(مقاله پژوهشی)

بررسی تأثیر استفاده از خمیرترش تهیه شده از آردهای گندم، چاودار و کینوآ بر خصوصیات کمی و کیفی نان تست

مهسا مرادی[۱]، فریبا نقی‌پور[۲*]، علیرضا فرجی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- استادیار، گروه آموزشی علوم و صنایع غذایی، واحد علوم دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش:۱۳۹۸/۰۲/۳۱

چکیده

میزان ضایعات نانوایی عمدتاً در نتیجه فرآیند تولید غیر اصولی و ناصحیح می‌باشد. از این‌رومحققان به منظور بهبود خصوصیات تکنولوژیکی و حسی انواع نان به خصوص نان‌های حجیم و نیمه حجیم راهکارهای متفاوتی ارائه نموده‌اند که یکی از مهم ترین موارد آن، کاربرد خمیرترش در این محصول استراتژیک می‌باشد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از آرد گندم، چاودار و کینوآ در تهیه خمیرترش طی زمان‌های مختلف تخمیر(۴، ۸ و ۱۲ ساعت) و ارزیابی تأثیر خمیرترش تولیدی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان تست در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل بود ($P\leq ۰/۰۵$). نتایج نشان داد که کم ترین میزان pH و بیشترین میزان رطوبت، اسیدیته، اسیدهای آلی (اسید استیک و اسید لاکتیک)، حجم مخصوص، خلل و فرج و نرمی بافت در نمونه‌های نان تهیه شده از خمیرترش آرد چاودار که به مدت ۱۲ ساعت تخمیر شده بود، مشاهده گردید. با ارزیابی خصوصیات رنگی مغز نمونه‌های نان تست نیز ملاحظه گردید که میزان مؤلفه L^* و a^* به‌ترتیب در نان تهیه شده از خمیرترش گندم و کینوآ بیشترین بود. این در حالی بود که با افزایش مدت زمان تخمیر میزان مؤلفه L^* و a^*در نان، به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در نهایت با ارزیابی خصوصیات حسی، داوران چشایی عنوان کردند که دو نمونه نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد گندم و آرد دانه چاودار با مدت زمان تخمیر۱۲ ساعت از بیشترین میزان مقبولیت حسی برخوردار بود. از این‌رو به طور کلی می‌توان گفت که به منظور تولید نان‌های حجیم و نیمه‌حجیم می‌توان از خمیرترش آرد چاودار استفاده نمود که ضمن بهبود ارزش تغذیه‌ای، سبب ارتقاء خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی محصول نهایی نیز می‌گردد.

واژه های کلیدی: خمیرترش، گندم، چاودار، کینوآ، زمان تخمیر.

*مسؤول مکاتبات: faribanaghipour@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از مراحل اصلی آماده کردن خمیر جهت تولید نان، عمل آوردن، رسیدن و یا ورآمدن خمیر است. در طی این مرحله شبکه گلوتن در خمیر تشکیل شده و خمیر الاستیسیته و قابلیت اتساع لازم را به دست می‌آورد. اغلب نان‌های مسطح محصولاتی هستند که با تخمیرکننده‌های میکروبیولوژیکی، یعنی با خمیرترش که در همه جا به‌کار می‌رود، تولید می‌شوند. هرچند که مصرف مخمر نانوایی ساکارومایسس سرویزیه[1] به دلیل 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 مصرف کنندگان 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[2] توسط جنس لاکتوباسیلوس[3] می‌باشد (۴، ۶ و ۱۰). 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 می‌شود، ویژگی‌های خمیربهبود می‌یابد 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 می‌شود. طبق تعریف، خمیر تخمیر شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر، خمیرترش نامیده می‌شود (۶). در یک خمیرترش مناسب جهت استفاده، تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک فعال باید 10^{9} (cfu/gr) - 10^{8}و تعداد مخمرهای زنده باید 10^{7} (cfu/gr) - 10^{6}باشد (۳۹).در همین راستا خومیریو همکاران (۲۰۱۶)، اثر خمیرترش را بر کیفیت نان بربری بررسی کردند و عنوان داشتند که خمیرترش، موجب افزایش تخلخل به اندازه ۴۲ درصد در محصول نهایی گردیده و بیاتی به تعویق افتاد(۲۹). همچنین صادقی و عابدفر (۱۳۹۵) در مطالعه خود با بررسی زمان تخمیر (۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت) خمیرترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی (لاکتوباسیلوس پلانتاروم) بر کیفیت نان بربری تولیدی، گزارش نمودند که کمترین میزان سفتی بافت پس از ۹۶ ساعت نگهداری مربوط به نان فرآوری شده با خمیرترش حاصل از تخمیر ۲۴ ساعت بود (۸). شایان ذکر است که 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. از لحاظ ترکیب شیمیایی دانه چاودار با گندم نرم تفاوت چندانی ندارد به استثنای میزان پنتوزان‌های محلول که در آرد چاودار بیشتر می‌باشد. از سوی دیگر میزان پروتئین در آرد چاودار مشابه میزان پروتئین در آرد گندم ضعیف است(۱۷ و ۲۸). علاوه بر این نسبت بالایی از پروتئین‌های محلول در آب و نمک، هم چنین محلول در الکل و اسید استیک در آرد چاودار یافت می‌شود و خمیر تهیه شده از آرد چاودار و یا ترکیبی از آرد چاودار و گندم، الاستیسیته کمتر و قابلیت جریان بهتری نسبت به خمیر حاوی آرد گندم دارد (۳) به‌طوری که روچا و زاور مالکاتا (۲۰۱۲) با بررسی اثر آرد ذرت و چاودار به همراه خمیرترش در فرمولاسیون نوعی نان سنتی، بهبود بافت و خصوصیات حسی نان از جمله عطر و طعم را گزارش نمودند. ضمن آن که مدت زمان ماندگاری نان حاوی خمیرترش به لحاظ ممانعت از فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزایش یافت(۳۸). همچنین می‌توان از شبه غلات نیز به‌عنوان ماده مغذی در رشد میکروارگانیسم‌های خمیرترش استفاده نمود.شبه غلات از خانواده گندمیان نیستند ولی شباهت زیادی به غلات دارند. در سال‌های اخیر

1 -Sacar
2 -Lactat
3 -Lactobacillus

کینوآ *(Chenopodium quinoaq)* به‌عنوان یکی ازگیاهان جدید مطرح شد ولی هنوز سازگاری کاملی با سیستم‌های زراعی پیدا نکرده است. لذا این گیاه با وجود ارزش غذایی بسیار بالایی که دارد، هنوز در حاشیه می‌باشد. به دلیل بالا بودن ارزش غذایی این ترکیبات و سازگاری این ترکیبات با شرایط آب و هوایی نامناسب و خشکی، زمینه‌های لازم برای انجام تحقیقات گسترده روی این گیاه در جهان مهیا می‌باشد. گیاه کینوآ یکی از گیاهانی که تحت شرایط خشک و کم آب محصول می‌دهد. این دانه دارای ارزش غذایی بالایی می‌باشد و سازمان خوار و بار آن را با شیر مقایسه نموده است. سازمان ملل متحد نیز سال ۲۰۱۳ را به نام سال بین‌المللی محصول کینوآ نام‌گذاری کرد تا توجه جهانیان را به این ماده غذایی جلب کند (۲۳). کیفیت این گیاه بالاتر از غلات دانه‌ای می‌باشد و از نظر تعادل آمینواسیدها بسیار مطلوب می‌باشد (۲۲). میزان اسید آمینه 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(۱۶ و ۲۱).

از این‌رو در پژوهش حاضر از آرد گندم، آرد چاودار و آرد کینوآ به عنوان سوبسترای اصلی برای رشد میکروارگانیسم‌های موجود در خمیرترش طی بازه‌های زمانی مختلف تخمیر استفاده شد و تأثیر آن بر خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان تست مورد مطالعه قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ۸۲ درصداز کارخانه صنایع غذایی ارس مهر (البرز، ایران)، دانه کینوآ سیاه از شرکت کیان فود (تهران، ایران) ودانه چاودار از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج، تهران) تهیه گردید و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بهبود دهنده نان تست با نام تجاری ۵-۰ و ۴-۰ از شرکت سحر (تهران، ایران)، سویه *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* ۱۷۴۴ از مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و خمیرمایه تازه (*ساکارومایسس سرویزیه*) از کارخانه خمیرمایه رضوی نگهداری گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آسیاب نمودن دانه چاودار و کینوآ

دانه‌های چاودار 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 شدند و به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش ۱۰۰ عبور داده شدند.

۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم، چاودار و کینوآ

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم، چاودار و کینوآ نظیر میزان رطوبت، پروتئین، خاکستر، چربی و گلوتن مرطوب بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده توسط شیمی‌دانان آمریکا (AACC[1] (۲۰۰۰)) اندازه‌گیری شد (۱۴).

۲-۲-۳- تهیه خمیرترش

به منظور تهیه خمیرترش ابتدا ۱۵۰ گرم از هر کدام از آرد گندم، چاودار و کینوآ به صورت جداگانه با ۱۲۵ میلی‌لیتر آب مخلوط شد. در ادامه ۸ گرم مخمر *ساکارومیس سروزیه* و۱۰ گرم شکر به مخلوط فوق اضافه گردید. سپس ۱۶۲ میلی‌لیتر از محلول که حاوی 10^5 cfu/gr باکتری لاکتوباسیلوس فرمنتوم بود، به مخلوط فوق اضافه شده و به مدت زمان ۴، ۸ و ۱۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد تا خمیرترش آماده شود و در نهایت در فرمولاسیون نان تست اضافه گردد. شایان ذکر است که سوسپانسیون باکتری از طریق فعال‌سازی و تأثیر کشت آغازگر در محیط MRS مایع[2] در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گرادو به مدت زمان ۲۴ ساعت تهیه شده، پس از رشد باکتری‌ها، سلول‌ها با استفاده از سانتریفوژ جدا

1-American Association of Cereal Chemists (AACC)
2-Lactobacilli MRS Broth

گردیدند. همچنین برای استاندارد کردن تعداد سلول‌ها از روش مک فارلند استفاده شد (۱۰).

۲-۲-٤- روش تهیه نان تست

فرمولاسیون خمیر نان تست حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم، ۶ درصد روغن، ۵ درصد شکر، ۱/۵ درصد نمک، ۱۰ درصد خمیرترش، ۱ درصد بهبوددهنده ۰-۴، ۰/۲ درصد بهبود دهنده ۰-۵ و ۶۰-۵۰ درصد آب بود.جهت تهیه نان تست در ابتدا کلیه مواد خشک در مخزن همزن (Disona، ساخت کشور آلمان) ریخته شد و به مدت یک دقیقه با دور کند دستگاه با هم مخلوط شدند. سپس آب و خمیرترش به مخلوط اضافه گردید و عمل هم زدن به مدت۲ دقیقه در همین سرعت ادامه یافت. در انتها روغن اضافه گردید و مخلوط‌کردن با دور تند دستگاه به منظور تولید خمیر یکدست انجام شد و در نهایت خمیر تولیدی به منظور سپری نمودن زمان تخمیر اولیه به مدت ۱۰ دقیقه به صورت توده روی میز کار قرار گرفت. در مرحله بعد چانه‌هایی با وزن ۵۰۰ گرم تهیه گردید و چانه‌ها به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق قرار گرفتند تا زمان تخمیر میانی سپری گردد. سپس هریک از چانه‌ها درون قالب‌های نان تست قرار گرفتند و درب آن‌ها نیز بسته شد. قالب‌های حاوی خمیر به منظور سپری شدن زمان تخمیر نهایی به گرمخانه(Miwe، ساخت کشور آلمان)در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۸۰ درصد و به مدت ۱ ساعت انتقال یافت و در انتها عمل پخت در فر با جریان هوای داغ (Miwe، ساخت کشور آلمان)در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گرادو به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد و پس از خارج نمودن از فر در دمای محیط سرد و از قالب خارج گردید و تا زمان انجام آزمون‌های کمی و کیفی دورن کیسه‌هایی از جنس پلی‌اتیلن بسته‌بندی‌شدند (۱۰ و ۱۱).

۲-۲-۵- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان تست

۲-۲-۵-۱-رطوبت

جهت انجام این آزمایشاز استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۱۶-۴۴ استفاده گردید(۱۴).

pH و اسیدیته: میزان pH نمونه‌های نان تست تولیدی توسط یکpHمترمطابق با استاندارد ملی ایران اندازگیری شد (۱۳). برای تعیین اسیدیته قابل تیتر نمونه‌های نان تست تولیدی (بر حسب اسید لاکتیک) نیز 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 (۱۴).

۲-۲-۵-۲-اسیدهای آلی

ارزیابی میزان اسیدهای آلی نظیر اسید لاکتیک و اسید استیک با استفاده از کروماتوگرافی گازی انجام شد. بدین منظور ۱ گرم از نمونه همگن شده به ۵ میلی‌لیتر آب اضافه گردید. در ادامه محلول فوق‌الذکر را سانتریفوژ نموده و قسمت فوقانی را همزمان با نمونه‌های استاندارد اسیدهایی که در بالا به آن‌ها اشاره گردید، با سرنگ به ستون کروماتوگرافی (۳۰ متر در ۰/۲۵ میلی‌متر) تزریق شد. همچنیندمای قسمت تزریق ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد بود(۱۰).

۲-۲-۵-۳-حجم مخصوص و تخلخل

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه مطابق با استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد (۱۴).علاوه بر این به منظور ارزیابی میزان تخلخل با استفاده چاقوی اره‌ای برش عرضی از نان تهیه و عکس آن به‌وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) گرفته شد. در ادامه تخلخل با استفاده از نرم‌افزار ImageJ و محاسبه نسبت نقاط روشن به نقاط تیره که شاخصی از میزان تخلخل بود، اندازه‌گیری گردید (۲۷).

۲-۲-۵-٤-سفتی بافت

ارزیابی بافت نان تست در فاصله زمانی دو ساعت و یک هفته پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Texture Pro CT r1.8 Build31) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید (۳۵).

۲-۲-۵-۵-رنگ مغز

آنالیز رنگ مغز نان از طریق تعیین سه شاخص*L، *aو *b صورت پذیرفت. شاخص *L معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص *a میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص *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. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۴ در ۴ سانتی‌متر از قسمت داخلی نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (۴۱).

۲-۲-۵-۶-آزمون خصوصیات حسی

به منظور انجام ارزیابی حسی ۱۰ داور از بین افراد آموزش دیده مطابق با آزمون مثلثی و روش گاسولا و سینگ (۱۹۸۴) انتخاب گردیدند و سپس خصوصیات حسی نان (بو، طعم و مزه، فرم و شکل، قابلیت جویدن و رنگ) مورد ارزیابی قرار گرفت. ضریب ارزیابی صفات از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) بود. مجموع نتایج ارزیابی حسی به صورت پذیرش کلی اعلام گردید (۲۴).

۲-۲-۶- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ 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 (گندم، چاودار و کینوآ) و عامل دوم مدت زمان تخمیر خمیرترش (۴، ۸ و ۱۲ ساعت) بود، استفاده گردید. نمونه‌های نان تست 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 Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردهای مورد استفاده در تحقیق

نتایج حاصل از آزمون‌های انجام شده آرد گندم، چاودار و کینوآ مورد استفاده در فرمولاسیون خمیرترش و نان تست در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رفت آرد کینوآ از میزان پروتئین بالاتری نسبت به دو آرد دیگر برخوردار بود این در حالی است که پروتئین‌های موجود در دانه کینوآ و آرد چاودار از نوع پروتئین‌های گلوتنی نمی‌باشند. همچنین هر دو نوع آرد چاودار و کینوآ به دلیل آن که به صورت کامل مورد استفاده قرار گرفتند از میزان چربی و خاکستر بالاتری نسبت به آرد گندم برخوردارند.

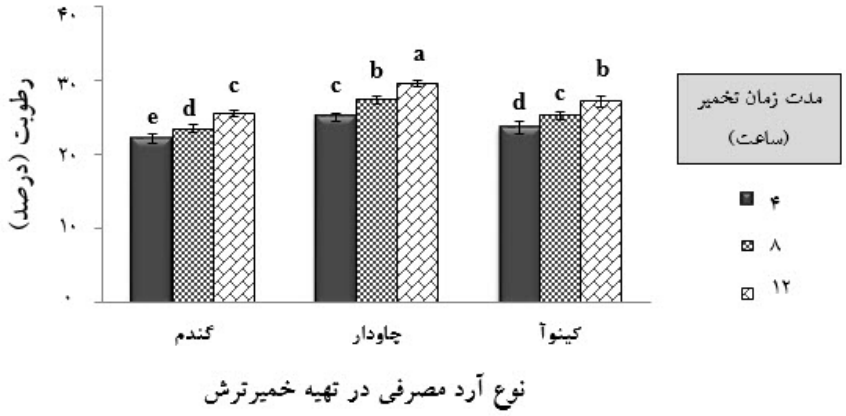
جدول۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم، چاودار و کینوآ مورد استفاده در فرمولاسیون خمیرترش

نوع آزمون	آرد گندم	آرد چاودار	آرد کینوآ
رطوبت (درصد)	۱۲/۸	۹/۷	۱۰/۲
پروتئین (درصد)	۱۲/۳	۱۲/۰	۱٤/٦
خاکستر (درصد)	۰/۵۹	۲/٤۹	۲/۱۷
چربی (درصد)	۰/۳۲	۲/۱۰	۱/۳۲
گلوتن مرطوب (درصد)	۲۸/٤	-	-

۳-۲- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی نان تست

۳-۲-۱- رطوبت نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر میزان رطوبت نان تست در شکل۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، نمونه‌های نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد چاودار میزانرطوبت بیشتری نسبت نان حاوی آرد گندم و کینوآ داشتند ($P\leq$۰/۰۵) که این امر به احتمال زیاد به دلیل وجود پنتوزان‌ها به خصوص پنتوزان‌های محلول درآب در آرد دانه چاودار می‌باشد که تأثیر زیادی بر روی جذب آب دارد(۳۴). از سوی دیگر افزایش جذب آب به دلیل حضورتعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل موجود درمولکول‌های فیبراست که اجازه تعامل بیشتر به آب از طریق پیوندهای هیدروژنی را می‌دهد (۲۵). همچنین با افزایش مدت زمان تخمیر، میزان رطوبت به طور معنی‌داری افزایش یافت. با توجه به این که تعدادی از باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند با تولید پلی ساکارید خارج سلولی[1]از قبیل دکستران،گزانتان،گلوکان، فروکتان و لوان، جذب آب را افزایش دهند و ازانتقال رطوبت مغزنان به سمت پوسته جلوگیری کنند. در واقع علت افزایش میزان رطوبت در نمونه‌های نان تست حاوی خمیرترش را می‌توان تولید این ترکیبات دانست. این ترکیبات اثرقابل توجهی برروی حجم و زمان ماندگاری نان دارند (۳۹).از سوی دیگر با افزایش مدت زمان تخمیر میزان تولید ترکیباتی که در بالا به آن‌ها اشاره شد، افزایش می‌یابد که این امر خود سبب افزایش میزان جذب رطوبت در محصول نهایی می‌گردد. شایان ذکر است که با افزایش مدت زمان تخمیر جذب آب و تورم اجزای موجود در آرد به‌صورت کامل انجام می‌شود که این امر نیز به نوبه خود در جلوگیری از خروج رطوبت تاثرگذاز خواهد بود



شکل ۱-اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان رطوبت نان تست (مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($P\leq$۰۵/))

1-Extracellular polysaccharides (EPS)

۳-۲-۲-pH نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر میزان pH نان تست در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد چاودار میزان pH کمتری نسبت به نمونه‌های نان تست حاوی آرد گندم و کینوآ داشتند (P≤۰/۰۵). این امر به احتمال زیاد به دلیل فعالیت بالاتر باکتری‌های اسید لاکتیک در نمونه خمیرترش حاوی آرد چاودار به دلیل حضور قندهای ساده‌تر می‌باشد. در واقع اهمیت باکتری‌های خمیرترش در این است که می‌توانند کربوهیدرات‌های موجود در آرد و همچنین فرآورده تخمیر شده پروتئین را برای متابولیسم خود به‌عنوان منبع کربن و ازت مصرف نمایند و تولید اسید نمایند که این اسیدهای تولیدشده در طی این فرآیند در افزایش اسیدیته و کاهش pH مؤثرند (۳۱). از سوی دیگر با افزایش زمان تخمیر،میزان PH به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (P≤۰/۰۵).در واقع می‌توان گفت که باافزایش زمان تخمیر، میکروارگانیسم‌های موجود درخمیرترش و مخمر ساکارومایسس سرویزیه رشدو تکثیر بیشتری می‌یابند و با اسیدی کردن بیشترمحیط pH، کاهش می‌یابد (۴). همچنین شایان ذکر است که بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۳۸، میزان pH نان سفید می‌بایست ۶-۵ باشد (۱۲). نتایج این پژوهش نشان داد که میزان pH تمامی تیمارها در محدوده مجاز قرار داشت، از این‌رو می‌توان بیان کرد که نمونه‌های تولیدی به لحاظ طعم اسیدی مورد پسند داوران چشایی خواهد بود.از سوی دیگر در بسیاری از منابع به کاهش میزان pH در اثر افزودن خمیرترش اشاره شده است، در همین راستا پیغمبردوست و همکاران (۱۳۹۰) اثر خمیرترش را بر روی ویژگی‌های حسی و ماندگاری نان قالبی مورد بررسی قرار دادند و بیان نمودند افزودن خمیرترش منجر به کاهش pH خمیر و نان حاصله شد (۳). خراسانچی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی استفاده از لاکتوباسیلوس پلانتاروم روتری به عنوان آغازگر در تهیه خمیرترش پرداختند. نتایج این محققان نشان داد که نمونه نان‌های بدون خمیرترش pH بالاتری از نان‌های حاصل از خمیرترش داشتند (۵).

جدول ۲- اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان pH، اسیدیته و اسیدهای آلی نان تست

نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش	زمان تخمیر (ساعت)	pH (-)	اسیدیته (درصد)	اسید لاکتیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	اسید استیک (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)
گندم	٤	۵/٦±۰/۰۳^{b}	۰/۱۱±۰/۰۰۲^{e}	٤٤۰±٦/۱۷^{c}	۱۲±۰/۲^{d}
	۸	۵/۵±۰/۰۲^{c}	۰/۱۹±۰/۰۰۵^{c}	٤۵۵±۳/۱۱^{bc}	۱۳±۰/۱^{c}
	۱۲	۵/۳±۰/۰۰^{de}	۰/۲۱±۰/۰۰٦^{bc}	٤۹۵±۷/۸۰^{ab}	۱۵±۰/۳^{bc}
چاودار	٤	۵/٤±۰/۰٤^{d}	۰/۱٦±۰/۰۰٤^{d}	٤۸۰±٤/۱۷^{b}	۱٤±۰/۲^{c}
	۸	۵/۲±۰/۰۳^{e}	۰/۲۳±۰/۰۰۵^{b}	۵۰۰±۵/۱٦^{ab}	۱٦±۰/۰^{b}
	۱۲	۵/۰±۰/۰۳^{f}	۰/۲۵±۰/۰۰٦^{a}	۵۲۵±٤/۱۲^{a}	۱۸±۰/۱^{a}
کینوآ	٤	۵/۷±۰/۰٤^{a}	۰/۱۲±۰/۰۰۷^{e}	٤۱۰±۵/۱۸^{d}	۱۰±۰/۳^{e}
	۸	۵/٦±۰/۰٤^{b}	۰/۱۹±۰/۰۰۵^{c}	٤۵۰±۷/۸۱^{bc}	۱۲±۰/٤^{d}
	۱۲	۵/۵±۰/۰۵^{c}	۰/۲۲±۰/۰۰٦^{bc}	٤۷۵±۵/۰۵^{b}	۱٤±۰/۲^{c}

(مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند(P≤۰/۰۵))

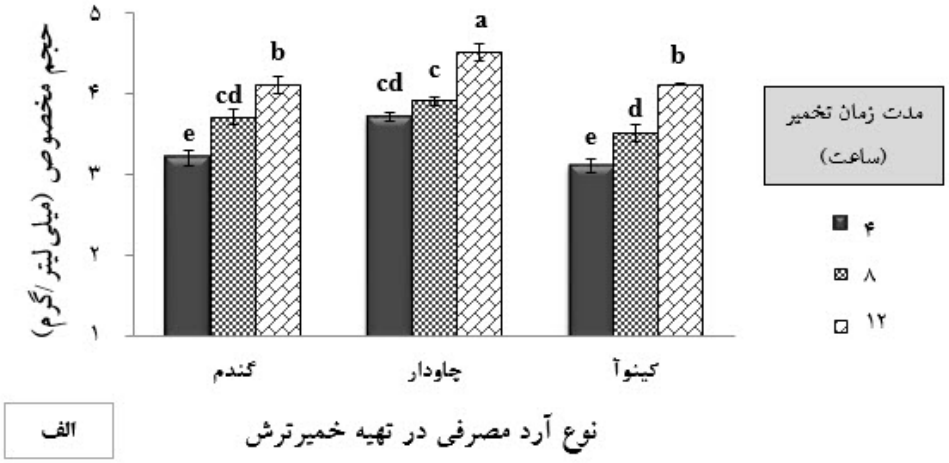
۳-۲-۳- اسیدیته و اسیدهای آلی نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر میزان اسیدیته، اسید لاکتیک و اسید استیک موجود در نان تست در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد چاودار میزان اسیدیته و اسیدهای آلی بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی آرد گندم و کینوآ داشتند ($P\leq ۰/۰۵$) که این امر به احتمال زیاد به‌دلیل وجود ترکیبات قندی مناسب به منظور استفاده باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر می‌باشد. در همین راستا محققان گزارش نمودند که آرد چاودار در مقایسه با گندم نرم‌تر می‌باشد (۳۴). علاوه بر این در پژوهش حاضر از آرد دانه چاودار به صورت کامل در فرمولاسیون استفاده گردید که نشان می‌دهد یک سوبسترای کامل برای رشد میکروارگانیسم‌های موجود در خمیرترش می‌باشد. همچنین میزان منبع کربن در دسترس این میکروارگانیسم‌ها نیز در فرایند ترش شدن خمیر مؤثر خواهد بود.از سوی دیگر با افزایش مدت زمان تخمیر، میزان اسید لاکتیک به طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری که بیشترین میزان این پارامترها در نمونه نان تست حاوی خمیرترش تخمیر شده به مدت زمان ۱۲ ساعت مشاهده گردید ($P\leq ۰/۰۵$). در واقع مخمرها به دلیل توانایی مصرف مواد قندی موجود در خمیر نان، اسیدهای مختلفی تولید کرده و pH خمیر را پایین می‌آورند و به خمیر حالت اسیدی می‌دهند (۳۱). همچنین باکتری‌های موجود در خمیرترش می‌توانند کربوهیدرات‌های موجود درآرد را برای متابولیسم خود به عنوان منبع کربن مصرف نمایند و بدین طریق اسیدلاکتیک واسیداستیک راکه برای فرم پذیری و مراحل تهیه خمیر وپخت مؤثرند به وجود آورند (۱۸ و ۳۰) که موجب افزایش میزان اسیدیته در محصول نهایی گردند. نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر با نتایج سایر محققین مشابهت داشت. نتایج تحقیق بلوریان و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد با افزایش زمان تخمیر خمیرترش در فرمول خمیر، اسیدیته نان افزایش یافت (۱). سرافراز و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی تأثیر مدت زمان، درجه حرارت و بازدهی تخمیر بر ویژگی‌های اسیدی شدن خمیرترش مایع، بیان نمودند که با افزایش مدت زمان تخمیر، تولید اسید لاکتیک و اسیدیته بیشتر شد و مدت زمان تخمیر مهمترین عامل بر اسیدی شدن بود(۷). فرجی و همکاران(۱۳۹۶) از باکتری *لاکتوباسیلوس فرمانتوم* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* به صورت تک و ترکیبی در خمیرترش فرمولاسیون نان تست حاوی آرد چاودار، استفاده کردند. نتایج نشان داد با حضور خمیرترش دربین مواد اولیه نان تست، میزان اسیدلاکتیک و اسید استیک افزایش یافت (۱۰).

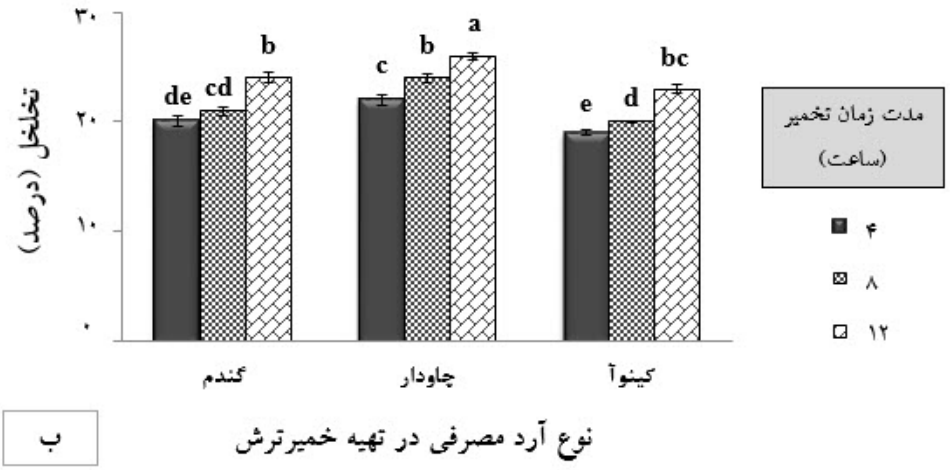
۳-۲-٤-حجم مخصوص و تخلخل نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر میزان حجم مخصوص و تخلخل نان تست در شکل ۲ (الف و ب) نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ملاحظه می‌گردد نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد چاودار میزانحجم مخصوص و تخلخل بیشتری نسبت به نان تست‌های حاوی آرد گندم و کینوآ داشتند ($P\leq ۰/۰۵$). این در حالی بود که بین میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد گندم و کینوآ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. علت این امرمی‌تواند مربوط به تأثیرتولید اسید و اصلاح فرم‌پذیری خمیردر نمونه‌های حاوی آرد چاودار نسبت به دو نمونه دیگرباشد. بدین معنی که با تولید اسید خاصیت الاستیسیته وکشسانی خمیر بهبود یافته و نگهداری سلول‌های گازی تولید شده توسط مخمررا بهبود بخشیده که به موجب این امرتعداد حبابچه‌های هوای بیشتری در بافت خمیردر هنگام ورود به فر وجود داشته است. ازاین رو این حباب‌های هوا درطی فرایند پخت در اثر افزایش دما منبسط شده و حجم مطلوبی را درنمونه‌های تولیدی ایجاد نموده‌اند (۱۰). بهبود حجم نان‌های خمیرترش ممکن است تا اندازه‌ای به واسطه محلول آرابین و زیلان‌ها و تولید اگزوپلی‌ساکاریدها باشد (۱۹). همچنین تخمیر کنترل شده آرد کامل غلات سبب بهبود حجم نان نیز می‌گردد (۳۰).از سوی دیگر شایان ذکر است که آرد چاودار به تنهایی فاقد خاصیت انعطاف‌پذیری بوده و قابلیت نگهداری

گاز در آن به مراتب کمتر از آرد گندم می‌باشد (۹) ولی ذکر این نکته ضروری است که در پژوهش حاضر از آرد چاودار تنها به‌عنوان ماده اولیه در تهیه خمیرترش استفاده گردید و آرد مورد استفاده در تهیه نمونه‌های نان تست آرد گندم بود. همچنین با افزایش زمان تخمیر از ۴ تا ۸ ساعت، میزان حجم مخصوص تفاوت معنی‌دار نداشت اما با افزایش زمان تخمیر تا ۱۲ ساعت میزان حجم مخصوص و همچنین تخلخل بافت به‌طور معنی‌دار افزایش یافت ($P\leq ۰/۰۵$). به‌طور کلی خمیرترش نقش خود را در نان از طریق سه عمل اصلی تولید اسید، گاز دی‌اکسیدکربن و مواد مولد عطر و مزه ایفا می‌کند. اسید توسط باکتری‌های لاکتیکی تولید می‌شود و پوکی بر اثر فعالیت مخمر خمیر به‌وجود می‌آید. این در حالی است که در تشکیل مواد معطر نان باکتری‌ها و مخمر تواماً دخالت دارند (۳۲). در واقع باتوجه به اینکه تعدادی ازباکتری‌های لاکتیکی می‌توانند با تولیدپلی‌ساکاریدخارج سلولی جذب آب راافزایش دهند و ازانتقال رطوبت مغزنان به سمت پوسته جلوگیری کنند و اثرقابل توجهی بر روی حجم و تخلخل نان نیز دارند (۴۰). همچنین براساس یافته‌های محققین مختلف، درنان فرآوری شده با خمیرترش، تولید اسید لاکتیک است که سبب افزایش میزان تخلخل، غیرفعال‌سازی آنزیم آلفاآمیلاز و افزایش نرمی بافت نان می‌گردد (۳۲). کاتینا و همکاران (۲۰۰۶) نیز اثر خمیرترش را در فرمولاسیون نان حاوی سطوح بالای فیبر مورد بررسی قرار دادند. این محققین در مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که استفاده از خمیرترش توانست میزان حجم نمونه‌های تولیدی را نسبت به نمونه کنترل (نمونه فاقد خمیرترش و حاوی سطوح بالای فیبر) بهبود بخشد که نتایج پژوهش حاضر نیز گواهی بر این امرست (۳۲). علاوه بر این تویوساکی (۲۰۰۷) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافت که کاربرد خمیرترش در فرمولاسیون محصولات نانوایی ضمن اینکه تعداد سلول‌های گازی در بافت محصول را افزایش داد سبب پخش یکنواخت حباب‌های هوا در آن شد که امر در افزایش حجم و تخلخل بافت محصول نهایی نقش داشت (۴۳).



الف



شکل ۲- اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان حجم مخصوص (الف) و تخلخل (ب) بافت نان تست

(مقادیر دارای حروف مشابه در هر شکل در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($P\leq ۰/۰۵$))

۳-۲-۵- مؤلفه‌های رنگی مغز نان

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر میزان مؤلفه‌های رنگی مغز نان تست در جدول ۳ نشان داده شده است.همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد نمونه‌های نان حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد دانه کینوآ از میزان مؤلفه L^* کمتر و مؤلفه a^* بیشتر نسبت به آرد گندم و چاودار برخوردار بودند. از سوی دیگر بین میانگین مؤلفه رنگی L^* مغز نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ و چاودار اختلاف معنی‌دار وجود نداشت که این امر در خصوص حضور رنگدانه‌های موجود در این دو نوع آرد می‌باشد که به مراتب بیشتر از آرد گندم ستاره می‌باشد. از سوی دیگر با افزایش مدت زمان تخمیر، میزان مؤلفه رنگی L^* مغز نان به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P\leq ۰/۰۵$) که این امر با توجه به نتایج به‌دست آمده از ارزیابی میزان اسیدهای آلی دور از ذهن نبود. در واقع تولید ترکیبات اسیدی در بافت محصول نهایی سبب روشنایی بافت داخلی (افزایش‌مؤلفه L^*) خواهد شد. همچنین بهبود میزان تخلخل و حجم مخصوص با افزایش مدت زمان تخمیر نیز خود عامل دیگری در عدم تراکم بافت و در نتیجه انعکاس بیشتر نور از سطح محصول و افزایش مؤلفه L^* می‌باشد (۳۶) .با توجه به جدول ۳ مشاهده گردید نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد دانه کینوآ از بیشترین میزان قرمزی نسبت به دو نمونه دیگر برخوردار بودند. که این امر به دلیلی حضور ترکیبات پروتئینی در این دانه و تشدید واکنش قهوه‌ای شدن مایلارد می‌باشد. در واقع با توجه به نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی انواع آرد مورد استفاده در پژوهش حاضر، آرد دانه کینوآ بیشترین میزان پروتئین را نسبت به دو آرد دیگر برخوردار است که با تسریع واکنش مایلارد در فرایند پخت با افزایش مقدار ترکیبات مذکورازروشنایی نان کاسته شده و مقادیر قرمزی افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که رنگ نمونه حاوی آرد گندم به دلیل وقوع کمترین میزان واکنش مایلارد وکاراملیزاسیون از بیشترین مقداراروشنایی (مؤلفه L^*) و کمترین میزان قرمزی (مؤلفه a^*) برخوردار بود. از سوی دیگر ملاحظه گردید که با افزایش مدت زمان تخمیر از ۴ به ۱۲ ساعت میزان مؤلفه a^* مغز نمونه‌های نان تست حاوی خمیرترش کاهش یافت که امر به دلیل استفاده ترکیبات قندی موجود در خمیر توسط میکروارگانیسم‌های خمیرترش می‌باشد که در واقع سبب کاهش رخ دادن واکنش‌های قهوه‌ای شدن نظیر مایلارد و کاراملیزاسیون می‌گردد (۴ و ۲۲). شایان ذکر است که نوع آرد مصرفی و مدت زمان تخمیر خمیرترش تأثیر معنی‌داری بر میزان مؤلفه b^* مغز نمونه‌های نان تست نداشتند.

جدول ۳- اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان مؤلفه‌های رنگی مغز نان تست

نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش	زمان تخمیر (ساعت)	رنگ مغز (-)		
		L*	a*	b*^{ns}
گندم	٤	٥٩/١±١/١^{c}	٢/٤٢±٠/٠٦^{d}	٩/٨١±٠/١٣
	٨	٦٤/٨±١/٠^{b}	٢/٠٠±٠/٠٥^{de}	٩/٧٠±٠/١١
	١٢	٧٢/٣±١/١^{a}	١/٧١±٠/١٠^{e}	٩/٥٩±٠/٢١
چاودار	٤	٤٦/١±٠/٩^{e}	٣/٨٠±٠/٠٠^{b}	٩/٨٠±٠/٠٨
	٨	٤٩/٥±٠/٨^{de}	٣/٥٢±٠/٠٦^{bc}	٩/٦٦±٠/١١
	١٢	٥٢/٧±١/٠^{d}	٣/١١±٠/٠٧^{a}	٩/٦٣±٠/١٥
کینوآ	٤	٤٦/١±٠/٨^{e}	٤/٥٠±٠/٠٧^{a}	٩/٥٧±٠/٣٢
	٨	٤٩/٠±٠/٧^{de}	٤/٢١±٠/٠٥^{ab}	٩/٧١±٠/١٧
	١٢	٥٤/٤±٠/٨^{d}	٣/٦٠±٠/٠٦^{bc}	٩/٧١±٠/٢١

(مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($P\leq ۰/۰۵$))

(ns: اختلاف معنی‌داری در سطح $P\leq ۰/۰۵$ مشاهده نگردید)

۳-۲-٦-سفتی بافت

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش، مدت زمان تخمیر آن و مدت زمان نگهداری محصول نهایی بر میزان سفتی بافت نان تست طی بازه زمانی ۲ و ۷۲ ساعت پس از پخت در جدول ۴نشان داده شده است.همان‌گونه که ملاحظه گردید،نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد دانه چاودار از میزان نرمی بافت بالاتری نسبت به آرد کینوآ و گندم در هر دو بازه زمانی برخوردار بودند ($P\leq ۰/۰۵$).همچنینبا افزایش مدت زمان تخمیر از ۴ به ۱۲ ساعت میزان سفتی بافت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P\leq ۰/۰۵$).شایان ذکر است که با افزایش زمان نگهداری از دو ساعت به سه روز، میزان سفتی بافت افزایش یافت به‌طوری که این افزایش در نمونه‌های حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد کینوآ با زمان تخمیر ۴ ساعت بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. با توجه به تحقیقات صورت گرفته پس ازمتورّم شدن نشاسته در حین پخت، پیوندهای عرضی ایجاد شده بین نشاسته وگلوتن در طی نگهداری نان وبه دنبال آن کاهش انرژی جنبشی باعث تغییرات فیزیکوشیمیایی وسفتی بافت مغز نان می‌گردد (۱۹). از دید تکنولوژیکی آرد چاوار به دلیل ظرفیت اتصال آب و اثرات تغلیظ کنندگی و بافت دهی باعث اصلاح و بهبود بافت،خواص حسی و ماندگاری می‌شود. در واقع بخش قابل ملاحظه‌ای از آب در دمای محیط توسط پنتوزان‌های موجود در آرد چاودار جذب می-گردد، بنابراین خواص فیزیکی خمیر چاودار با خواص خمیر گندم طی مخلوط کردن و تخمیر متفاوت است. خمیر تهیه شده از آرد چاودار و یا ترکیبی از آرد چاودار و گندم، الاستیسیته کمتر و قابلیت جریان بهتری نسبت به خمیر حاوی آرد گندم دارد و محصول نهایی نیز بافت مطلوب‌تری خواهد داشت (۳). همچنین ملاحظه گردید که میزان سفتی بافت با افزایش مدت زمان تخمیر خمیرترش از ۴ ساعت به ۱۲ ساعت کاهش یافت. در این خصوص می‌توان گفت که استفاده ازخمیرترش برکاهش بیاتی نان تأثیر به‌سزایی دارد. اثرات ضد بیاتی خمیرترش، به سویه آغازگر مورد استفاده و نحوه کاهش pH بستگی دارد (۱۹). عموماً به موازات پیشرفت خمیر، اسیدیته قابل تیترخمیرترش نیز افزایش یافته و سبب ایجاد تغییراتی در رفتارگلوتن می‌گردد که یکی از دلایل اصلاح رئولوژی خمیر و تغییرات بافتی درنان حاصل از خمیرترش است.

براساس یافته‌های محققین مختلف، مهمترین دلیل کاهش بیاتی در نان فرآوری شده با خمیرترش، تولید اسید لاکتیک است که سبب افزایش میزان تخلخل،غیرفعال‌سازی آنزیم آلفا آمیلازو افزایش نرمی بافت نان می‌گردد (۱۵ و ۳۲) که این امر با افزایش مدت زمان تخمیر تشدید یافت. از سوی دیگر روبرت و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه خود به این نتیجه دست یافتند که باکتری‌های اسید لاکتیک موجود در خمیرترش با دارا بودن خواص اسیدیفیکاسیون، فعالیت متابولیکی و کارایی تکنولوژیکی (به لحاظ اثرگذاری بر آنزیم‌های موجود در آرد گندم) بر نرمی بافت مؤثر بودند (۳۶).

جدول ٤- اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان سفتی بافت نان تست

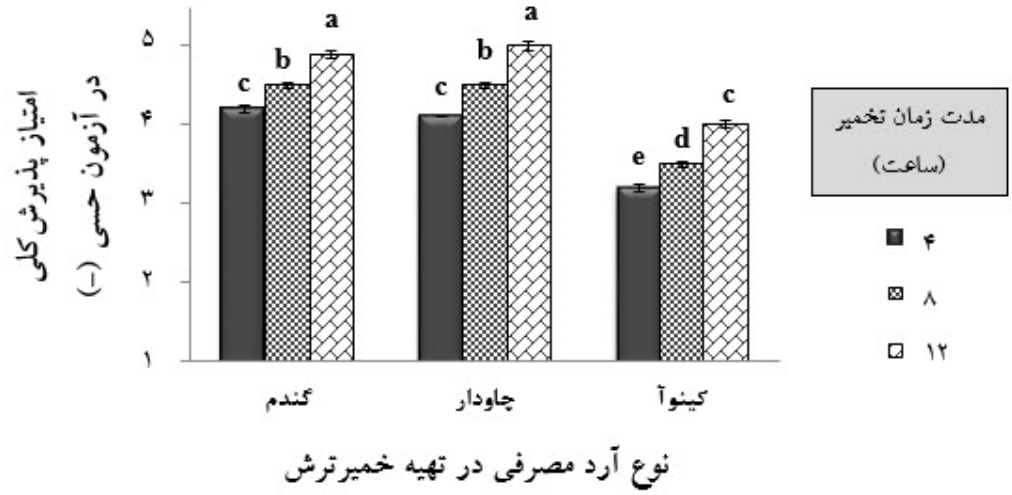
نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش	زمان تخمیر (ساعت)	سفتی بافت (نیوتن)	
		۲ ساعت پس از پخت	۷۲ ساعت پس از پخت
گندم	٤	٤/۹۲±۰/۱۰^{ab}	٦/۲٥±۰/۰۳^{a}
	۸	٤/۷٤±۰/۰۸^{b}	٥/۷۱±۰/۰٤^{b}
	۱۲	٤/۲٥±۰/۰۸^{c}	٥/۱۰±۰/۰٥^{c}
چاودار	٤	٤/۷۱±۰/۰۰^{b}	٥/٤٦±۰/۱۰^{bc}
	۸	٤/۳٥±۰/۱۱^{c}	٥/۱۷±۰/۱۰^{c}
	۱۲	۳/٤۰±۰/۰٥^{d}	٤/٥۷±۰/۰۸^{d}
کینوآ	٤	٥/۱۲±۰/۰۲^{a}	٦/۳۰±۰/۰۷^{a}
	۸	٤/۹٥±۰/۱۰^{ab}	٥/۹۲±۰/۰۷^{ab}
	۱۲	٤/۱۱±۰/۰٦^{c}	٥/۸۷±۰/۰٦^{c}

(مقادیر دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($P\leq ۰/۰۵$))

۳-۲-۷-پذیرش کلی نان در ارزیابی حسی

نتایج حاصل از تأثیر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و مدت زمان تخمیر آن بر امتیاز پذیرش‌کلینان تست طی ارزیابی حسی که میانگین امتیاز سایر خصوصیات حسی نظیر بو، طعم و مزه، فرم و شکل، قابلیت جویدن و رنگ بود، در شکل ۳نشان داده شده است.نتایج نشان داد که نمونه‌های نان تست‌حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد گندم و آرد دانه چاودار امتیاز پذیرش‌کلی بالاتری نسبت به نمونه‌های نان تست‌های حاوی آرد کینوآ داشتند ($P\leq ۰/۰۵$).با افزایش زمان تخمیر، امتیاز پذیرش‌کلی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P\leq ۰/۰۵$).در ارتباط با بهبود عطر و طعم نمونه‌های تولیدی در نتیجه حضور خمیرترش در فرمولاسیون نان باگت باید گفت که حضور آنزیم‌های پروتئولیتیکی در سیستم خمیرترش، پروتئین‌های مختلف را تجزیه می‌کند. بر اثر پروتئولیز، اسیدهای آمینه آزاد بوجود می‌آید که عوامل بوجود آورنده عطر و طعم می‌باشند. البته بالا بودن اسیدآمینه به‌تنهایی نمی‌تواند طعم خوب به وجود آورد. از طرفی آلدئیدها و کتون‌ها نیز نقش تعیین‌کننده‌ای در مواد معطر نان دارند و به عنوان پایه اصلی تولید مواد معطر شناخته می‌شوند. هم‌چنین ذکر این نکته ضروری است باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند مواد معطر متفاوتی از جمله دی استیل، استالدئید، هگزانال و اتیل استات تولید کنندو در واقع ویژگی‌های اصلی (عطر و طعم خمیرترش و تولید متابولیت‌های مناسب) تا حدودی نیز تابع گونه‌ی میکروبی مورد استفاده، مواد خام و فراهم بودن کربوهیدرات و چگونگی تولید می‌باشد (۲۰، ۲۶ و ۴۲).از سوی دیگر محققان در بسیاری از مطالعات به بهبود خصوصیات حسی محصول نهایی در اثر افزودن خمیرترش اشاره داشته‌اند. در همین راستا فرجی و همکاران (۱۳۹۶) استفاده از خمیرترش حاوی باکتری لاکتوباسیلوس فرمانتوم و لاکتوباسیلوس

دلبروکی در نان تست حاوی آرد چاودار را بررسی نمودند و بیان نمودند که حضور خمیرترش و آرد چاودار در بین مواد اولیه نان، سبب افزایش امتیازطعم ومزه گردید (۱۰).بلوریان و همکاران (۱۳۸۹)نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان نمودند که اسیدهای حاصل از باکتری‌های لاکتیکی در خمیرترش اهمیت خاصی داشته و نقش مؤثری در کیفیت نان دارند و به موجب آن‌ها رنگ پوسته نان بهبود می‌یابد (۱).



شکل ۳- اثر نوع آرد مصرفی در تهیه خمیرترش و زمان تخمیر بر میزان امتیاز پذیرش‌کلی نان تست در آزمون حسی
(مقادیر دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند($P\leq ۰/۰۵$))

٤- نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از آرد گندم، چاودار و کینوآ در تهیه خمیرترش طی زمان‌های تخمیر و ارزیابی تأثیر آن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی، تصویری و حسی نان تست بود. نتایج نشان داد که در زمان‌های تخمیر یکسان، میزان تولید اسید در نمونه‌های نان تهیه شده از خمیرترش آرد چاودار بیشترین میزان بود که این نشان دهنده فعالیت بیشتر باکتری‌های اسید لاکتیک در این محیط می‌باشد که این خصوصیات در طی افزایش مدت زمان تخمیر نیز مشاهده گردید. بافت داخلی محصول نهایی حاوی خمیرترش آرد چاودار بیشترین میزان خلل و فرج، حجم مخصوص و نرمی بافت را نیز نشان داد که در واقع گویای فعالیت مخمر و تولید گاز بیشتر همگام با فعالیت باکتری‌ها در خمیرترش است. در نهایت داوران چشایی عنوان داشتند که دو نمونه نان تست حاوی خمیرترش تهیه شده از آرد گندم و آرد دانه چاودار با مدت زمان تخمیر ۱۲ ساعت از بیشترین میزان مقبولیت حسی برخوردار بود. از این‌رو توصیه می‌گردد از آرد چاودار، به منظور تولید نان‌های تخمیری با خصوصیات تکنولوژیکی و تغذیه‌ای مطلوب استفاده گردد.

۵- منابع

۱. بلوریان، ش.، حداد خدا پرست، م. ح.، گلی موحد، غ. و افشاری، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر تخمیر لاکتیکی (لاکتوباسیلوس پانتاروم) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، عطر و طعم، بیاتی و خصوصیات پوسته نان نیمه حجیم (باگت). *فصلنامه علوم وصنایع غذایی*، دوره ۷، شماره ۳، ۳۹-۳۳.

۲. پایان، م. و سیدین اردبیلی، م. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد چاودار بر زمان

ماندگاری نان سنگک. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، دوره ۸، شماره ۳۳، ۸۵-۷۷.

۳. پیغمبردوست، س.ه.، خراسانچی، ن.، گلشن تفتی، الف. و رأفت، س.ع. ۱۳۹۰. کاربرد خمیرترش خشک شده با روش خشک کردن انجمادی حاوی آغازگرهای لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس روتری در تهیه نان قالبی. *مجله پژوهش‌های صنایع غذایی*، جلد ۲۱، شماره ۱، ۹-۳.

٤. حقیقی باوفا، ر. ۱۳۹۳. استفاده از خمیرترش، پودر هسته خرما و مخلوط آن دو در فرمولاسیون نان باگت و بررسی خصوصیات کیفی نان و چگونگی تأثیر تیمارها بر اندیس گلایسمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۵. خراسانچی، ن.، پیغمبردوست، ه.، گلشنتفتی، ا.،حجازی، م. ا. و رأفت، ع. ۱۳۹۲. استفاده از لاکتوباسیلوس پلانتروم (ATCC 1058) و روتری (ATCC 1655) به‌عنوان آغازگر در تهیه خمیرترش. *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی*، جلد ۲۳، شماره ۱، ۹۵-۸٦.

٦. سرفراز، ا.، عزیزی، م. ح.، حمیدی اصفهانی، ز.، کریمی ترشیزی، م. ا. و ظفری، ع. ۱۳۸۷. اثرات متقابل باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمرنانوایی درتخمیرخمیرترش مایع. *مجله علوم تغذیه وصنایع غذایی ایران*، سال۳، شماره۲، ۸۰-۷۳.

۷. سرفراز، الف.، عزیزی، م.ح.، حمیدی اصفهانی، ز.، و ظفری، ع. ۱۳۹٤. ارزیابی برخی متغیرهای مؤثر بر ویژگی‌های اسیدی شدن خمیرترش مایع. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران*، شماره ٤٦، دوره ۱۲، ۹٤-۸۵

۸. صادقی، ع. و عابدفر، ع. ۱۳۹۵. مقایسه اثر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی (لاکتوباسیلوس پلانتاروم) بر کیفیت نان بربری تولیدی با آردهای دارای دو درجه استخراج مختلف. *نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، جلد ۵، شماره ۲، ۱۷۰-۱۵۳.

۹. عزیزی، م. و هادیان، ز. ۱۳۹۰. تکنولوژی غلات و فرآورده‌ها. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، چاپ اول، تهران، ۳۷-۳۲ و ۲۱-۱۵.

۱۰. فرجی، ع.، مشعشعی، س.ع و کشانی، م. ۱۳۹٦. بررسی اثر خمیرترش بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان تست حاوی آرد چاودار. *نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی*، سال ۹، شماره ۳، ۱۲۸-۱۱۹.

۱۱. موحد، س.، میرزایی، ن. و احمدی چنارین، ح. ۱۳۹۱. بررسی افزودن آرد جو و لاکتوباسیلوس پلانتروم (ATCC 43332) بر خواص کیفی نان‌های تست. *فصلنامه علوم و صنایع غذایی*، دوره ۹، شماره ۳۷، ٤٦-۳۷.

۱۲. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹٦. نان‌های حجیم- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران. شماره ۲۳۳۸، ویرایش دوم.

۱۳. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۹٤. بیسکوئیت- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران. شماره ۳۷، ویرایش هفتم.

14. AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
15. Arendt, E.K., Ryan, L.A.M. and Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology*, 24: 165-174.
16. Brady, K., Ho, C.T. and Rosen, R.T. 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*, 100(3): 1209-1216.
17. Bushuk, W. 1987. *Rye: production, chemistry and technology*, 45-122.

18. Crowley, P., Schober, T., Clarke, C. and Arendt, E. 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *European Food Research and Technology*, 214: 489-496.
19. Dal bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmer, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogren, J., van Sinderen, D., Schnurer, J. and Arendt, E.K. 2007. Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain Lactobacillus plantarum FST 1.7. *Journal of Cereal Science*, 45(3): 309-318.
20. De Angelis, M., Gallo, G., Corbo, M.R., Mcsweeney, P.L., Faccia, M., Giovine, M. and Gobbetti, M. 2003. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from Lactobacillus sanfranciscensis CB1. *Food Microbiology*, 87(3): 259-70.
21. Dini, I., Tenore, G.C. and 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.
22. Enriquez, N., Peltzer, M., Raimundi, A., Tosi, V. and 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*, 91: 47-54.
23. FAO. 2013. International year of quinoa: A future sown thousands of years ago. Retrieved from: http://www.fao.org/quinoa-2013/en. Accessed October 2015.
24. Gacula, J.R., Singh, J., Bi, J. and Altan, S. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A, 360-366.
25. Gelroth, J. and Ranhotra, M.L. 2001. Dreher, editors. Handbook of dietary fiber, newyork: marcel dekker inc.
26. Gobbetti, M., Angelis, M., Corsetti, A. and Cagno, R. 2005. Biochemistry and physiology of sourdough lactic Acid Bacteria. *Trends in Food Science and Technology*, 16(1-3): 57-69.
27. Haralick, R.M., Shanmugam, K. and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
28. Kamel, B.S. 1993. *Advances in bakery technology*, 22-25.
29. Khomeiri, M., Sadeghi Mahoonak, A., Aalami, M., Faraji Kafshgari, S., Vatankhah, M. and Mahmoudi, E. 2016. Effect of sourdough on the quality of barbari bread. *Journal of Food Science and Technology*, 13: 2008-2013
30. Katina, K., Poutanen, K. and Autio, K. 2004. Influence and interactions of processing conditions and starter culture on formation of acids, volatile compounds, and amino acids in wheat sourdoughs. *Cereal Chemistry*, 81(5): 598.610.
31. Katina, K. 2005. Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. VTT Biotechnology. *VTT Technical Research Centre of Finland, VTT*, 569: 13-75.
32. Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K. and Poutanen, K. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39: 1189–1202.
33. Martínez-Anaya, M.A. Associations and interactions of microorganisms in dough fermentations: effects on dough and bread characteristics. In: K. Kulp and K. Lorenz (Eds.). Handbook of dough fermentations. Marcel Dekker Inc, New York. 2003
34. Pelschenke. P.F. 1954. Brotgetreid and Brot. P. 544- 547.
35. Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M., 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.
36. Purlis, E, and Salvadori, V. 2009. Modelling the browning of bread

during baking. *Food Research International*, 42: 865-870.
37. Robert, H. Gabriel, V. Lefebvre, D. Rabier, P. Vayssier, Y. and Faucher, C. 2006. Study of the behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc starters* during a complete wheat sourdough bread making process. *LWT - Food Science and Technology*, 39: 256-265.
38. Rocha, J.M. and Xavier Malcata, F. 2012. Microbiological profile of maize and rye flours, and sourdough used for the manufacture of traditional Portuguese bread. *Food Microbiology*, 31(1): 72-88.
39. Salim, R., Alistair Paterson, A. and Piggott, J.R. 2006. Flavour in sourdough breads: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 557-566.
40. Salmenkallio-Marttila, M., Katina, K. and Autio, K. 2001. Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fibre wheat bread. *Cereal Chemistry*, 78 (4): 29-435.
41. Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
42. Tieking, M., Korakli, M., Ehrmann, M.A., Gänzle, M. and Vogel, R.F. 2003. In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by cereal and intestinal isolated of lactic acid bacteria. *Applied Environmental Microbiology*, 69(2): 945-952.
43. Toyosaki, T. 2007. Effects of hydroperoxide in lipid peroxidation on dough fermentation. *Food Chemistry*, 104: 680-685.

(Original Research Paper)

Investigating on the Effect of Wheat, Rye and Quinoa Sourdough Fermented in Different Ttime on Quantitative and Qualitative Properties of Tast Bread

Mahsa Moradi[1], Fariba Naghipour[2]*, Alireza Faraji[3]

1-MSc Student of Food Sciences and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj,Iran.
3-assistant Professor, Department of Food Sciences and Technology, Pharmaceutical Sciences Branch, Islamic Azad university, Tehran, Iran.

Received:09/03/2019 Accepted:21/05/2019

Abstract

The amount of bread waste is mainly due to the non-principled and incorrect production. The researchers to improving the technological and sensory characteristics of bread types especially bulk and semi-bulk breads have proposed so different approaches. One of the most important way is application of sourdough in this strategic product. Therefore, the aim of this study was investigation of the possibility of using of wheat, rye and quinoa flour in sourdough preparing during different fermentation periods (4, 8 and 12h) and evaluation of sourdough addition on physicochemical, texture, visual and sensory properties of toast bread in the form of a completely randomized design with factorial arrangement ($P\leq0.05$). Results showed that the lowest pHand the highest amount of moisture, acidity, organic acids (acetic acid and lactic acid), specific volume, porosity and softness of the texture was observed in the toast bread containing sourdough prepared by fermented rye flour for 12 hours. By evaluation of crumb color values the highest L* and a* values in samples containing wheat and quinoa flour, respectively were observed. While, by increasing the fermentation time the L* and a* values increased and decreased respectively. Finally, by evaluation of sensory characteristics, two samples prepared by wheat and rye flour that fermented for 12h had the most acceptability. Therefore, it can be said that in order to producing bulk and semi-bulk breads rye flour can be used while improving nutritional value, it also improves the physicochemical, texture and sensory properties of the final product.

Keywords: Sourdough, Wheat, Rye, Quinoa, Fermentation Time.

*Corresponding Author: faribanaghipour@yahoo.com