



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی اثر افزودن لاکتوباسیلوس پلانتراروم و آرد یولاف بر ویژگی های کیفی نان بربری

معصومه صیادی^۱، اکرم آریان فر^{۲*}، علی محمدی ثانی^۳، زهرا شیخ الاسلامی^۴

۱- گروه علوم صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

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

چکیده

اطلاعات مقاله

این مطالعه به بررسی تاثیر فرمول های مختلف خمیر ترش و درصدهای متفاوت آرد گندم و یولاف بر ویژگی های تکنولوژیکی و حسی نان پرداخته است. سطوح متغیرها شامل ۹ متغیر خمیر ترش ($W-O-Lb$, $O-Lb$, $W-Lb$, $W-O-Sc$, $O-Sc$, $W-Sc$, $O-Lb-Sc$, $W-Lb-Sc$, $O-Lb-Sc$) و ۴ متغیر درصد جایگزینی آرد گندم با آرد یولاف (۱۰، ۱۵، ۵۰، ۱۰۰) بود. نتایج نشان داد نمونه های نان فاقد لاکتوباسیلوس پلانتراروم بالاترین میزان رطوبت را نشان دادند. تاثیر استفاده از لاکتوباسیلوس پلانتراروم بر روی pH معنادار بود و منجر به کاهش pH محصول شد. استفاده از خمیر ترش تخمیر شده با آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتراروم باعث کاهش معنادار حجم مخصوص نان در مقایسه با نمونه شاهد شد. تجزیه و تحلیل مشخصات بافت نان نشان داد که خمیر ترش های حاوی آرد گندم، آرد یولاف، ساکارومایسس سرویزیه و لاکتوباسیلوس پلانتراروم کمترین سطوح سفتی در محدوده (۲۰۹۸-۳۹۹۳) گرم-نیرو را نشان داد و خمیر ترش بدون حضور ساکارومایسس سرویزیه سطوح سفتی بالاتری (۱۲۱۶۲-۶۳۰۰) گرم-نیرو را نشان دادند. ارزیابی های حسی نشان داد که نان های تولید شده با خمیر ترش آرد گندم، آرد یولاف، ساکارومایسس سرویزیه و لاکتوباسیلوس پلانتراروم بالاترین امتیاز کلی را برای طعم، عطر، بافت، ظاهر و پذیرش کلی از ارزیابان دریافت کردند. در مقابل، نمونه های فاقد مخمر کمترین امتیاز را دریافت کردند. بنابراین، فرمول نان بهینه شامل استفاده از خمیر ترش متشکل از آرد گندم، یولاف، لاکتوباسیلوس پلانتراروم و ساکارومایسس سرویزیه با جایگزینی ۱۵ درصدی آرد گندم با آرد یولاف بود.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۲/۲

کلمات کلیدی:

خمیر ترش،
لاکتوباسیلوس پلانتراروم،
نان،
یولاف.

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.30.

* مسئول مکاتبات:

ak_arianfar@iau.ac.ir

۱-مقدمه

اسیدهای آمینه ضروری لیزین، والین و تریپتوفان را نشان می‌دهد [۷]. در حالی که پروتئین یولاف، سطوح بالاتری از لیزین، ترئونین، تیروزین و تریپتوفان را نشان می‌دهد. علاوه بر این، پروتئین یولاف حاوی بخش‌های محلول فیبر که غنی از بتاگلوکان است، می‌باشد [۸].

از آنجا که پروتئین یولاف فاقد گلوتن می‌باشد، نان تولیدی با آرد یولاف به تنهایی خواص ارگانولپتیکی مطلوبی ندارد لذا استفاده از آرد یولاف همراه با آرد گندم در تهیه نان، برای دستیابی به ویژگی‌های کیفی مورد نظر مناسبتر بنظر می‌رسد. از این رو، هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر مخمر تجاری ساکارومایسس سرویزیه و *L. plantarum* ATTC 8014 بر ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی، بافتی، و حسی نان نیمه‌حجیم حاوی آرد گندم و آرد یولاف بدون پوشینه است. این مطالعه همچنین اثر جایگزینی آرد گندم با آرد یولاف در چهار سطح (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) را بر رطوبت، pH، حجم مخصوص، سفتی بافت، و پذیرش حسی محصول نهایی ارزیابی می‌کند. برای این منظور، نه فرمولاسیون مختلف خمیرترش شامل ترکیبات زیر بررسی شدند:

- W-Lb (آرد گندم + *L. plantarum*)

- O-Lb (آرد یولاف + *L. plantarum*)

- W-O-Lb (آرد گندم + آرد یولاف + *L. plantarum*)

- W-Sc (آرد گندم + *S. cerevisiae*)

- O-Sc (آرد یولاف + *S. cerevisiae*)

- W-O-Sc (آرد گندم + آرد یولاف + *S. cerevisiae*)

- W-Lb-Sc (آرد گندم + *S. cerevisiae* + *L. plantarum*)

- O-Lb-Sc (آرد یولاف + *S. cerevisiae* + *L. plantarum*)

- W-O-Lb-Sc (+ *S. cerevisiae*) (آرد گندم + آرد یولاف + *L. plantarum*)

استفاده از خمیر ترش در پخت نان اخیراً به دلیل کیفیت متفاوت و ماندگاری طولانی محصولات خمیر ترش نسبت به نان‌های مخمیری مورد توجه بسیار قرار گرفته است. علاقه رو به رشد به افزایش عمر ماندگاری نان با استفاده از فناوری‌های سنتی، صنعت و محققان را به بازگشت به استفاده از کشت‌های آغازگر خمیر ترش سوق داده است. برای بهینه سازی خمیر ترش عوامل زیادی مانند خواص کشت استارتر، نوع آرد و توانایی میکروارگانیسم‌ها در دفع آنزیم‌ها را می‌توان در نظر گرفت. با این حال، مهمترین پارامتر، انتخاب مناسب کشت آغازگر است [۱]. صنعت نانوايي در حال حاضر تمایل دارد تا تخمیر خمیر ترش را با کشت‌های آغازگر تجاری تعریف شده با خواص خاص آغاز کند و *Lactobacillus plantarum* یکی از گونه‌های باکتری‌های اسید لاکتیک مطلوب در تولید خمیر ترش است [۲]. باکتری‌های اسید لاکتیک حاصل از خمیر ترش با تولید متابولیت‌هایی مانند اگزوپلی ساکارید و پپتیدها علاوه بر تأثیرات تکنولوژیکی می‌توانند بر واکنش‌های آلرژیک و عدم تحمل افراد حساس به غلات به دلیل فعالیت پروتئولیتیک‌شان تأثیر بگذارند [۳]. مشخص شده است که سویه *L. Plantarum* LD4 به صورت ریبوزومی پپتیدهای ضد میکروبی را سنتز می‌کند که کاربردهای بالقوه‌ای در افزایش ایمنی نان دارند [۴]. سویه *L. plantarum* DM616 باعث کاهش سختی و افزایش سفیدی نان بخارپز شد [۵] و سویه *L. plantarum* PON100148 مورد استفاده در تخمیر خمیر ترش، غلظت بالایی از اسیدهای آلی تولید کرد و پارامترهای کیفیت نان را افزایش داد [۶].

با توجه به افزایش روز افزون بیماری‌های ناشی از سوء تغذیه و همچنین افزایش ناراحتی‌های قلبی عروقی و دیابت، از آنجایی که نان قوت غالب را در کشور ما تشکیل می‌دهد، غنی کردن نان با یولاف با در نظر گرفتن ارزش تغذیه‌ای آن، یکی از بهترین راه‌های جای دادن این ماده مغذی در رژیم غذایی می‌باشد. پروتئین گندم سطوح پایینی از

آب و آرد گندم یا یولاف برای تهیه خمیر با نسبتهای 100:0، 50:50 و 50:50 مخلوط گردیدند. سپس آغازگر انتخابی به میزان 10^7 cfu/ml (با استاندارد مک فارلند) و با نسبتهای 100:0، 100:50 و 50:50 نسبت به مخمر تجاری به آنها تلقیح شد. عملیات تخمیر در اینکوباتور ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد.

۲-۴- پخت نان

برای تولید خمیر نان طبق فرمولهای مختلف در جدول ۱ عمل شد. میزان افزودن مواد اولیه شامل خمیر ترش، نمک، شکر، روغن و مخمر بر مبنای درصد آرد به ترتیب ۰.۴، ۰.۴، ۰.۴، ۱.۱۵ و ۱٪ خمیر بود. میزان آرد یولاف بکار رفته، ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵٪ آرد گندم بود. مخلوط حاصل پس از اضافه کردن آب (۶۰٪ وزنی/وزنی) به مدت ۱۰ دقیقه در مخلوط-کن در دمای محیط مخلوط شد. پس از تخمیر چانه‌های ۲۰۰ گرمی به مدت ۵۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد، خمیرها پهن شده و به ضخامت نهایی حدود ۱.۵ سانتی متر رسیدند. سپس نان‌ها در دمای ۲۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ دقیقه پخته شدند. نان‌ها پس از خنک شدن، برای ارزیابی در کیسه‌های پلی اتیلن بسته‌بندی شدند [۱۰].

نتایج این پژوهش می‌تواند در بهینه‌سازی فرمولاسیون نان‌های نیمه‌حجیم و غنی از یولاف، با حفظ کیفیت ارگانولپتیکی و پذیرش مصرف‌کنندگان، کاربرد داشته باشد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی سویه میکروبی

باکتری لاکتوباسیلوس پلانتروم ATCC 8014 از مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی ایران تهیه شد و در شرایط استریل به محیط کشت MRS broth انتقال داده شد. محیط کشت‌های تلقیح شده در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شدند.

۲-۲- تهیه سوسپانسیون میکروبی برای تلقیح به خمیر ترش

حجم مورد نیاز از کشت فعال شده ل. پلانتروم در ۸۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ گردید. سپس توده‌های سلولی از مایع رویی جدا و بعد از دوبار شستشو با آب مقطر استریل، به سوبسترای خمیر اولیه اضافه گردید [۹].

۲-۳- آماده سازی خمیر ترش

نمونه‌های خمیر ترش با استفاده از کشت‌های باکتریایی فعال ل. پلانتروم و مخمر س. سرویزیه تجاری تهیه شدند. ابتدا

Table 1- Different formulations in the preparation of semi-bulky bread

Treatment	Sourdough	Wheat flour%	Oat flour%
T1	W- <i>Lb</i>	100	0
T2	O- <i>Lb</i>	100	0
T3	W-O- <i>Lb</i>	100	0
T4 (control)	W- <i>Sc</i>	100	0
T5	O- <i>Sc</i>	100	0
T6	W-O- <i>Sc</i>	100	0
T7	W- <i>Lb- Sc</i>	100	0
T8	O- <i>Lb- Sc</i>	100	0
T9	*W-O- <i>Lb- Sc</i>	100	0
T10	W- <i>Lb</i>	95	5
T11	O- <i>Lb</i>	95	5
T12	W-O- <i>Lb</i>	95	5
T13	W- <i>Sc</i>	95	5
T14	O- <i>Sc</i>	95	5
T15	W-O- <i>Sc</i>	95	5
T16	W- <i>Lb- Sc</i>	95	5

T17	O- Lb- Sc	95	5
T18	W-O- Lb- Sc	95	5
T19	W- Lb	90	10
T20	O- Lb	90	10
T21	W-O- Lb	90	10
T22	W- Sc	90	10
T23	O- Sc	90	10
T24	W-O- Sc	90	10
T25	W- Lb- Sc	90	10
T26	O- Lb- Sc	90	10
T27	W-O- Lb- Sc	90	10
T28	W- Lb	85	15
T29	O- Lb	85	15
T30	W-O- Lb	85	15
T31	W- Sc	85	15
T32	O- Sc	85	15
T33	W-O- Sc	85	15
T34	W- Lb- Sc	85	15
T35	O- Lb- Sc	85	15
T36	W-O- Lb- Sc	85	15

*W=wheat flour, O=oat flour, Lb=Lactobacillus plantarum , Sc= Saccharomyces cerevisiae

۲-۵-آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نان

حجم مخصوص نانهای تولیدی بلافاصله پس از تولید مطابق با استاندارد AACC به شماره 05-10 با پرکردن استوانه مدرج توسط دانه‌های کتان انجام گرفت [۱۱].

۲-۵-۱-اندازه گیری pH

برای اندازه گیری pH طبق استاندارد AACC (۲۰۰۰) شماره ۴-۲۱ مقدار ۱۰ گرم از هر نمونه با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط و مقدار pH این محلول با pH متر (Metrohm 827-سوئیس) اندازه گیری شد [۱۱].

۲-۵-۲-اندازه گیری رطوبت

اندازه گیری درصد رطوبتی نان طبق استاندارد AACC, 2000 شماره ۱۶-۴۴ انجام شد. برای این منظور نمونه‌های آسیاب شده در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت و درصد رطوبت آنها بر اساس فرمول زیر محاسبه شد [۱۱].

(%) محتوای رطوبت

$$= 100 \times \frac{\text{وزن نمونه خشک شده} - \text{وزن نمونه نان}}{\text{وزن نمونه نان}}$$

۲-۵-۳-اندازه گیری حجم مخصوص نان

۲-۶-آزمون بافت نان

میزان سفتی مغز نان در فواصل زمانی ۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید توسط دستگاه بافت سنج مدل TVT-6700 انجام شد. نان‌ها با ضخامت ۲۵ میلی‌متر تهیه شدند. سپس آزمون نفوذ با استفاده از پروب استوانه‌ای TA41 با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و میزان فشردگی ۵۰٪ ارتفاع کل انجام شد.

۲-۷-ارزیابی حسی نان

طبق استاندارد AACC روش ۹۱-۱۰ تعداد ۲۰ نفر ارزیاب آموزش دیده آقا و خانم در محدوده سنی ۲۵ تا ۳۵ سال انتخاب شدند و از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد. فاکتورهای تاثیرگذار نان شامل ظاهر، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۱].

۲-۸-آنالیز آماری

متغیرهای مستقل بکار رفته در این پژوهش شامل ۹ سطح متغیر خمیرترش (با فرمول‌های مختلف) و ۴ سطح متغیر

بررسی نتایج نشان داد که کمترین میزان pH در نان‌های تولید شده با خمیر ترش حاوی L. پلانتاروم مشاهده شد. دلیل این امر این است که فعالیت تخمیری L. پلانتاروم باعث تولید اسیدهای آلی مانند اسید لاکتیک می شود که باعث افزایش اسیدیته و کاهش pH خمیر و در نهایت کاهش pH نان تولیدی می گردد. نتایج Jin و همکاران (۲۰۲۱) در خصوص pH با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۱۲]. نتایج Cakir و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد نانهای تولیدی با خمیر ترش محتوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم میزان pH کمتری داشتند [۱۳].

مستقل میزان آرد یولاف (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵٪) و پارامترهای مورد بررسی نیز متغیرهای وابسته این پژوهش بودند. تیمار T4 نیز به عنوان نمونه شاهد بکار رفت. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح فاکتوریل انجام گرفت. برای تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس دو طرفه ANOVA و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه ای Duncan و نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر نوع آرد و فرمول خمیر ترش بر pH، رطوبت و حجم نان

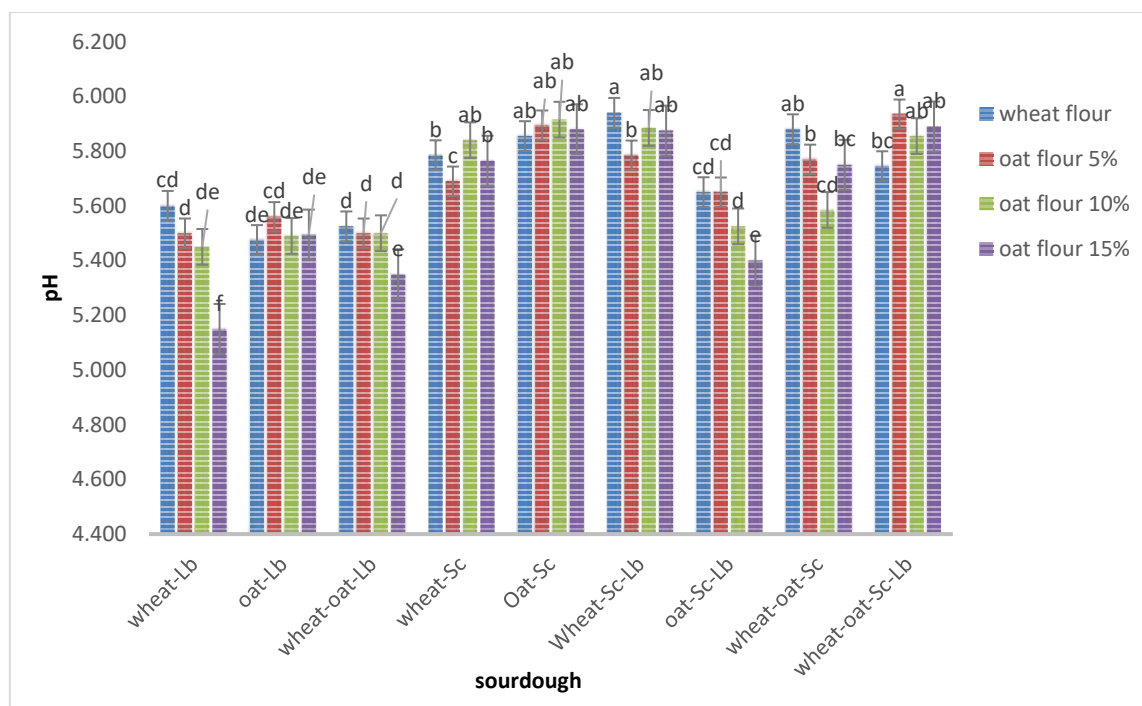


Fig. 1. The interaction effect of sourdough and flour type on the pH of bread

W=wheat flour, O=oat flour, Lb=*Lactobacillus plantarum*, Sc= *Saccharomyces cerevisiae*

The significance level was set at 0.05, and different letters indicate significant differences among the treatments.

یولاف و ۱۰۰٪ آرد گندم (۳۳/۵٪) مشاهده شد ($p < 0.05$).

در حالی که کمترین میزان رطوبت در نمونه‌های T26 (محتوی س. سرویزیه، L. پلانتاروم، یولاف و ۹۰٪ آرد گندم)، T27 (محتوی س. سرویزیه، L. پلانتاروم، آرد

نتایج تجزیه واریانس بر روی تأثیر خمیر ترش و میزان آرد یولاف در فرمول نان بر رطوبت نشان داد که بیشترین میزان رطوبت در نمونه‌های T14 (محتوی س. سرویزیه، یولاف و ۹۵٪ آرد گندم) (۳۴/۲۵٪) و T5 (محتوی س. سرویزیه،

هیدراتاسیون بهبود یافته باعث ایجاد بافت نرم تر و مرطوب تر در نان پخته می‌شود [۱۴]. نتایج Ogunsaki و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که بیشترین میزان رطوبت و پروتئین در نان سورگوم تولید شده با مخمر نانوائی مشاهده شد [۱۵]. Therdtthai و Jitrakbumrung (۲۰۱۴) گزارش دادند که میزان رطوبت نان محتوی خمیر ترش ۴۳.۶۰٪ بود [۱۶]. نتایج Jin و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داد میزان رطوبت نان تولید شده با مخلوط باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر تجاری ۳۵٪ بود که نسبت به تیمارهای محتوی مخمر تجاری به تنهایی و باکتری اسید لاکتیک به تنهایی، کمترین مقدار بود [۱۲].

یولاف، آرد گندم و ۹۰٪ آرد گندم، T35 (محتوی س. سرویزیه، آرد یولاف و ل. پلانتاروم و ۸۵٪ آرد گندم) و T36 (محتوی س. سرویزیه، ل. پلانتاروم، آرد یولاف، آرد گندم و ۸۵٪ آرد گندم) با مقادیر ۲۷/۵، ۲۷/۳۵، ۲۷/۵ و ۲۷/۵٪ ($p > 0.05$) مشاهده شد. بررسی میانگین نتایج نشان داد نمونه‌های فاقد ل. پلانتاروم بالاترین میزان رطوبت را نشان دادند. تخمیر مخمر با افزایش ظرفیت نگهداری آب خمیر باعث افزایش هیدراتاسیون خمیر می‌شود. همانطور که سلول‌های مخمر قندها را مصرف می‌کنند و متابولیت تولید می‌کنند، خمیر انعطاف‌پذیرتر و قابل ارتجاع‌تر می‌شود و به آن اجازه می‌دهد آب بیشتری را در خود نگه دارد. این

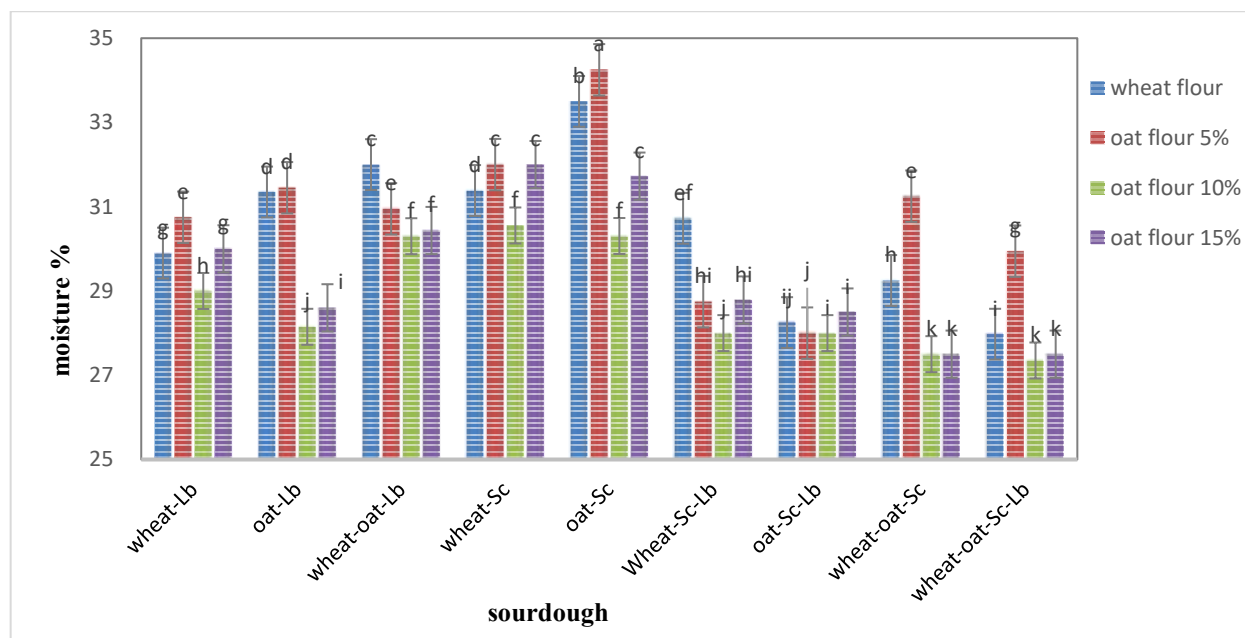


Fig. 2. The interaction effect of sourdough and flour type on the moisture of bread

W=wheat flour, O=oat flour, Lb=*Lactobacillus plantarum*, Sc=*Saccharomyces cerevisiae*

The significance level was set at 0.05, and different letters indicate significant differences among the treatments.

نشان داد که دلیل آن اینست که گلوتن موجود در آرد گندم ممکن است ساختار شبکه ای خمیر را تقویت کرده و حجم آن را افزایش دهد. س. سرویزیه در تخمیر قندها و تولید سریع گاز در شرایط بهینه بسیار کارآمد است. این گاز در خمیر محبوس می‌شود و در حین تخمیر و پخت باعث بالا آمدن و انبساط آن می‌شود. تولید فراوان دی اکسید کربن توسط مخمر منجر به افزایش احتباس گاز در خمیر می‌شود

بررسی نتایج نشان داد نان متشکل از آرد گندم ۱۰۰٪ و مخمر س. سرویزیه (شاهد) بیشترین حجم مخصوص را نشان داد، در حالی که استفاده از خمیر ترش تخمیر شده با آغازگر ل. پلانتاروم باعث کاهش حجم مخصوص نان شد. همچنین نان‌های محتوی مخمر و آرد گندم در مقایسه با نان‌های محتوی مخمر و آرد یولاف، حجم مخصوص بالاتری را

می‌گردد [۱۸]. یافته‌های Hu و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که نان‌هایی که صرفاً با مخمر تجاری تولید شد در مقایسه با نان‌های تولید شده با خمیر ترش محتوی مخمر و ل. پلانتاروم، حجم ویژه بیشتری از خود نشان دادند [۱۹]. در بررسی Cakir و همکاران (۲۰۲۱) نمونه‌های نان جو-گندم بدون پوشینه حاوی کشت استارتر *Lb. plantarum* SAB15 و *Lb. brevis* SAB31 و *S. cerevisiae* SAM1-4 حجم مخصوص بالاتر نسبت به نانهای محتوی خمیر ترش خودبخودی^۱ داشتند [۱۳].

که منجر به حجم ویژه بالاتری می‌شود [۱۷]. کاهش حجم نان هنگام استفاده از خمیر ترش محتوی ل. پلانتاروم به این دلیل است که در طی گرمخانه گذاری خمیر ترش و تخمیر خمیر، تغییرات بیوشیمیایی در اجزای کربوهیدراتی و پروتئینی آرد در نتیجه عمل آنزیمهای میکروبی اتفاق می‌افتد. امکان فعالیت پروتئولیتیکی لاکتوباسیلوس ها که در دوره انکوباسیون خمیر ترش و تخمیر خمیر روی می‌دهد بر روی پروتئین‌های گلوتن تاثیر گذاشته و شبکه گلوتنی را تضعیف می‌کند و منجر به تولید نانهایی با حجم مخصوص کمتر

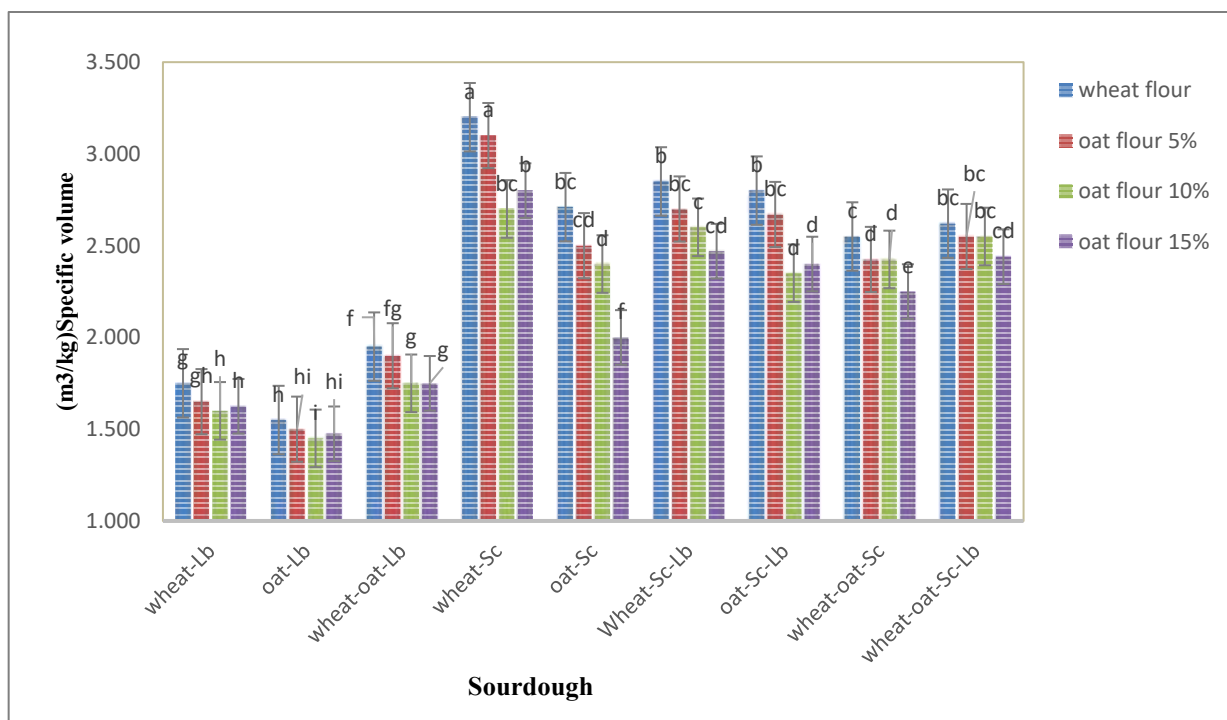


Fig. 3. The interaction effect of sourdough and flour type on the specific volume of bread

W=wheat flour, O=oat flour, Lb=*Lactobacillus plantarum*, Sc=*Saccharomyces cerevisiae*

The significance level was set at 0.05, and different letters indicate significant differences among the treatments.

حاوی آرد گندم، آرد یولاف، س. سرویزیه و ل. پلانتاروم کمترین سطوح سفتی در محدوده (۳۹۹۳-۲۰۹۸) را نشان داد. در طی تخمیر، مخمر با آزاد کردن آنزیم‌هایی که پروتئین‌ها را به پپتیدهای کوچک‌تر تجزیه می‌کنند، بر توسعه شبکه گلوتن تأثیر می‌گذارد. وقتی گلوتن به خوبی توسعه یابد به بافت نان کمک کرده و مغز نان را نرم تر می‌کند. در

۲-۳- ارزیابی بافت نان

تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که خمیر ترش‌های فاقد مخمر دارای بالاترین سطوح سفتی در محدوده ۶۳۰۰ تا ۱۲۱۶۲ به مدت ۲ تا ۷۲ ساعت بودند، درحالی که خمیر ترش‌های

و بدون مخمر باعث افزایش فعالیت پروتئازهای طبیعی آرد گشته، فعالیت آنزیم‌های پرتئولیتیک موجود در آرد می‌تواند منجر به تجزیه پروتئین‌های گلوتن و کاهش استحکام و یکپارچگی شبکه گلوتنی شود. این فرآیند باعث کاهش خاصیت ارتجاعی خمیر، کاهش ظرفیت نگهداری گاز، تغییر در بافت نان و افزایش چسبندگی خمیر می‌شود که همه این عوامل می‌توانند به افزایش سفتی نان و در نتیجه بیاتی سریعتر این نانها منجر شود [۲۱]. Gu و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود اثر افزودن پیتیداز تجاری به نان گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد افزودن آنزیم فلیورزیم به خمیر نان باعث افزایش سفتی نان شد. که این امر موید تاثیر افزایش فعالیت آنزیمهای پرتئولیتیک در افزایش سفتی نان می‌باشد [۲۲].

نان‌های بدون مخمر، عدم تولید گاز و توسعه گلوتن می‌تواند منجر به بافت متراکم تر و سفت تر شود [۲۰]. در بررسی تاثیر فرمول‌های مختلف بر روی میزان سفتی نان مشاهده گردید که با گذشت زمان تا ۷۲ ساعت، میزان سفتی نانها افزایش یافت. در دو ساعت اول پس از پخت کمترین میزان سفتی مربوط به نمونه محتوی آرد گندم، آرد یولاف، س. سرویزیه و ل. پلاتناروم و بیشترین میزان سفتی در نمونه محتوی آرد گندم، آرد یولاف و ل. پلاتناروم مشاهده شد که این روند طی ۷۲ ساعت یکسان بود. دلیل افزایش سفتی بافت نان به افت رطوبت نان و پدیده برگشت نشاسته مربوط می‌شود. افزایش سفتی نانهای محتوی آرد گندم، آرد یولاف و ل. پلاتناروم می‌تواند به دلیل حجم مخصوص کمتر این نانها باشد. همچنین کاهش pH نانهای محتوی ل. پلاتناروم

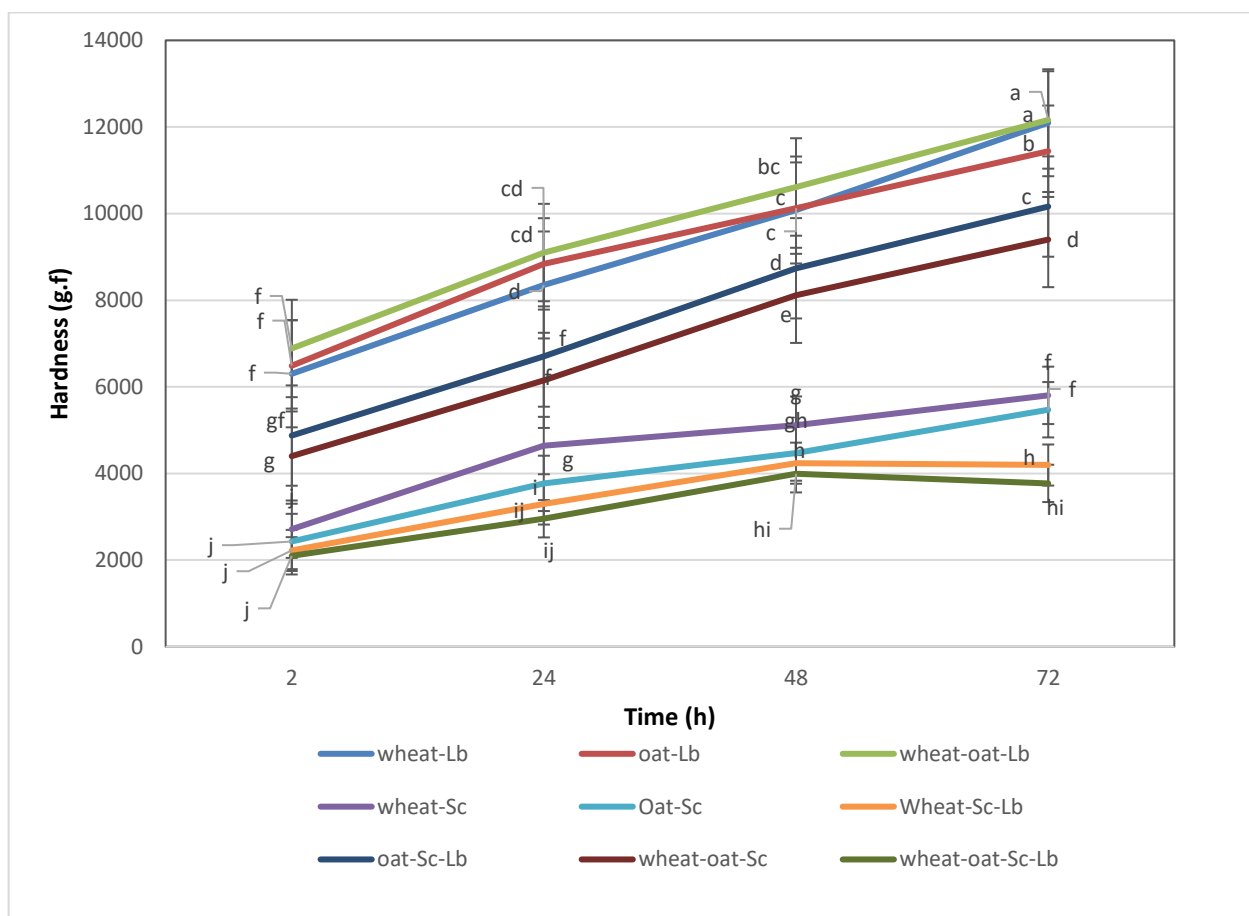


Fig. 4. The effect of sourdough and flour type used on the hardness of bread during storage

W=wheat flour, O=oat flour, Lb=*Lactobacillus plantarum*, Sc= *Saccharomyces cerevisiae*

The significance level was set at 0.05, and different letters indicate significant differences among the treatments.

۳-۳- ارزیابی حسی نان

نانی می‌شود که برای مصرف‌کنندگان بسیار رضایت‌بخش و مطلوب است [۸]. نتایج Flander و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد نانهای تولیدی با آرد یولاف و آرد گندم نمره ارزیابی حسی بالاتری در مقایسه با نان تولیدی با آرد گندم کسب کردند [۲۳]. نتایج اخیر نشان می‌دهند که انتقال اجزای آرد از طریق خمیر به پوسته و مغز نان، تولید بوی ناشی از ترکیبات فرار و پیش‌ماده‌های طعم و عطر در طول فرآیند تخمیر که به ترکیب پیچیده‌ای از طعم‌ها کمک می‌کنند، و همچنین اثر حرارتی پخت بر واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون، باعث می‌شود محصولات مبتنی بر غلات تخمیر شده برای مصرف کننده دلیزتر باشند [۲۴].

ویژگی‌های حسی نان‌های مورد مطالعه، همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، افزایش قابل توجهی در امتیازات ارزیابی حسی برای طعم، بو، ظاهر، بافت و پذیرش کلی با افزودن خمیرترش (آرد یولاف، آرد گندم، س. سرویزه و ل. پلانتروم) نشان داد. این یافته‌ها به دلیل پروفایل طعم پیچیده نان، بافت و ساختار مغز بهبود یافته، عطر دلپذیر، ویژگی‌های حفظ رطوبت، و تجربه کلی لذت بخش در خوردن آن است. فعل و انفعالات شیمیایی بین مواد تشکیل‌دهنده و فرآیندهای تخمیر، منجر به تولید محصول

Table 2- The effect of sourdough and flour on sensory evaluation of bread

Treatment	Taste	Odor	Appearance	Texture	Total acceptance
T1	2 ^j	2.75±0.07 ^j	2 ^l	2 ^l	2 ^p
T2	2 ^j	2.8 ^j	2 ^l	2.05±0.04 ^{kl}	2 ^p
T3	2 ^j	2.5±0.07 ^k	2 ^l	2.05±0.07 ^{kl}	2 ^p
T4 (control)	4.6±0.1 ^a	4.5±0.07 ^a	4.55±0.06 ^b	4.25±0.05 ^b	4.5 ^a
T5	4 ^d	4.2 ^c	4.35±0.06 ^d	4.35±0.06 ^a	4.2 ^c
T6	4.2 ^c	4.05±0.07 ^d	4.75±0.05 ^a	4.2 ^b	4.3 ^b
T7	3.7±0.2 ^c	3.9±0.14 ^{de}	3.95±0.08 ^f	3.85±0.07 ^d	3.8±0.1 ^f
T8	3.3 ^g	3.55±0.07 ^g	3.65±0.21 ^g	3.5 ^d	3.4±0.1 ^j
T9	4.2 ^c	4.35±0.05 ^b	4.25±0.06 ^c	4.35±0.06 ^a	4.3 ^b
T10	2 ^j	2.8 ^j	2.15±0.2 ^l	2.1±0.07 ^k	2 ^p
T11	2 ^j	2.75±0.05 ^j	2.05±0.03 ^l	2 ^l	2 ^p
T12	2 ^j	2.95±0.07 ⁱ	2 ^l	2 ^l	2 ^p
T13	3.7±0.1 ^c	4.2 ^c	4.45±0.08 ^c	3.55±0.08 ^d	3.9 ^e
T14	3.5 ^f	3.85±0.07 ^e	3.6±0.14 ^{gh}	2.95±0.07 ^g	3.5±0.1 ⁱ
T15	4.1±0.1 ^d	4 ^d	4.5±0.14 ^{bc}	4.25±0.06 ^b	4.1±0.1 ^d
T16	3.3±0.2 ^g	3.55±0.07 ^g	3.9±0.1 ^f	2.95±0.06 ^g	3.3±0.1 ^k
T17	3.1±0.1 ^h	3.35±0.05 ^h	3.7±0.09 ^g	2.7±0.14 ^h	3 ^m
T18	4.4±0.2 ^b	4.35±0.09 ^b	4.2 ^{ef}	4.35±0.05 ^a	4.2 ^c
T19	2 ^j	2.75±0.04 ^j	2.15±0.02 ^l	2 ^l	2 ^p
T20	2 ^j	2.6 ^k	2 ^l	2 ^l	2 ^p
T21	2 ^j	2.75±0.07 ^j	2.2±0.3 ^l	2 ^l	2.1±0.1 ^o
T22	3.7±0.1 ^c	4.05±0.07 ^d	4.3±0.2 ^c	3.15±0.05 ^f	3.7 ^g
T23	3.1 ^h	3.55±0.04 ^g	2.65±0.07 ^k	3.1±0.1 ^f	3 ^m
T24	3.6±0.1 ^{ef}	3.65±0.07 ^f	3.65±0.07 ^g	3.95±0.06 ^c	3.7 ^g
T25	3.4±0.1 ^f	3.45±0.06 ^g	3.35±0.05 ⁱ	3.55±0.04 ^d	3±0.1 ^m
T26	3±0.06	3.25±0.05 ⁱ	3.05±0.03 ^j	3.3 ^c	2.7±0.1 ⁿ
T27	4.1±0.1 ^d	4.4 ^b	4.2 ^{ef}	4.35±0.07 ^a	4.2 ^c
T28	2 ^j	2.9±0.1 ⁱ	2.1±0.06 ^l	2.15±0.21 ^k	2 ^p
T29	2 ^j	2.85±0.03 ^{ij}	2.05±0.06 ^l	2 ^l	2 ^p
T30	2 ^j	2.75±0.07 ^j	2 ^l	2 ^l	2 ^p
T31	3.7±0.08 ^c	4 ^d	4.25±0.08 ^c	2.75±0.07 ^h	3.7±0.1 ^g
T32	3.3 ^g	3.55±0.05 ^g	2.65±0.05 ^k	2.55±0.05 ⁱ	3.1±0.1 ^l

T33	3.7 ^e	3.65±0.07 ^f	3.75±0.04 ^f	3.6±0.15 ^d	3.6 ^h
T34	3.1 ^h	3.3 ^{hi}	3.9±0.14 ^f	2.75±0.04 ^h	3.1±0.1 ^l
T35	2.7±0.2 ⁱ	2.95±0.04 ⁱ	3.55±0.07 ^{gh}	2.45±0.08 ^j	2.7±0.2 ⁿ
T36	4.2 ^c	4.35±0.07 ^b	4.25±0.06 ^c	4.25±0.07 ^b	4.3 ^b

۴- نتیجه گیری کلی

خمیر ترش محتوی ل. پلانتاروم و مخمر می تواند در دستیابی به نتایج مطلوب مثر ثمر باشد. زیرا نتایج ارزیابی حسی نشان داد اختلاف معنی داری بین تیمار محتوی ۱۰۰٪ آرد گندم و نمونه محتوی ۱۵٪ آرد یولاف وجود نداشت و امتیاز پذیرش کلی تیمار ۱۵٪ از تیمار ۵ و ۱۰٪ آرد یولاف بیشتر بود. در مجموع، یافته ها نشان می دهند که استفاده از خمیر ترش ترکیبی می تواند به تولید نانی با ویژگی های حسی و کیفی برتر منجر شود، اما نیاز به کنترل دقیق فرآیندها برای جلوگیری از افزایش سفتی و بیاتی سریع نان ها وجود دارد. این نتایج می تواند به بهبود فرمول های نان و افزایش رضایت مصرف کنندگان کمک کند.

این مطالعه تأثیر فرمول های مختلف خمیر ترش بر کیفیت نان را بررسی کرد. نتایج نشان داد که افزودن ترکیبی از خمیر ترش شامل آرد گندم، آرد یولاف، س. سرویزیه و ل. پلانتاروم، باعث بهبود قابل توجهی در ویژگی های حسی نان، از جمله طعم، بو، ظاهر، بافت و پذیرش کلی شد. این بهبودها به دلیل پروفایل طعم پیچیده تر و ساختار مغزی بهتر نان بود. در مقابل، نان های حاوی ل. پلانتاروم بدون مخمر، بالاترین میزان سفتی را داشتند که به دلیل کاهش pH و فعالیت آنزیم های پروتئولیتیک بود که منجر به تجزیه پروتئین های گلوتن و کاهش استحکام شبکه گلوتنی شد. همچنین جایگزینی ۱۵٪ از آرد گندم با یولاف با کاربرد

۵- منابع

- [1] Korcari, D., et al., *Technological properties, shelf life and consumer preference of spelt-based sourdough bread using novel, selected starter cultures*. Lwt, 2021. 151: p. 112097.
- [2] Bartkiene, E., et al., *Parameters of rye, wheat, barley, and oat sourdoughs fermented with Lactobacillus plantarum LUHS 135 that influence the quality of mixed rye-wheat bread, including acrylamide formation*. International Journal of Food Science & Technology, 2017. 52(6): p. 1473-1482.
- [3] Alper, A. and A. Altan, *Recent Advances in the Use of Sourdough Fermentation to Improve the Quality of Gluten-Free Bakery Products*. Sourdough Microbiota and Starter Cultures for Industry, 2024: p. 461-492.
- [4] Kumar, V., et al., *Antibacterial property of bacteriocin produced by Lactobacillus plantarum LD4 isolated from a fermented food*. Annals of Microbiology, 2016. 66: p. 1431-1440.
- [5] Li, Z., et al., *Effect of Lactobacillus Plantarum DM 616 on Dough Fermentation and Chinese Steamed Bread Quality*. Journal of Food Processing and Preservation, 2015. 39(1): p. 30-37.
- [6] Ventimiglia, G., et al., *Codominance of Lactobacillus plantarum and obligate heterofermentative lactic acid bacteria during sourdough fermentation*. Food microbiology, 2015. 51: p. 57-68.
- [7] Urošević, D., et al., *Protein Content and Amino Acid Composition in Seed of Bread Wheat (Triticum aestivum L.)*. Genetika, 2023. 55(1): p. 301-318.
- [8] Krochmal-Marczak, B., R. Tobiasz-Salach, and J. Kaszuba, *The effect of adding oat flour on the nutritional and sensory quality of wheat bread*. British Food Journal, 2020. 122(7): p. 2329-2339.
- [9] Teleky, B.-E., et al., *Exploitation of lactic acid bacteria and Baker's yeast as single or multiple starter cultures of wheat flour dough enriched with soy flour*. Biomolecules, 2020. 10(5): p. 778.
- [10] Welker, H. and L.A. Adams, *Professional bread baking*. 2016: John Wiley & Sons.
- [11] AACC, *Approved methods of the American association of cereal chemists*. Vol. 1. 2000: American Association of Cereal Chemists.
- [12] Jin, J., et al., *Characteristics of sourdough bread fermented with Pediococcus pentosaceus and Saccharomyces cerevisiae and its bio-preservative effect against Aspergillus flavus*. Food Chemistry, 2021. 345: p. 128787.
- [13] Cakir, E., M. Arici, and M.Z. Durak, *Effect of starter culture sourdough prepared with Lactobacilli and Saccharomyces cerevisiae on the quality of hull-less barley-wheat bread*. Lwt, 2021. 152: p. 112230.

- [14] Dapčević-Hadnadev, T., et al., *Processing strategies to improve the breadmaking potential of whole-grain wheat and non-wheat flours*. Discover Food, 2022. 2(1): p. 11.
- [15] Ogunsakin, O., et al., *Microbiological and physicochemical properties of sourdough bread from sorghum flour*. International Food Research Journal, 2015. 22(6).
- [16] Jitrakbumrung, S. and N. Therdthai, *Effect of addition of sourdough on physicochemical characteristics of wheat and rice flour bread*. Agriculture and Natural Resources, 2014. 48(6): p. 964-969.
- [17] Vučurović, V.M., et al., *Influence of yeast extract enrichment on fermentative activity of Saccharomyces cerevisiae and technological properties of spelt bread*. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 2022. 28(1): p. 57-66.
- [18] Katina, K., et al., *Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread*. LWT-Food Science and Technology, 2006. 39(10): p. 1189-1202.
- [19] Hu, Y., et al., *Lactic acid bacteria synergistic fermentation affects the flavor and texture of bread*. Journal of Food Science, 2022. 87(4): p. 1823-1836.
- [20] Gänzle, M.G., *Enzymatic and bacterial conversions during sourdough fermentation*. Food microbiology, 2014. 37: p. 2-10.
- [21] Zhang, Y., et al., *Effects of Wheat Oligopeptide on the Baking and Retrogradation Properties of Bread Rolls: Evaluation of Crumb Hardness, Moisture Content, and Starch Crystallization*. Foods, 2024. 13(3): p. 397.
- [22] Gu, M., et al., *Effects of a commercial peptidase on rheology, microstructure, gluten properties of wheat dough and bread quality*. Lwt, 2022. 160: p. 113266.
- [23] Flander, L., et al., *Effects of wheat sourdough process on the quality of mixed oat-wheat bread*. LWT-Food Science and Technology, 2011. 44(3): p. 656-664.
- [24] Hajinia, F., A. Sadeghi, and A. Sadeghi Mahoonak, *The use of antifungal oat-sourdough lactic acid bacteria to improve safety and technological functionalities of the supplemented wheat bread*. Journal of Food Safety, 2021. 41(1): p. e12873.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

P Investigating the Effect of Adding *Lactobacillus plantarum* and Oat Flour on the Quality Characteristics of Barbari Bread

Masooome Sayadi¹, Akram Arianfar^{*2}, Ali Mohamadi Sani³, Zahra Sheikholeslami⁴

1-Department of Food Science and Technology, Qu.C, Islamic Azad University, Quchan,Iran.

2*-Department of Food Science and Technology, Qu.C, Islamic Azad University, Quchan,Iran.

3-Department of Food Science and Technology, Qu.C, Islamic Azad University, Quchan,Iran

4- Associate Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Islamic Republic of Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/9/28 Accepted:2025/4/22 Keywords: Sourdough, <i>Lactobacillus plantarum</i>, bread, oat flour DOI: 10.22034/FSCT.22.166.30. *Corresponding Author E- ak_arianfar@iau.ac.ir	This study investigated the effects of different sourdough formulations and varying replacement levels of wheat flour with oat flour on the technological and sensory properties of bread. The experimental design included nine sourdough formulations (W-Lb, O-Lb, W-O-Lb, W-Sc [control sample], O-Sc, W-O-Sc, W-Lb-Sc, O-Lb-Sc) and four wheat flour substitution levels with oat flour (0%, 5%, 10%, and 15%). The results showed that bread samples without <i>Lactobacillus plantarum</i> exhibited the highest moisture content. The presence of <i>L. plantarum</i> significantly affected pH, leading to a noticeable reduction. Additionally, sourdough fermented with <i>L. plantarum</i> significantly decreased the specific volume of bread compared to the control. Texture profile analysis revealed that sourdoughs containing wheat flour, oat flour, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>, and <i>L. plantarum</i> exhibited the lowest firmness levels, ranging between 2098–3993 gf. In contrast, sourdoughs without <i>Saccharomyces cerevisiae</i> showed significantly higher firmness levels (6300–12162 g.f). Sensory evaluations indicated that breads produced with sourdough containing wheat flour, oat flour, <i>S. cerevisiae</i>, and <i>L. plantarum</i> received the highest overall scores for taste, aroma, texture, appearance, and overall acceptance. Conversely, yeast-free samples received the lowest ratings. Based on these findings, the optimal bread formulation consisted of sourdough containing wheat flour, oat flour, <i>L. plantarum</i>, and <i>S. cerevisiae</i>, with 15% wheat flour substitution by oat flour.