درون کیسه‌های از جنس پلی پروپیلن سبک تا زمان انجام آزمون های کمی و کیفی نگهداری شدند [۱٦].

۳- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی نان

[9] American Association of Cereal Chemists (AACC)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

۳-۱- رطوبت: اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه های نان تولیدی مطابق با آنچه که در بخش ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد اشاره گردید، انجام شد [۱۲].

۳-۲- اسیدیته: برای تعیین اسیدیته قابل تیتر نمونه‌های نان تولیدی (بر حسب اسید لاکتیک) میزان ۱۰ گرم نان با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و یکنواخت شد و محلول تولیدی پس از صاف کردن با سود ۰/۱ نرمال تیتر گردید و اسیدیته بر حسب میزان سود مصرفی محاسبه شد [۱۲].

۳-۳- pH: میزان pH نمونه های نان تولیدی توسط یک pH متر (Metrohm، مدل ۶۹۱، سوئیس) اندازگیری شد.

۳-۴- اسیدهای آلی: ارزیابی میزان اسیدهای آلی نظیر اسید لاکتیک و اسید استیک با استفاده از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (Waters، آمریکا) مجهز به آشکار ساز ماوراء بنفش در طول موج ۲۰۵ نانومتر انجام شد. جهت حذف ذرات معلق، نمونه های ۱۰ گرمی تهیه شده ابتدا با ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر سرد، همگن و وزن نمونه‌ها به ۱۰۰ گرم رسانده شد. سپس با استفاده از سانتریفوژ در g × ۴۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در ادامه ۲۰ میلی‌لیتر از قسمت رویی برداشته و با ۵ میلی‌لیتر محلول Carrez I (Zinc sulfate ۰/۲۵ M) و محلول Carrez II (Zinc sulfate ۰/۲۵ M) مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل توسط سود ۰/۵ مولار تا رسیدن به pH نهایی ۸/۵ خنثی شد. حجم مخلوط را با آب مقطر به حدود ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس مخلوط به منظور حذف ذرت معلق ۲ بار صاف شد (ابتدا با صافی واتمن شماره ۴۱ و سپس با صافی استات سلولزی ۰/۲۲ میکرون). از نمونه‌های صاف شده برای تزریق به دستگاه HPLC استفاده شد [۱۷].

۳-۵- حجم مخصوص: برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نمونه های نان تولیدی از روش جایگزینی حجم با دانه مطابق با استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه جدا شده از هر نمونه‌ی نان به ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر با ترازوی دیجیتالی و دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. سپس حجم استوانه مدرج به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر با دانه کلزا جایگزین شد. در انتها حجم به وزن، حجم مخصوص محاسبه شد [۱۲].

۳-۶- تخلخل: جهت اندازه‌گیری میزان تخلخل از مغز نمونه‌های نان تولیدی به وسیله اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image I قرار گرفت. با فعال کردن قسمت ۸ بیت، تصاویر سطح خاکستری ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی، قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخص از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد شد. بدیهی است که هرچقدر این نسبت بیشتر باشد بدین معناست که میزان حفرات موجود در بافت (میزان تخلخل) بیشتر است. در عمل با فعال کردن قسمت Analysis نرم افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [۱۸].

۳-۷- مؤلفه‌های رنگی پوسته: آزمون رنگ‌سنجی با استفاده از دستگاه رنگ سنج هانترلب انجام شد. قبل از انجام آزمون دستگاه با کاشی‌های سفید و سیاه کالیبره و با کاشی زرد کنترل شد. سنجش رنگ در این دستگاه بر اساس سیستم CIELAB و سنجش سه مؤلفه L*، a* و b* صورت پذیرفت. مؤلفه L* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. مؤلفه a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. مؤلفه b* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰ + (زرد خالص) متغیر می‌باشد [۱۹].

۳-۸- سفتی بافت: ارزیابی میزان سفتی بافت نمونه‌های نان در فاصله زمانی یک، سه و هفت روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (QTS، انگلستان) انجام

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروپ استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به خصوص شاخص سفتی محاسبه گردید. نقطه شروع و نقطه هدف به ترتیب ۰/۰۵ نیوتن و ۳۰ میلی‌متر بود. در واقع میزان سفتی برابر با حداکثر مقدار نیرو در منحنی نیرو-تغییر شکل بود و بر اساس نیوتن بیان شد [۱۶].

۹-۳- خصوصیات حسی: به منظور ارزیابی خصوصیات حسی نظیر فرم و شکل، خصوصیات پوسته، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و طعم (مزه و آروما) که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ٤، ۳، ۲، ۳ و ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های نان حداقل توسط ۱۰ داور مورد ارزیابی قرار گرفت. با داشتن این معلومات، پذیرش‌کلی (عدد کیفیت نان) با استفاده از رابطه ۱، محاسبه شد.

رابطه ۱:

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

که در آن: Q= پذیرش‌کلی، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات است.

٤- طرح آماری و روش آنالیز داده‌ها

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱٦ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل دو عامله که عامل اول نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش (ارزن، آمارانت و کینوآ) و عامل دوم نوع آغازگر لاکتیکی (*لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به صورت تک و همچنین ترکیبی) بود، استفاده گردید. نمونه‌های نان قالبی بدون گلوتن در سه تکرار تهیه شد و میانگین خصوصیات کمی و کیفی نان با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری پنج درصد ($P<0.05$) مورد مقایسه قرار گرفت. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد.

۵- نتایج و بحث

۵-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردهای مورد استفاده در تهیه خمیرترش و نان بدون گلوتن

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردهای مورد استفاده در فرمولاسیون خمیرترش بدون گلوتن و نان قالبی بدون گلوتن در جدول ۱ آورده شده است.

Table 1. Physicochemical characteristics of flour

Physicochemical characteristics (%)	Amaranth	Quinoa	Millet	Rice
Moisture	13.8 ± 0.24	10.2 ± 0.03	9.80 ± 0.32	10.1 ± 0.12
Protein	14.2 ± 0.39	15.4 ± 0.53	10.9 ± 0.41	9.72 ± 0.06
Ash	1.97 ± 0.00	2.17 ± 0.36	1.29 ± 0.03	0.82 ± 0.01
Fat	3.60 ± 0.12	3.15 ± 0.01	2.54 ± 0.01	1.51 ± 0.01
Fiber	1.93 ± 0.03	6.11 ± 0.16	4.16 ± 0.05	0.63 ± 0.02
Carbohydrate	65.59 ± 1.08	62.57 ± 1.66	71.03 ± 1.25	77.20 ± 2.63

Data is in the form of average ± Standard deviation.

۵-۲- ارزیابی خصوصیات نان قالبی بدون گلوتن حاوی خمیرترش

۵-۲-۱- رطوبت

نتایج تأثیر نوع آرد مصرفی (ارزن، آمارانت و کینوآ) و نوع آغازگر لاکتیکی (*لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به صورت تک و ترکیبی) در تهیه خمیرترش بر میزان رطوبت نان قالبی بدون گلوتن، نشان داد که تأثیر نوع آرد و آغازگرهای مورد استفاده بر رطوبت نان قالبی بدون گلوتن معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) و نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ و آغازگرهای ترکیبی بیشترین میزان رطوبت را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

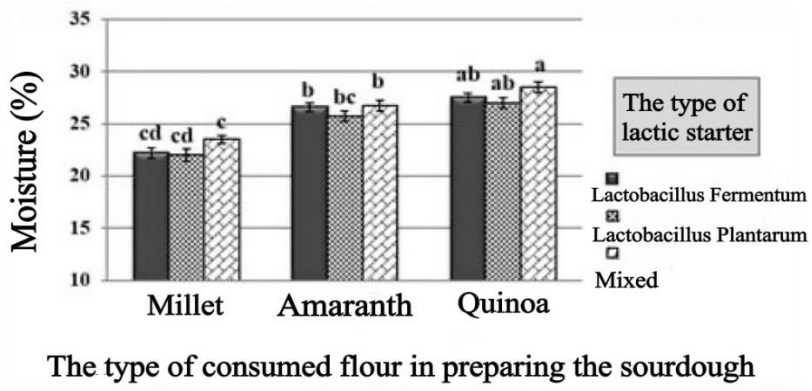

Fig 1. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on moisture of molded gluten free bread

(Similar letters have no significant difference in $p<0/05$ statically)

همچنین نتایج نشان داد رطوبت محصول هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگر فرمنتوم نسبت به آغازگر پلانتاروم اندکی افزایش یافته است. در این خصوص می‌توان بیان داشت با توجه به اینکه تعدادی از باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند تولید پلی ساکاریدهای خارج سلولی (EPS[10]) از قبیل دکستران، گزانتان، گلوکان، فروکتان و لوان نمایند [۲۰]، در نمونه‌های تخمیری حاوی باکتری‌های لاکتیکی، میزان جذب آب خمیر و در نتیجه میزان رطوبت محصول نهایی نسبت به نمونه فاقد خمیرترش بیشتر می‌باشد. در این راستا Fazel Tehrani Moghadam و همکاران (۲۰۲۱) امکان تولید نان سلیاکی با به کارگیری خمیرترش ذرت لاکتیکی با استفاده از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در دو سطح ۵ و ۱۰ در صد را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند رطوبت محصول حاوی خمیرترش از نمونه‌های فاقد خمیرترش بیشتر می‌باشد [۲۱]. همچنین Shin و همکاران (۲۰۱۰) عنوان داشتند احتمالاً افزایش میزان خمیرترش منجر به تولید بیشتر آمینو اسیدهای آزاد و افزایش ظرفیت این ترکیبات در اتصال با آب می‌شود [۲۲]. از سوی دیگر به نظر می‌رسد آرد کینوا به دلیل برخورداری از میزان پروتئین بالاتر نسبت به آردهای آمارانت و ارزن توانسته میزان بیشتری رطوبت را در خود ذخیره نماید. در این خصوص Jaldani و همکاران (۲۰۱۹) بهینه یابی فرمول کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج، کینوا و برگ گیاه خرفه را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند محصول حاوی آرد کینوا از میزان رطوبت بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار می‌باشد [۱۴]. ایشان اظهار داشتند افزایش میزان رطوبت نمونه‌ها همگام با افزایش افزودن آرد کامل کینوا به دلیل شمار زیاد گروه‌های هیدروکسیل در ساختار آن است که سبب جذب و حفظ مولکول‌های آب در فرآورده طی پخت با شد. از سوی دیگر Mahgoub, & Omran (۲۰۲۲) خصوصیات کیفی نان بدون گلوتن مسطح تهیه شده از آرد ارزن و برنج را مورد مطالعه قرار داده و بیان داشتند که با افزایش میزان آرد ارزن در فرمولاسیون ظرفیت نگهداری آب محصول کاهش یافت [۲۳].

۲-۲-۵- اسیدیته

نتایج نشان داد که اثر نوع آرد و آغازگرهای مورد استفاده بر اسیدیته نان قالبی بدون گلوتن معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$) به‌طوری که نمونه‌های حاوی خمیرترش ترکیبی از بیشترین میزان اسیدیته و نمونه‌های حاوی خمیرترش با سویه *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* از کمترین میزان اسیدیته برخوردار هستند. از سوی دیگر مشاهده گردید که نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوا از بیشترین میزان اسیدیته برخوردار بودند (جدول ۲). از مهمترین فرآیندهایی که در طول فرآیند تخمیر خمیر نان با خمیرترش رخ می‌دهد، تولید اسید و به طبع آن کاهش pH است که سبب افزایش

[10] Extracellular polymeric substances

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

تخلخل، غیرفعال‌سازی آنزیم آلفا آمیلاز و افزایش نرمی بافت می‌گردد [۱۲]. با توجه به نتایج مشخص گردید که نمونه های حاوی خمیرترش ترکیبی از بیشترین میزان اسیدیته و نمونه های حاوی خمیرترش با سویه *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* از کمترین میزان اسیدیته برخوردار هستند. در این خصوص به نظر می‌رسد حضور دو آغازگر ترکیبی به صورت همزمان در خمیرترش اثر هم‌افزایی ایجاد نموده و باعث افزایش میزان فعالیت باکتری های مورد استفاده و در نهایت افزایش میزان اسیدیته محصول شده است. همچنین نتایج نشان داد اسیدیته محصول هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگر *فرمنتوم* نسبت به آغازگر *پلانتاروم* اندکی افزایش یافته است که احتمالاً این امر به دلیل مقاومت اولیه بالاتر *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* نسبت به *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌باشد. در این ارتباط Noorbakhsh و همکاران (۲۰۱۷) مقایسه اثر اعمال تنش‌های کمتر از حد کشندگی بر زنده‌مانی *لاکتوبا سیلوس پلانتاروم* و *لاکتوبا سیلوس فرمنتوم* استفاده شده به عنوان کشت همراه در ماست سین بیوتیک و دستگاه گوارش مصرف کنندگان را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد مقاومت *لاکتوبا سیلوس فرمنتوم* در برابر شرایط نامناسب محیطی از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بیشتر می‌باشد [۲٤]. همچنین ژو و همکاران (۲۰۲۲) ویژگی‌های تخمیر بیولژیکی خمیرترش بدون گلوتن با استفاده از سویه *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و تأثیر آن روی کیفیت خمیر و ارزش تغذیه‌ای خمیر طی فرآیند انجماد را مورد بررسی قرار داده و عنوان داشتند میزان اسیدیته خمیر در طی تخمیر به دلیل فعالیت سویه مربوطه و تولید اسید افزایش یافت [۲۵]. از سوی دیگر به نظر می‌رسد که آرد دانه کینوآ به دلیل اینکه از میزان پروتئین بالاتری نسبت به سایر آردهای مورد استفاده برخوردار می‌باشد از توانایی بیشتری در حفظ تعادل اسیدهای تولید شده برخوردار است و به همین دلیل میکروارگانیسم‌های موجود در خمیرترش در معرض تنش کمتری (ناشی از اسیدهای تولید شده) قرار می‌گیرند و بنابراین به میزان بیشتری فعالیت نموده و اسیدیته محصول را افزایش می‌دهند. در این خصوص نتایج پژوهش Wolter و همکاران (۲۰۱٤) مؤید این امر می‌باشد [۲٦]. همچنین یکی از پارامترهای مهم در استفاده میکروارگانیسم‌ها از کربوهیدرات‌های موجود در آرد میزان فعالیت آنزیمی خود آرد می‌باشد. در این خصوص باتوجه به پژوهش Azizi و همکاران (۲۰۲۱) که فعالیت آنزیمی گندم، کینوا و آمارانت را مورد مطالعه قرار دادند مشخص گردید که فعالیت آلفا آمیلاز در کینوآ از آمارانت بیشتر می‌باشد که این امر نیز به نوبه خود می‌تواند به تشدید فعالیت و افزایش اسیدیته منجر شود [۸].

pH ۵-۲-۳

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی و نوع آغازگر لاکتیکی در تهیه خمیرترش بر میزان pH نان قالبی بدون گلوتن مشان داد که نمونه‌های خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ و حاوی سویه *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* از بیشترین میزان pH برخوردار بودند. همچنین مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۳۸ [۲۷]، pH مجاز نان‌های حجیم در محدوده بین ۵ الی ٦ می‌باشد [٦] که با توجه به نتایج، تمامی نمونه‌های تولیدی در محدوده استاندارد قرار داشتند (جدول ۲). در بین نمونه‌های مورد بررسی مشاهده شد نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ از بیشترین میزان pH برخوردار بودند. به نظر می‌رسد آرد دانه کینوآ به دلیل اینکه از میزان پروتئین بالاتری نسبت به سایر آردهای مورد استفاده برخوردار می‌باشد از توانایی بیشتری در حفظ تعادل اسیدهای تولید شده برخوردار است و به همین دلیل از تغییرات pH محصول جلوگیری می‌نماید. علاوه بر این همانطور که در بخش ارزیابی میزان اسیدیته تشریح شده است به نظر می‌رسد حضور دو آغازگر ترکیبی به صورت همزمان در خمیرترش اثر هم‌افزایی ایجاد نموده و باعث افزایش میزان فعالیت باکتری‌های مورد استفاده و در نهایت کاهش میزان pH محصول شده است. همچنین نتایج نشان داد pH محصول هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگر فرمنتوم نسبت به آغازگر پلانتاروم اندکی کاهش یافته است که احتمالاً این امر به دلیل مقاومت اولیه بالاتر *لاکتوباسیلوس*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

فرمنتوم نسبت به *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌باشد.

Table 2. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the rate of acidity, PH, and organic acids of molded gluten free bread

The type of consumed flour in preparing the sourdough	The type of lactic starter	Acetic acid (gram in 100 gram of sample)	Lactic acid (gram in 100 gram of sample)	pH (–)	Acidity (Milliliter)
Millet	*Lactobacillus Fermentum*	0.23 ± 0.01^{b}	0.79 ± 0.05^{c}	5.3 ± 0.05^{c}	4.5 ± 0.1^{c}
	Lactobacillus Plantarum	0.14 ± 0.01^{c}	1.08 ± 0.03^{b}	$5.4 \pm .06^{c}$	4.1 ± 0.2^{d}
	Mixed	0.26 ± 0.00^{ab}	1.12 ± 0.04^{b}	5.1 ± 0.04^{d}	4.8 ± 0.1^{bc}
Amaranth	*Lactobacillus Fermentum*	0.25 ± 0.02^{ab}	0.87 ± 0.06^{bc}	5.5 ± 0.10^{b}	4.8 ± 0.1^{bc}
	Lactobacillus Plantarum	0.16 ± 0.01^{bc}	1.13 ± 0.05^{b}	5.6 ± 0.05^{b}	4.4 ± 0.1^{c}
	Mixed	0.30 ± 0.01^{a}	1.25 ± 0.04^{ab}	5.3 ± 0.03^{c}	5.2 ± 0.2^{b}
Quinoa	*Lactobacillus Fermentum*	0.31 ± 0.02^{a}	0.94 ± 0.04^{bc}	5.6 ± 0.02^{ab}	5.1 ± 0.0^{b}
	Lactobacillus Plantarum	0.19 ± 0.01^{bc}	1.24 ± 0.03^{ab}	5.8 ± 0.05^{a}	4.6 ± 0.1^{bc}
	Mixed	0.33 ± 0.01^{a}	1.41 ± 0.04^{a}	5.5 ± 0.07^{b}	5.7 ± 0.1^{a}

Data is in the form of average ± Standard deviation.
Different letters in each column have significant difference in $p<0/05$ statically.

٤-٢-٥- اسید لاکتیک و اسید استیک

با توجه به نتایج مشخص گردید که اثر مستقل و متقابل نوع آرد و آغازگرهای مورد اســتفاده تأثیر معنی‌داری بر میزان اسـیدهای آلی نان قالبی بدون گلوتن داشـتند ($P<۰/۰۵$) و نمونه‌های حاوی خمیرترش ترکیبی از بیشترین میزان ا سید لاکتیک و اســید اســتیک و نمونه‌های حاوی خمیرترش با سویه *لاکتوبا سیلوس فرمنتوم* از کمترین میزان این ا سیدها برخوردار هســتند (جدول ۲). این امر بدان علت اســت که آغازگر پلانتاروم بر خلاف آغازگر فرمنتوم، هموفرمنتاتیو بوده و متابولیت‌های حاصل تخمیر آن به صورت ویژه اسید لاکتیک می‌باشــد [٦]. در این خصــوص Zare و همکاران (۲۰۲۱) امکان بهبود خصوصیات کمی و کیفی نان تست با استفاده از خمیرترش تهیه شده از نوشیدنی کامبوجا و شیر سویا و آغازگرهای *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند میزان اسید لاکتیک محصول هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگر فرمنتوم نسبت به آغازگر پلانتاروم افزایش یافته است [۲۸].

٥-٢-٥- حجم مخصوص

نتایج ارزیابی میزان حجم مخصوص نشان داد که نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شــده از آغازگرهای ترکیبی دارای کمترین و نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شــده از آرد کینوآ و لاکتوباســیلوس فرمنتوم از بیشــترین میزان حجم مخصوص برخوردار بودند (شکل ۲).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

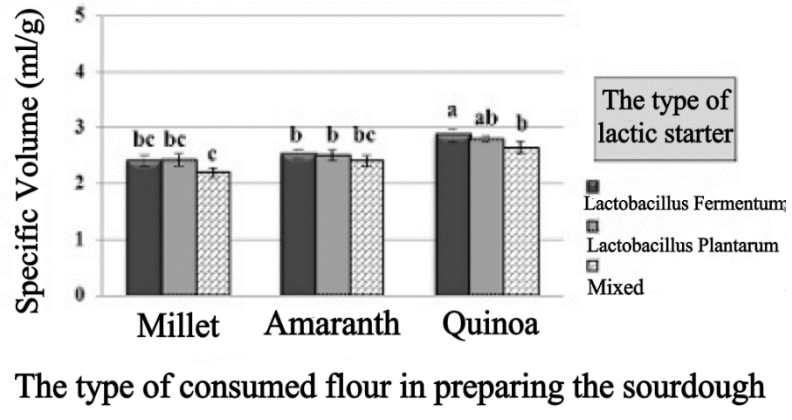

Fig 2. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the rate of specific volume of molded gluten free bread (Similar letters have no significant difference in $p<0/05$ statically)

در ارتباط با کاهش میزان حجم مخصوص محصول با استفاده از خمیرترش ترکیبی می‌توان گفت، احتمالاً حضور دو آغازگر ترکیبی به صورت همزمان در خمیرترش اثر هم‌افزایی ایجاد نموده و باعث افزایش میزان فعالیت باکتری‌های مورد استفاده شده است. همچنین نتایج نشان داد حجم مخصوص محصول هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگر پلانتاروم نسبت به آغازگر فرمنتوم اندکی کاهش یافته است. در محصولات صنایع پخت پروتئین گلوتن ترکیب اصلی مسئول ایجاد شبکه نگهدارنده حباب‌ها هوا می‌باشد و به دلیل اینکه در نان قالبی بدون گلوتن ترکیب مذکور وجود ندارد، بنابراین نشاسته موجود در آردهای مصرفی می‌تواند به عنوان یک عامل مهم در ایجاد بافت عمل کند [۲۹ و ۳۰]. در اینجا به نظر می‌رسد با استفاده از خمیرترش حاوی آغازگرهای ترکیبی در فرمولاسیون به دلیل اینکه احتمالاً این ترکیب از فعالیت آنزیمی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار می‌باشد بخشی از نشاسته خمیر محصول طی فرآیند تخمیر به قندهای ساده‌تر تبدیل شده و توانایی نگهداری گاز در آن کاهش می‌باشد که این امر در نهایت منجر به کاهش حجم محصول نهایی خواهد شد. همچنین Diowksz & Sadowska (۲۰۲۱) نیز تأثیر افزودن خمیرترش (حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس برویس*) و ترانس-گلوتامیناز بر روی کیفیت نان بدون گلوتن تهیه شده از باکویت را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن خمیرترش در فرمولاسیون حجم مخصوص محصول کاهش یافت [۳۱]. ایشان در این خصوص بیان داشتند فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها احتمالاً باعث کاهش حجم مخصوص نان بدون گلوتن تهیه شده از باکویت شده است. همچنین Moroni و همکاران (۲۰۱۱) و Scarnato و همکاران (۲۰۱٦) اظهار داشتند کاهش pH ناشی از فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیر الکلی ناشی از فعالیت مخمرها را تحت شعاع قرار داده و تولید دی‌اکسید کربن را محدود می‌کنند [۳۲ و ۳۳].

از سوی دیگر آرد کینوا به دلیل برخورداری از میزان پروتئین بالاتر نسبت به آردهای آمارانت و ارزن توانسته میزان بیشتری حباب‌های هوا را در خود ذخیره نماید. در این خصوص Jaldani و همکاران (۲۰۱۹) بهینه یابی فرمول کیک بدون گلوتن حاوی آرد برنج، کینوا و برگ گیاه خرفه را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند محصول حاوی آرد کینوآ از میزان حجم مخصوص بیشتری نسبت به نمونه شاهد برخوردار می‌با شد [۱٤]. ایشان اظهار دا شتند افزایش حجم کیک‌های غنی شده ناشی از ایجاد ویسکوزیته بیشتر توسط آرد کینوا به دلیل بهبود توزیع آب و توزیع گاز در خمیر و به دام انداختن مقدار بیشتری حباب گاز در کیک است.

٦-۲-۵- تخلخل

بر اساس نتایج مشخص گردید که نوع آرد و آغازگرهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر میزان تخلخل نان قالبی بدون

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

گلوتن داشتند (P<۰/۰۵) به‌طوری که استفاده از خمیرترش ترکیبی باعث کاهش میزان تخلخل محصول شد. همچنین نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ از بیشترین میزان تخلخل برخوردار بودند (شکل ۳).

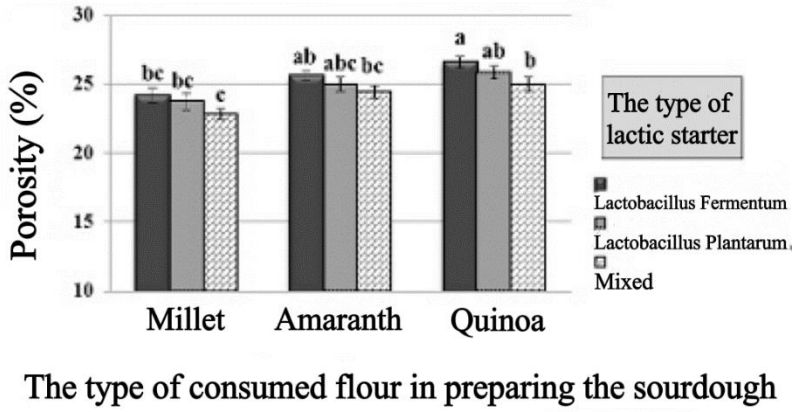

Fig 3. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the rate of porosity of molded gluten free bread (Similar letters have no significant difference in *p<0/05* statically)

یکی از پارامترهای مهم محصولات صنایع پخت، تخلخل است که به طور کلی اشاره به ساختار منافذ در مغز محصول دارد و از عوا مل تأثیر گذار در تعیین ویژگی های کیفی محصول محسوب می‌شود شد [۱۵]. در همین راستا Ayoubi (۲۰۱۸) بیان داشت داشتن ساختاری متخلخل از طریق انبساط حباب‌های هوا و افزایش حجم در طی فرایند پخت ایجاد می‌شود. لذا با توجه به ارتباط بین حجم مخصوص و تخلخل محصولات صنایع پخت این انتظار وجود داشت استفاده از خمیرترش ترکیبی باعث کاهش میزان تخلخل محصول شود [۳٤]. همانطور که در بخش ارزیابی حجم مخصوص بیان شد به نظر می‌سد با استفاده از خمیرترش حاوی آغازگرهای ترکیبی در فرمولاسیون به دلیل اینکه احتمالاً این ترکیب از فعالیت آنزیمی بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار می‌با شد. از سوی دیگر Elgeti و همکاران (۲۰۱٤) نیز بهبود حجم و بافت نان بدون گلوتن با استفاده از آرد کینوآی سفید را مورد بررسی قرار داده و عنوان نمودند با افزایش میزان آرد کینوآ در فرمولاسیون میزان تخلخل محصول افزایش می‌یابد [۳۵].

۷-۲-۵- رنگ پوسته

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی (ارزن، آمارانت و کینوآ) و نوع آغازگر لاکتیکی (*لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به صورت تک و ترکیبی) در تهیه خمیرترش بر میزان مؤلفه‌های رنگی پوسته نان قالبی بدون گلوتن در جدول ۳ نشان داده شده است.

Table 3. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the crust color of molded gluten free bread

The type of consumed flour in preparing the sourdough	The type of lactic starter	Crust color (-)		
		L*	a*	b*
Millet	*Lactobacillus Fermentum*	41.4 ± 0.8[b]	8.54 ± 0.2[a]	24.3 ± 0.8[b]
	Lactobacillus Plantarum	41.3 ± 0.9[b]	8.50 ± 0.2[a]	24.6 ± 0.5[b]
	Mixed	41.4 ± 1.0[b]	8.52 ± 0.1[a]	24.6 ± 0.6[b]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

Amaranth	*Lactobacillus Fermentum*	45.6 ± 1.1[ab]	8.58 ± 0.2[a]	24.8 ± 0.9[b]
	Lactobacillus Plantarum	45.3 ± 0.9[ab]	8.59 ± 0.2[a]	24.8 ± 0.7[b]
	Mixed	45.2 ± 1.0[ab]	8.58 ± 0.1[a]	24.7 ± 0.3[b]
Quinoa	*Lactobacillus Fermentum*	47.8 ± 0.12[a]	8.56 ± 0.1[a]	25.7 ± 0.8[a]
	Lactobacillus Plantarum	47.7 ± 2.2[a]	8.58 ± 0.2[a]	25.8 ± 1.2[a]
	Mixed	47.7 ± 0.6[a]	8.53 ± 0.2[a]	25.7 ± 0.9[a]

Data is in the form of average ± Standard deviation.

Different letters in each column have significant difference in $p<0/05$ statically.

با توجه به نتایج مشـــخص گردید که تنها نوع آرد مورد اسـتفاده تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های L* و b* پوسـته نان قالبی بدون گلوتن داشـــت (P<۰/۰۵) در حالی‌که نوع آغازگرهای مورد اســـتفاده تأثیر معنی‌داری بر روی میزان پارامترهای مذکور نداشت. همچنین در بین نمونه‌های مورد بررسی مشاهده شد نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ از بیشـترین میزان مؤلفه‌های L* و b* پوسـته برخوردار بودند.

در اینجا به نظر می‌رســـد آرد کینوا به دلیل برخورداری از میزان پروتئین بالاتر نســـبت به آردهای آمارانت و ارزن توانسـته میزان بیشـتری رطوبت را در خود ذخیره نماید که این امر منجر به خروج آهسته‌تر رطوبت از درون محصول به سـطح شـده و سـطح محصـول دارای چین‌خوردگی‌های کمتری بود. در این خصـــوص Purlis & Salvadori (۲۰۰۹) بیان نمودند تغییرات ســـطح مواد غذایی، مســـئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشـــتری در انعکاس نور و افزایش میزان مؤلفه L* دارند [۳٦]. این در حالی بود که تغییرات مؤلفه b* را می‌توان به رنگدانه‌های موجود در این دانه‌ها نســـبت داد. علاوه بر این مشـــاهده گردید که نوع آرد و نوع آغازگرهای مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر میزان مؤلفه a* پوسته نان قالبی بدون گلوتن نداشت (P<۰/۰۵).

۸-۲-۵- سفتی نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی و نوع آغازگر لاکتیکی (در تهیه خمیرترش بر میزان ســـفتی نان قالبی بدون گلوتن طی مدت زمان نگهداری نشـــان داد که نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شـــده از آغازگرهای ترکیبی و آرد کینوآ از کمترین میزان سفتی بافت برخوردار بودند (جدول ٤).

عواملی نظیر میزان رطوبت، حجم مخصوص و تخلخل در میزان سفتی بافت محصولات نانوایی در بازه زمانی بلافاصله پس از پخت دخیل می‌باشد. اما مهمترین عامل در افزایش سفتی بافت این محصولات طی مدت زمان نگهداری، حفظ و نگهداری رطوبت است، زیرا این مورد به شدت بر میزان بیاتی محصول تولیدی و افزایش سفتی آن طی انبارمانی اثرگذار است [۳۷]. در این راستا Zeleznak & Hoseney (۱۹۸٦) نیز بیان داشتند وقوع پدیده بیاتی در فرآورده‌های نانوایی مانند نان در ارتباط با میزان رطوبت و عمکلرد میزان آب موجود در مغز این محصولات می‌باشد [۳۸]. از این‌رو قابل پیش‌بینی بود نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آغازگرهای ترکیبی و آرد کینوآ از کمترین میزان سفتی بافت برخوردار باشند و عدد سفتی گزارش شده توسط دستگاه بافت‌سنج که میزان نیروی لازم جهت فشردگی بافت را نشان می‌دهد، کمتر باشد. زیرا نمونه‌های مذکور از میزان رطوبت بیشتری برخوردار بودند. البته با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود با گذشت زمان از ۲ ساعت به ۷۲ ساعت و در نهایت ۷ روز پس از پخت میزان سفتی بافت افزایش یافت که این امر بیانگر افزایش میزان بیاتی طی گذشت زمان می‌باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

Table 4. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the texture hardness of molded gluten free bread during storage time

The type of consumed flour in preparing the sourdough	The type of lactic starter	Hardness (N)		
		2 hours after baking	3 days after baking	7 days after baking
Millet	*Lactobacillus Fermentum*	1.0 ± 19.12^{abB}	3.0 ± 74.08^{aAB}	4.0 ± 97.14^{aA}
	Lactobacillus Plantarum	2.0 ± 02.15^{aB}	3.0 ± 83.10^{aAB}	5.0 ± 11.15^{aA}
	Mixed	1.0 ± 65.08^{bcB}	3.0 ± 58.12^{abAB}	4.0 ± 23.12^{bcA}
Amaranth	*Lactobacillus Fermentum*	1.0 ± 72.09^{abcB}	3.0 ± 31.15^{bAB}	4.0 ± 32.20^{bcA}
	Lactobacillus Plantarum	1.0 ± 76.10^{abcB}	3.0 ± 55.00^{abAB}	4.0 ± 68.10^{bA}
	Mixed	1.0 ± 59.13^{bcB}	3.0 ± 22.06^{bcAB}	4.0 ± 17.09^{bcA}
Quinoa	*Lactobacillus Fermentum*	1.0 ± 68.12^{bcB}	3.0 ± 26.08^{bcAB}	4.0 ± 27.08^{bcA}
	Lactobacillus Plantarum	1.0 ± 72.09^{bcB}	3.0 ± 40.06^{bAB}	4.0 ± 51.12^{bA}
	Mixed	1.0 ± 35.06^{dB}	3.0 ± 15.05^{cAB}	4.0 ± 03.10^{cA}

Data is in the form of average ± Standard deviation.
Different English lowercase letters in each column have significant difference in $p<0/05$ statically.
Different English capital letters in each row have significant difference in $p<0/05$ statically.

همچنین بررسی نتایج این بخش نشان داد که افزودن خمیرترش حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس *فرمنتوم* (نسبت به آغازگر پلانتاروم) به فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن باعث کاهش سفتی بافت محصول می شود که این موضوع نیز با توجه به بخش ارزیابی رطوبت و حجم مخصوص محصول قابل پیش‌بینی بود. با توجه به تولید اسید لاکتیک و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، نشاسته که برگشتن حالت کریستالی آن عامل اصلی بیاتی است تجزیه و از آن دکسترین‌هایی با وزن مولکولی کم ایجاد می‌شود و این موضوع خود می‌تواند در کاهش بیاتی نان مؤثر باشد. Wolter و همکاران (۲۰۱٤) نیز تأثیر استفاده از خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (در سطح ۲۰ درصد وزن آرد) بر روی ویژگی های پخت و حسی نان های بدون گلوتن حاوی آردهای کینوآ و باکویت را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند سفتی بافت محصول حاوی خمیرترش از نمونه های فاقد خمیرترش کمتر می باشد [۲٦].

از سوی دیگر در بین نمونه‌های مورد بررسی مشاهده شد نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ از کمترین میزان سفتی بافت برخوردار بودند. همانطور که در بخش ارزیابی رطوبت بیان شد به نظر می‌رسد آرد کینوا به دلیل برخورداری از میزان پروتئین بالاتر نسبت به آردهای آمارانت و ارزن توانسته میزان بیشتری رطوبت را در خود ذخیره نماید و بعد از آن نمونه‌های حاوی آرد آمارانت از میزان سفتی بافت کمتری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد ارزن برخوردار بودند. در این خصوص Elgeti و همکاران (۲۰۱٤) بهبود حجم و بافت نان بدون گلوتن با استفاده از آرد کینوآی سفید را مورد بررسی قرار داده و عنوان نمودند با افزایش میزان آرد کینوآ در فرمولاسیون میزان سفتی بافت محصول کاهش می‌یابد [۳۵].

۳-۵- پذیرش کلی

حسی نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی نان قالبی بدون گلوتن نشان داد که استفاده از خمیرترش تهیه شده با آغازگرهای ترکیبی و آرد کینوآ در فرمولاسیون نان قالبی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

بدون گلوتن باعث افزایش معنی‌دار میزان امتیاز پذیرش‌کلی محصول نهایی و رضایت داوران چشایی گردید ($P<۰/۰۵$) (شکل ٤).

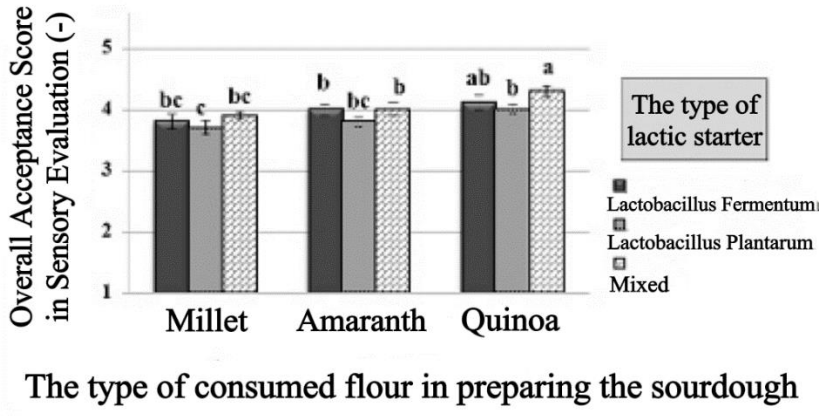

Fig 4. The effect of the type of flour and lactic starter in preparing the sourdough on the acceptance score of molded gluten free bread (Similar letters have no significant difference in *p<0/05* statically)

به طور کل امتیاز فرم و شکل محصول تولیدی از جانب ارزیابان حسی براساس پارامترهایی از قبیل متقارن یا نامتقارن، پارگی یا از بین رفتن قسمتی از نان (پوسته و مغز)، وجود هرگونه حفره یا فضای خالی (بروز پدیده تونلی شدن) و غیره تعیین می‌شود. در این خصوص ارزیابان عنوان داشتند به نمونه حاوی خمیرترش تهیه شده از آغازگر ترکیبی و آرد ارزن به دلیل یکنواختی بافت و متقارن بودن امتیاز بیشتری اختصاص دادند که با توجه به نتایج ارزیابی حجم مخصوص، تخلخل و سفتی بافت نمونه های نان قالبی بدون گلوتن دور از انتظار نبود. همچنین در ارزیابی حسی خصوصیات پوسته براساس سوختگی، غیر طبیعی بودن رنگ، چین و چروک و سطح غیر عادی بررسی می شود. در این خصوص ارزیاب عنوان داشتند به نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و آرد ارزن به دلیل ایجاد رنگ تیره و تا حدی چروکیده بودن امتیاز کمتری اختصاص دادند.

در امتیازدهی پوکی و تخلخل نمونه‌های تولیدی در ارزیابی حسی، حضور خلل و فرج غیرعادی و تراکم و فشردگی زیاد بافت به گونه‌ای که تخلخل مغز نمونه ها از دید مصرف‌کننده پنهان باشد، منجر به کسر امتیاز شد. در این بخش داوران چشایی اذعان داشتند که نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و آرد ارزن از حفرات نامنظم‌تری برخوردار بود ضمن اینکه این حفرات در کل بافت محصول به طور یکسان و یکنواخت پخش نشده بود و همین امر باعث گردید که نمونه مذکور از امتیاز پوکی و تخلخل برخوردار شود.

در آزمون حسی جهت امتیازدهی به بافت محصول، خمیری بودن و یا نرمی غیرعادی، سفت بودن، تردی و شکنندگی بیش از حد سبب کسر امتیاز می‌گردد. از این‌رو براساس نتایج به‌دست آمده از ارزیابی بافت طی هر سه بازه زمانی مورد ارزیابی، انتظار می‌رفت که داوران چشایی به نمونه نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی و آرد کینوا امتیاز بیشتری بدهند، زیرا این نمونه از سایر نمونه‌ها سفتی کمتری داشت.

یکی دیگر از پارامتر های مهم در ارز یابی حسی، طعم محصول نهایی می‌با شد و دارا بودن مزه و آرومای مطلوب در مقبولیت این محصول نقش کلیدی دارد. در این خصوص ارزیابان حسی عنوان داشتند نمونه نمونه تهیه شده از خمیرترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و آرد ارزن به دلیل بافت سفت‌تر طعم خوشایند کمتری را در دهان ایجاد می‌کرد و بنابراین به نمونه مذکور امتیاز کمتری اختصاص دادند و در نهایت از مجموع امتیازات خصوصیات حسی مشاهده گردید که استفاده از آغازگرهای ترکیبی و آرد کینوآ در فرمولاسیون نان قالبی بدون گلوتن باعث

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

افزایش معنی‌دار میزان امتیاز پذیرش‌کلی محصـــول گردید ($P<۰/۰۵$).

٦- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت بهبود خصوصیات کیفی محصولات صنایع نانوایی با استفاده از اصلاح روش تخمیر و حذف ترکیبات و افزودنی‌های شیمیایی از فرمولاسیون این دسته از مواد غذایی، تولید خمیرترش بدون گلوتن یکی از بهترین و کاربردی‌ترین روش‌ها در ارتقاء خصوصیات کیفی محصولات بدون گلوتن می‌باشد. بدین منظور از آرد غلات و شبه غلات با ارزش تغذیه‌ای بالا در کنار آغازگرهای متفاوت لاکتیکی استفاده شد و در نهایت نمونه نان قالبی بدون گلوتن تهیه شده از خمیرترش حاوی ترکیبی از دو آغازگر *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس* پلانتاروم و آرد کینوا به عنوان بهترین نمونه معرفی گردید.

٧- منابع

[1] Smith, M.D. (2002). Going against the grain, 121-125.

[2] Akbari, M.R., Mohammadkhania, A., Fakheri, H., Zahedi, M.J., Shahbazkhani, B., Nouraie, M., Sotoudeh, M., Shakeri, R., & Malekzadeh, R. (2006). Screening of the adult population in Iran for celiac disease: comparison of the tissue tranglutaminase antibody and anti- endomysial antibody tests. *European Journal of gastroenterology and Hepatology*, 18 (11), 1181-1186.

[3] Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24, 165-174.

[4] Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paletti, F., Russi, L., & Rossi, J. (2008). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48, 3044-3051.

[5] Gül, H., Zcelik, S., Sagdic, O., & Certel, M. (2005). Sourdough bread production with lactobacilli and *S.cerevisiae* isolated from sourdoughs. *Process Biochemistry*, 2005, 40: 691-697.

[6] Dennis, C., Westhoff, Et., William, A.L., & Frazier, C. (2013). *Food Microbiology*. 5Th Edition, Mc Graw Hill India Press.

[7] Iva, B., Marian, T., Jan, M., Ludek, H., Oldrich, F., Viera, S. (2017). The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science*, 75, 158-164.

[8] Azizi, S., Azizi, M.H., & Rajaei, P. (2021). Investigating and comparing the enzymatic activity of wheat, Quinoa and Amaranth. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 7(2), 110-120.

[9] Enriquez, N., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V., & Pollio, M.L. (2003). Characterization of wheat and quinoa flour blends in relation to their bread making quality. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 2003, 91, 47-54.

[10] Dini, I., Tenore, G.C., & Dini, A. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter Chenopodium quinoa seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 447-451.

[11] Brady, K., Ho, C.T., & Rosen, R.T. (2007). Effects of processing on the nutritional profile of quinoa. *Food Chemistry*, 100(3), 1209-1216.

[12] AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed, and *American Association of Cereal Chemists*. St. Paul, MN.

[13] Ranganayaki, S., Vidhya, R., & Jaganmohan, R. (2012). Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. *International Journal of Nutrition and Metabolism*, 4(10), 141-145.

[14] Jaldani, S., Nasehi, B., & Anvar, A. (2019). Formulation optimization of gluten-free cake based on rice, quinoa whole flour and portulaca oleracea powder using response surface methodology. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*, 13 (4), 117-127. http://nsft.sbmu.ac.ir/article-1-2450-fa.html (in Persian)

[15] Armero, E., & Collar, C. (1996). Antistaling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat dough. *Journal of Food Science*, 61(2), 299-303.

[16] Shahsavan Tabrizi, A., Ataye Salehi, E., & Sheikholesalami, Z. 2020. The effect of activated soy flour on the physicochemical, textural and sensory properties of pan bread. Journal of Food Researches, 30(3), 89-105 (in Persian)

[17] Robert, H., Gabriel, V., Lefebvre, D., Rabier, P., Vayssier, Y., & Faucher, C. (2006). Study of the behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc*

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

starters during a complete wheat sourdough bread making process. *LWT - Food Science and Technology*, 39, 256-265.

[18] Haralick, R.M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural Features for Image Classification. in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 3(6), 610-621.

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

[20] Korakli, A., Pavlovic, M., Michael, G., Ganzle, M., & Nudif, V. (2003). Exopolysaccharide and kestose production by *Lactobacillus sanfranciscensis* LTH2590. *Applied Environment Microbiology*, 69(4), 2073–2079.

[21] Fazel Tehrani Moghadam, M., Jalali, H., Mohammadi Nafchi, & A., Nouri, L. (2021). Investigating the possibility of producing celiac bread using Lactic Acid Corn sourdough using *Lactobacillus plantarum* At two levels of 5 and 10 %. *Journal of Food Science and Technology*, 18 (118), 213-222. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-47755-fa.html (in Persian)

[22] Shin, M., Gang, D., & Song, J. (2010). Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Technology and Biotechnology*, 19(4), 951–956.

[23] Omran, A.A., & Mahgoub, S.A. (2022). Quality evaluation of gluten-free flat bread prepared by using rice and millet flour. *British Food Journal*, 124(12), 4406-4419.

[24] Noorbakhsh, H., Yavarmanesh, M., Mortezavi, A., Moazzami, A., & Adibi, P. (2017). Comparison of the effects of sub-lethal stress on viability of Lactobacillus plantarum and Lactobacillus fermentum used as an adjunct culture in synbiotic yoghurt and digestion system. *Journal of Food Microbiology*, *4*(3), 55-67. (in Persian)

[25] Zhou, Y., Ouyang, B., Duan, M., Lv, X., & Zhou, X. (2022). Biological characteristics of the gluten-free sourdough system fermented by *Lactobacillus plantarum* ST-III and its effect on dough quality and nutritional value during freezing. *Food Chemistry*, 14: 100350.

[26] Wolter, A., Hager, A.S., Zannini, E., Czerny, M., & Arendt, E.K. (2014). Impact of sourdough fermented with *Lactobacillus plantarum* FST 1.7 on baking and sensory properties of gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 239: 1–12.

[27] Iranian National Standardization Organization. (2017). *Bulk breads- Specifications and test methods* (ISIRI Standard No. 2338). Retrieved from http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=49200 (in Persian).

[28] Zare, S., Naghipour, F., & Ghiassi Tarzi, B. (2021). Investigation on improvement of quantitative and qualitative properties of toast bread by sourdough containing kombucha beverage and soybean milk and *Lactobacillus fermentum* and *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Food Science and Technology*, 18(114), 209-223. http://fsct.modares.ac.ir/article-7-48292-fa.html (in Persian).

[29] Gallagher, E., Gormleya, T.R., and Arendt, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. *Food Science and Technology*, 15, 143-152.

[30] Ward, F.M., & Andon, S.A. (2002). Hydrocolloids as film formers, adhesives and gelling agents for bakery and cereal products. *Journal of Cereal Food World*, 47(2), 52-55.

[31] Diowksz, A., & Sadowska, A.(2021). Impact of sourdough and transglutaminase on gluten-free buckwheat bread quality. *Food Bioscience*, 43, 101309.

[32] Moroni, A.V., Dal Bello, F., Zannini, E., & Arendt, E.K. (2011). Impact of sourdough on buckwheat flour, batter and bread: Biochemical, rheological and textural insights. *Journal of Cereal Science*, 54, 195–202.

[33] Scarnato, L., Serrazanetti, D.I., Aloisi, I., Montanari, C., Del Duca, S., & Lanciotti, R. (2016). Combination of transglutaminase and sourdough on gluten-free flours to improve dough structure. *Amino Acids*, 48, 2453–2465.

[34] Ayoubi, A. (2018). Effect of flaxseed flour incorporation on physicochemical and sensorial attributes of cupcake. *Journal of Food Science and Technology*, 78(15), 217-228. (in Persian)

[35] Elgeti, D., Nordlohne, S.D., Föste, M., Besl, M., Linden, M.H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1), 41-7.

[36] Purlis, E., & Salvadori, V. (2009). Modeling the browning of bread during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.

[37] Boz, H., & Karaoglu, M.M. (2013). Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials. *Czech Journal of Food Science*, 31, 457–466.

[38] Zeleznak, K.J., & Hoseney, R.C. (1986). The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chemistry*, 63(5), 407-411.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Gluten free sourdough production by using millet, quinoa and amaranth flours and *Lactobacillus fermentum* and *Lactobacillus plantarum* starters

Roya Nouri[1], Alireza Faraji[2*], Fariba Naghipour[3]

1- M.Sc. Student of Food Sciences, Faculty of Advanced Sciences & Technology, Medical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Department of Organic Chemistry, Faculty of Medicinal Chemistry, Medical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2023/12/24
Accepted:2024/2/16

Keywords:

Starter,

Sourdough,

Gluten free,

Pseudo cereal.

DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90.

*Corresponding Author E-alireza_ch57@yahoo.com

ABSTRACT

Breads Produced by sourdough have a lighter texture and a higher quality of chewing. Due to the fact that sourdough prepared from wheat or rye flour cannot be used in the formulation of gluten-free products. Therefore, in the present study, millet, amaranth and quinoa flours and *Lactobacillus fermentum* and *Lactobacillus plantarum* starters were used individually and in combination in the sourdough formulation. Produced gluten-free sourdoughs were added to gluten-free bread dough in level of 10% and quantitative and qualitative characteristics of the produced bread samples were evaluated in a completely randomized design with factorial arrangement ($P \leq 0.05$). The results of evaluating the moisture content of the produced breads showed that two samples prepared from sourdough containing mixed starter and quinoa flour and the sample prepared from sourdough containing *Lactobacillus plantarum* starter and millet flour had the highest and lowest moisture content, respectively. Also, the samples containing sourdough prepared from quinoa flour had the highest amount of pH, acidity and organic acids. In the evaluation section of porosity and specific volume of the product, it was determined that the samples prepared from sourdough containing *Lactobacillus fermentum* starter and quinoa flour had the highest porosity and specific volume. Also, the texture evaluation results showed that the samples prepared from sourdough containing mixed starter and quinoa flour had the lowest hardness. On the other hand, the examination of the crust color values showed that the amount of L* and b* values increased by using sourdough prepared from quinoa flour in the gluten-free bread formulation. While the type of starter used had no significant effect on these values. At the end, by sensory evaluation, assigned the highest overall acceptance score to the sample prepared from sourdough containing mixed starter and quinoa flour.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.90]