Archive of SID

Food Technology & Nutrition / Summer 2020 / Vol. 17 / No. 3

اثر تخمیر خمیر ترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتری* بر خواص حسی، فیزیکوشیمیایی و بیاتی نان جو

فاطمه دهقان خلیلی[a]، زهرا ارجائی[b*]

[a] دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران
[b] مربی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۰۷

چکیده

مقدمه: آرد جو یک ماده غذایی ارزان، مغذی و پرفیبر بوده و کاربرد فراوانی در صنایع غذایی به ویژه در محصولات پخت دارد. امروزه نقش فیبر در رژیم غذایی انسان و تأثیر آن در سلامت و پیشگیری از بیماری‌های مزمن نظیر چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت و سرطان‌های دستگاه گوارش حایز اهمیت است. در خمیرترش، باکتری‌های اسید لاکتیک نقش کلیدی در فرآیند تخمیر را بر عهده دارند، تخمیر به واسطه خمیر ترش با اثرات متقابل باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمرها نقش مهمی در بهبود طعم، بافت و ماندگاری فراورده‌های نانوایی ایفا می کند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق از تخمیر لاکتیکی حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* به عنوان مخلوط آغازگر جهت بهبود خصوصیات نان جو استفاده شد. به این منظور *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* در محیطی شامل آب و آرد کشت شد و از خمیر ترش حاصل برای تولید نان جو استفاده گردید. پس از پخت نان، میزان بیاتی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی محصول تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که استفاده از آغازگرها منجر به افزایش محتوای رطوبت و حفظ بهتر آن، کاهش pH، افزایش حجم مخصوص، و کاهش میزان سفتی و بیاتی نسبت به نمونه شاهد گردید. نان‌های خمیرترشی حاوی مخلوط آغازگرها امتیاز ارگانولپتیکی بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند.

نتیجه‌گیری: استفاده از ترکیب دو آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* می‌تواند کشت آغازگر مناسبی برای تولید خمیرترش و نانی با کیفیت مطلوب مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *بیاتی، خمیرترش، لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس روتاری، نان جو*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: erjaee.z@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یکی از مهمترین منابع تأمین‌کننده پروتئین، کربوهیدرات ها، مواد معدنی و فیبر برای بشر دانه‌های غلات می‌باشد. علاوه بر این آن‌ها می‌توانند به عنوان منابع کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم استفاده شوند که در کنار تقویت چندین اثر سودمند فیزیکی با دارا بودن فیبر محلول در آب مثل بتاگلوکان، آرابینوزایلان و الیگوساکاریدهایی مانند گالاکتو الیگوساکارید و فروکتو الیگوساکارید و نشاسته، به طور انتخابی رشد لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکتریوم‌های موجود در روده بزرگ را تحریک کنند و به عنوان پری بیوتیک عمل کنند و برای غنی سازی محتوای پری بیوتیک پیشنهاد شوند. دانه های کامل منابعی از فیتوکمیکال‌هایی مثل فیتواسترول، ترکیبات فنولیک، آنتی اکسیدان‌ها و فیتیک اسید می‌باشند. کیفیت تغذیه‌ای دانه‌ها گاهی اوقات نسبت به شیر کمتر است که این به دلیل محتوای پروتئینی کمتر، کمبود اسید آمینه-های خاص مثل لیزین، عدم قابلیت بالای هضم نشاسته، ماهیت سخت دانه‌ها و وجود ترکیبات ضد تغذیه‌ای مثل اسیدفیتیک، تانن و پلی فنل‌ها است. این ترکیبات به طور گسترده در ساختار شیمیایی و عملکردشان متفاوتند، بنابراین با تخمیر می‌توان باعث کاهش سطح کربوهیدرات‌ها، پلی الیگوساکاریدهای غیر قابل هضم، بهبود کیفیت پروتئین و سطح لیزین گردید. همچنین ممکن است بعضی از اسیدهای آمینه سنتز شوند و قابلیت دسترسی به ویتامین‌های گروه B افزایش یابد. تخمیر همچنین اپتیمم pH را برای تجزیه آنزیمی فیتات و آزادسازی مواد معدنی مثل منگنز (فاکتور مهم رشد برای باکتری‌های اسیدلاکتیک) آهن، روی و کلسیم را فراهم می‌کند. سویه‌های لاکتوباسیلوس به عنوان میکروارگانیسم های پیچیده ای هستند که برای رشد به کربوهیدرات‌های قابل تخمیر، آمینواسیدها، ویتامین‌های گروه B، نوکلئیک اسیدها و مواد معدنی احتیاج دارند، یک راه ارزان برای بدست آوردن سوبسترای غنی برای رشد میکرو ارگانیسم، تخمیر غلات می‌باشد (Kedia *et al*., 2007; Imase *et al*., 2007).

خمیر ترش یک سیستم بیولوژیکی بسیار پیچیده است و اساس تشکیل آن هم زیستی بین فلور میکروبی آرد و کشت-های تجاری لاکتو باسیل می‌باشد که به‌عنوان آغازگر اختصاصی و به دلایل خاص مانند بهبود آروما و طعم، زمان ماندگاری، ارزش تغذیه ای و یا حتی خواص سلامتی بخش در فرایند تخمیر نان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Katina *et al*., 2005; Thiele, 2003). با استفاده از خمیر ترش در تولید نان، امکان ورآوری خمیر نان با افزودن مقدار کم یا بدون افزودن مخمر نانوایی فراهم می‌شود، ویژگی های خمیر بهبود می‌یابد و بافت، عطر و طعم چنین نانی در مقایسه با نان ور آمده توسط مخمر نانوایی برتر خواهد بود (Kulp , 2003). همچنین با افزودن خمیر ترش زمان ماندگاری نان طولانی‌تر می‌شود و کپک زدگی و فساد طنابی در نان به تأخیر می‌افتد. این مزایا در نتیجه ساز و کار مشترک مخمرها و باکتری‌های لاکتیک اسید فراهم می‌شود که میکرو ارگانیسم‌های غالب در خمیر ترش‌های طبیعی هستند. ساز و کار لاکتیک اسید باکتری‌ها با تولید اسید آلی همراه است و مخمرها ترکیبات معطر تولید می‌کنند (Robert *et al*., 2006).

مواد و روش ها

- آماده سازی سویه‌های باکتریایی

باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* ATCC 1058 (باکتری هتروفرمانتاتیو) و باکتری *لاکتوباسیلوس روتری* ATCC 1655 (باکتری هتروفرمانتاتیو) استریل به محیط کشت(MRS broth (Merk, Germany انتقال داده شدند. محیط کشت‌های تلقیح شده در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرم‌خانه گذاری شدند (Peghambardoost *et al*., 2010).

- تهیه سوسپانسیون باکتری برای تلقیح به خمیر ترش

به منظور آماده سازی مایه‌های تلقیحی اولیه، حجم مورد نیاز از کشت‌های باکتریایی پس از گرم خانه‌گذاری باکتری‌ها در ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت با دور همزن ۸۰۰۰ rpm و به مدت ۱۰ دقیقه سانترفیوژ شد. در پایان باکتری‌های ته نشین شده با استفاده از آب مقطر استریل شست و شو داده و جداسازی شد. باکتری‌های ته نشین شده با استفاده از آب مقطر استریل دو بارشستشو داده و هر کدام از باکتری‌های مورد نظر به10^7 Cfu/ml رقیق شده و در نهایت به سوبسترای اولیه اضافه شد (Peghambardoost *et al*., 2010).

www.SID.ir

Archive of SID

- آماده سازی خمیر ترش

سوبسترای تشکیل شده از آرد و آب به نسبت۱ به ۲ تهیه گردید و به میزان باکتری 10^7به ازای هر گرم خمیر از کشت‌های باکتریایی فعال *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتری* به آن تلقیح شد. عملیات تخمیر در دمای ۳۷ °C با دور همزنrpm ۳۰۰۰ تا رسیدن به pH=۴/۳۳ انجام شد. ۱۰ گرم از نمونه خمیرترش با ۹۰ میلی لیتر آب مخلوط و همگن شد و عملیات تخمیر تا رسیدن به pH=۴/۳۳ ادامه یافت (Robert *et al*., 2006).

- تهیه خمیر و پخت نان

برای تهیه خمیر نان شاهد بر پایه ۱۰۰گرم نان از فرمول زیر استفاده شد:

۱۰۰گرم آرد- آب ۵۵/۵ میلی لیتر- نمک ۱/۵ گرم- مخمر نانوایی ساکارومایسز سرویزیه ۲ گرم - بهبود دهنده ۱ گرم – شکر ۱ گرم.

برای تهیه خمیرنان حاوی تخمیر لاکتیکی بر پایه ۱۰۰گرم نان از فرمول زیر استفاده شد:

۱۰۰گرم آرد- آب ۵۵/۵ میلی لیتر- نمک ۱/۵ گرم- مخمر نانوایی ساکارومایسز سرویزیه ۲ گرم - بهبود دهنده ۱ گرم - شکر ۱ گرم، خمیر ترش ۲۰ گرم

تخمیر اولیه در محفظه تخمیر با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌شود. خمیرها به چانه‌های ۵۰ گرمی تقسیم شده و در قالب‌ها قرار داده شد. تخمیر نهایی به مدت ۴۰ دقیقه در محفظه تخمیر با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد صورت گرفت. پخت در دمای ۳۰۰-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام می شود.

نان‌ها پس از پخت به منظور تازه ماندن و جلوگیری از کاهش شدید رطوبت در کیسه‌های پلی اتیلن بسته‌بندی شد.

- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نان

- اندازه گیری pH

مطابق استاندارد شماره ۳۷ (ویژگی‌های بیسکوییت) انجام شد. به این ترتیب که ابتدا ۱۰ گرم نان با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر تازه جوشیده شده کاملا مخلوط و سپس به مدت ۲۰ دقیقه زمان داده تا ذرات نان ته نشین شوند. سپس بدون صاف کردن، pH محلول فوقانی به وسیله pH متر تعیین گردید.

- اندازه‌گیری درصد رطوبت

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC،۲۰۰۰ شماره ۱۶-۴۴ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و درصد رطوبت آن‌ها بر اساس فرمول زیر اندازه گیری شد.

$$\text{محتوای رطوبت}(\%) = \frac{\text{وزن نمونه خشک شده}-\text{وزن نمونه نان}}{\text{وزن نمونه نان}} \times 100$$

- محتوای رطوبت مغز نان

در این آزمون ابتدا بوسیله کاتر پوسته نان را جدا نموده سپس مغز نان توسط پنس جدا شده و رطوبت آن از اختلاف بین وزن پلیت و نمونه قبل از آون گذاری (۲ ساعت در آون ۲±۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و پس از آون گذاری حاصل شد (Seres *et al*., 2005).

- اندازه‌گیری حجم

حجم نان‌های تولیدی در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید با استفاده از آزمون جایگزینی دانه کلزا مطابق با استاندارد AACC به شماره ۰۵-۱۰ انجام گرفت. پس از محاسبه حجم نان، حجم مخصوص نان از تقسیم حجم نان بر جرم آن برحسب گرم/ سانتی متر مکعب بدست آمد (Shittu *et al*., 2008).

- آزمون بافت نان

نوع آزمون فشردن می‌باشد. اندازه‌گیری بررسی میزان سفتی مغز نان در فواصل زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید توسط دستگاه بافت سنج بروکفیلد مدل CT3 4500 انجام شد. نان‌ها با ضخامت ۲۵ میلی‌متر تهیه شد سپس آزمون با استفاده از پروب استوانه ای TA41 با سرعت ۱ میلی متر بر ثانیه و میزان فشردگی ۵۰ درصد ارتفاع کل انجام شد.

- ارزیابی حسی نان

برای این منظور، مطابق با استانداردAACC روش۳۰-۷۴، تعداد ۱۰ نفر (مرد و زن) از بین افراد آموزش دیده انتخاب و جهت ارزیابی حسی از روش هدونیک ۵ امتیازی استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

گردید. به این صورت که عدد ۱ کمترین امتیاز و عدد ۵ بیشترین امتیاز را دارد. در این مرحله به هر ارزیاب یک نمونه کدگذاری شده به همراه یک لیوان آب و یک فرم امتیازدهی داده خواهد شد. داورها تمام نمونه‌ها را به صورت تصادفی ارزیابی خواهند کرد و بین هر یک از نمونه‌ها آب نوشیده می‌شود. به این ترتیب فاکتورهای تاثیرگذار نان نظیر رنگ، طعم، بافت، قابلیت جویدن و تردی مورد ارزیابی قرار گرفت. در آخر مجموع تمام امتیازات نهایی بر عدد ۲۰ تقسیم شده تا امتیاز نان (عدد کیفی نان) به دست آید.

- تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج در چارچوب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها و بررسی معنی‌داری بین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) و از طریق نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام گرفت.

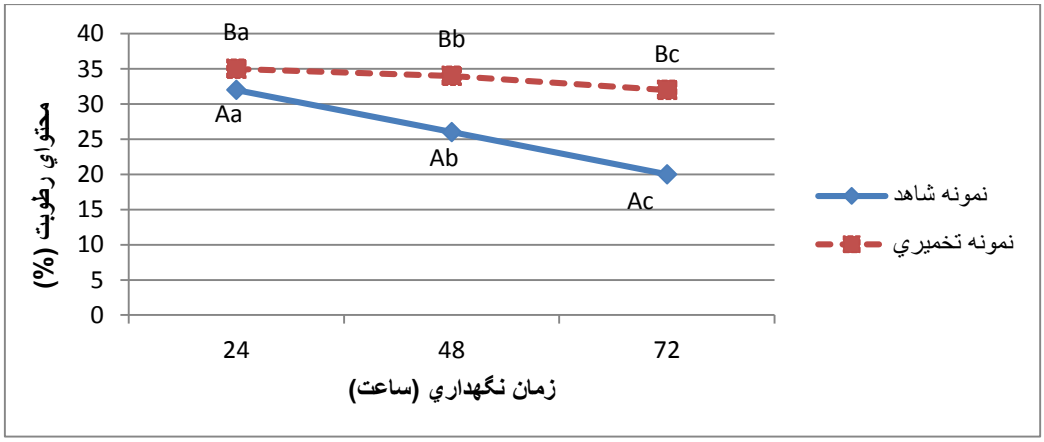
یافته‌ها

- محتوای رطوبت نان

محتوای رطوبت نمونه شاهد و نمونه حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* در ۲۴ ساعت پس از تولید به ترتیب ۳۱/۹۷ و ۳۵/۳۰ درصد بودند که در واقع نشان می‌دهد، افزودن باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* به نان به صورت معنی‌داری محتوای رطوبت نان را افزایش می‌دهد. محتوای رطوبت نان با گذشت زمان (طی ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید) به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. میزان افت محتوای رطوبت نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش در ۷۲ ساعت پس از تولید به ترتیب ۱۱/۸۶ و ۷/۳۳ درصد بود که نشان می دهد نمونه‌های حاوی خمیرترش توانایی بالاتری در حفظ رطوبت در طی دوره نگهداری دارند. بر اساس نمودار ۱ محتوای رطوبت نمونه شاهد و نمونه نان حاوی خمیرترش در ۷۲ ساعت پس از تولید به ترتیب ۲۰/۱۱ و ۲۷/۹۷ درصد بود.

- محتوای رطوبت مغز نان

نتایج در جدول ۱ نشان می‌دهد که در ۲۴ ساعت پس از تولید محتوای رطوبت مغز نان نمونه حاوی خمیرترش (۳۷/۲۹ درصد) به صورت معنی داری بیشتر از نمونه شاهد (۳۴/۰۰ درصد) بود. همچنین با گذشت زمان نگهداری (به ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید) کاهش معنی‌داری در محتوای رطوبت مغز نان بود میزان افت محتوای رطوبت نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش در ۷۲ ساعت پس از تولید به ترتیب ۱۲/۵۶ و ۷/۳۷ درصد بود که نشان می دهد نمونه‌های حاوی خمیرترش توانایی بالاتری در حفظ رطوبت در طی دوره نگهداری دارند.



نمودار ۱- محتوای رطوبت نمونه شاهد و نمونه نان حاوی باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* در ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت پس از تولید

در بین نمونه‌ها (نمونه شاهد و نمونه تخمیری لاکتیکی) و در یک زمان نگهداری مشخص، داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در یک نمونه مشخص و در زمان‌های نگهداری مختلف، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

- تغییرات pH نان

در ۲۴ ساعت پس از تولید، مقدار pH نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیر ترش به ترتیب ۵/۵۰ و ۵/۰۳ بود که نشان می‌دهد pH نمونه حاوی خمیرترش به صورت معنی‌داری از نمونه شاهد کمتر است. این مسأله نشان دهنده اسیدی تر بودن نان حاوی خمیر ترش می‌باشد و دلیل این مسأله مربوط به تولید اسید لاکتیک توسط باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* در طی دوره تخمیر خمیر می باشد. بر اساس نمودار ۲، با گذشت زمان (طی ۷۲ ساعت پس از تولید)، pH کلیه نمونه‌ها به صورت معنی‌دار کاهش یافت که نشان دهنده اسیدی تر شدن نان با گذشت زمان است. مقدار pH نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش با گذشت ۷۲ ساعت پس از تولید به ترتیب ۵/۳۲ و ۴/۷۲ بود که نشان می‌دهد در طی دوره نگهداری مقدار pH نمونه نان حاوی خمیر ترش به میزان بیشتری نسبت به نمونه شاهد کاهش می یابد.

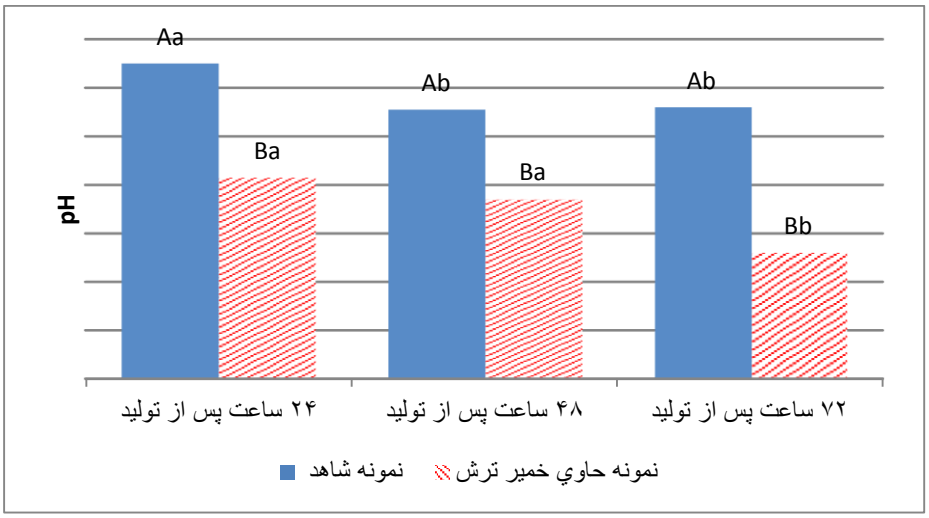
- حجم مخصوص نان

افزودن خمیرترش حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* به نان منجر به افزایش معنی‌دار حجم مخصوص می گردد در ۲۴ ساعت پس از تولید حجم مخصوص نمونه شاهد و نمونه نان حاوی خمیرترش به ترتیب ۱/۴۶ و ۱/۹۶ میلی لیتر/گرم بود. همچنین با گذشت زمان نگهداری به ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید، شاهد کاهش معنی‌دار حجم مخصوص هر دو سری نمونه بودیم. حجم مخصوص نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش پس از ۷۲ ساعت نگهداری به ترتیب ۱/۲۸ و ۱/۵۷ میلی لیتر/گرم بود (نمودار ۳).

جدول ۱- محتوای رطوبت مغز نان (آزمون اسپرینگ) نمونه شاهد و نمونه حاوی باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید

نمونه‌ها	محتوای رطوبت مغز نان (٪)		
	۲۴ ساعت پس از تولید	۴۸ ساعت پس از تولید	۷۲ ساعت پس از تولید
نمونه شاهد	۳۴/۰۰±۰/۲۵^{Ab}	۲۸/۲۵±۱/۷۳^{Bb}	۲۱/۴۴±۰/۵۰^{Cb}
نمونه حاوی خمیرترش	۳۷/۲۹±۰/۵۱^{Aa}	۳۳/۷۹±۰/۷۰^{Ba}	۲۹/۹۲±۰/۷۱^{Ca}

در هر ردیف داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی دار می باشند. در هر ستون، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی دار می باشند.



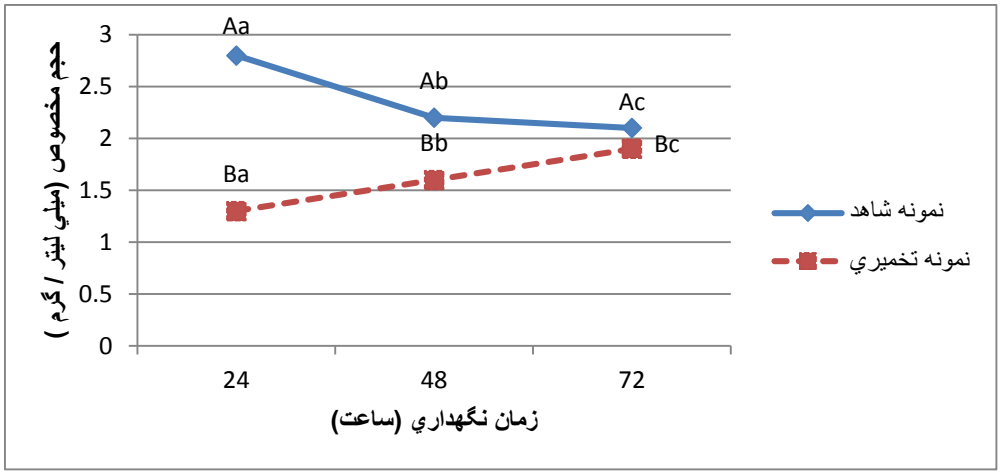
نمودار ۲- مقدار pH نمونه نان شاهد و نمونه تخمیر لاکتیکی باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید

در بین نمونه‌ها (نمونه شاهد و نمونه تخمیری لاکتیکی) و در یک زمان نگهداری مشخص، داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می باشند.

در یک نمونه مشخص و در زمان‌های نگهداری مختلف، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۳- حجم مخصوص نمونه نان شاهد و نمونه حاوی تخمیر لاکتیکی با باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید

در بین نمونه‌ها (نمونه شاهد و نمونه تخمیر لاکتیکی) و در یک زمان نگهداری مشخص، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در یک نمونه مشخص و در زمان‌های نگهداری مختلف، داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

- ارزیابی بافت نان

میزان سفتی نمونه حاوی خمیرترش به صورت معنی‌دار از نمونه شاهد کمتر بود. پارامتر سفتی نمونه شاهد و نمونه حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* در ۲۴ ساعت پس از تولید به ترتیب ۵۱۲/۵ و ۲۶۳/۵ گرم بود که در جدول ۲ آورده شده است. با گذشت زمان نگهداری تا ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید به صورت معنی‌دار افزایش سفتی هر دو سری نمونه نان دیده شد که نشان دهنده بیات شدن نمونه‌های نان با گذشت زمان است. میزان افزایش سفتی نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیر ترش پس از ۷۲ ساعت نگهداری به ترتیب ۶۹۲/۵ و ۱۱۰ گرم بود که نشان دهنده سرعت آهسته تر بیاتی نان حاوی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* می‌باشد.

- ویژگی‌ها حسی نان

ویژگی‌های حسی (رنگ پوسته، رنگ بافت، خاصیت ارتجاعی، تخلخل، نرمی بافت، طعم اسیدی و قابلیت جویدن) در طول ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت، افزودن باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* به نان منجر به افزایش معنی‌دار نمره نهایی ارزیابی حسی شد. نمره نهایی ارزیابی حسی نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش پس از۲۴ ساعت به ترتیب ۳/۴۹ و ۴/۲۶ بود. بر اساس جدول ۳، با گذشت زمان نگهداری به ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از تولید، نمره نهایی آزمون حسی هر دو سری نمونه شاهد و نمونه حاوی خمیرترش به صورت معنی‌داری کاهش یافتند. پس از گذشت ۷۲ ساعت از تولید، نمره نهایی ارزیابی حسی نمونه شاهد برابر با ۲/۳۳ و نمونه حاوی خمیرترش ۳/۴۴ بود.

بحث

- محتوای رطوبت

از مهم ترین پارامترهای تکنولوژیکی نان، محتوای رطوبت آن است. ویژگی‌هایی مانند حس تازگی، احساس دهانی مطلوب، تاخیر در بیاتی و مدت نگهداری نان مستقیماً تحت تاثیر محتوای رطوبت آن است. آب نقش حیاتی در بیاتی نان بازی می کند. نرم شدن پوسته و سخت شدن مغز نان مربوط به توزیع رطوبت (مهاجرت رطوبت از مغز به پوسته) در طول ذخیره سازی می باشد. بنابراین، کم کردن میزان تبخیر آب بافت داخلی نان می تواند راه حل مناسب تری نسبت به افزایش محتوای اولیه رطوبت نان برای مقابله با بیاتی باشد. با این حال، محتوای رطوبت بالاتر، سرعت سفت شدن ناشی از بیاتی نان را کندتر می کند. علاوه بر این، جداسازی پوسته از مغز نان (به این ترتیب از بین رفتن مهاجرت آب از مغز به پوسته) اگرچه ممکن است به حفظ بیشتر رطوبت در طول نگهداری کمک کند، اما ممکن است

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- شاخص سفتی بافت، نمونه نان شاهد و نان تخمیر لاکتیکی با باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* و نمونه شاهد در ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت پس از تولید

نمونه‌ها	سفتی (g)		
	۲۴ ساعت پس از تولید	۴۸ ساعت پس از تولید	۷۲ ساعت پس از تولید
نمونه شاهد	۵۱۲/۵ ±۱/۲^{Ac}	۸۷۴/۰±۲/۰^{Ab}	۱۲۰۵/۰±۲/۵^{Aa}
نمونه حاوی خمیرترش	۲۶۳/۵±۱/۸ ^{Bc}	۳۲۹/۰±۰/۹^{Bb}	۳۷۳/۵±۱/۰^{Ba}

در هر ردیف، داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار باشند. در هر ستون، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۳- نمره نهایی آزمون حسی نمونه نان شاهد و نمونه تخمیر لاکتیکی با باکتری‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus reuteri* در ۲٤، ٤٨ و ۷۲ ساعت پس از تولید

نمونه‌ها	نمره نهایی آزمون حسی		
	۲۴ ساعت پس از تولید	۴۸ ساعت پس از تولید	۷۲ ساعت پس از تولید
نمونه شاهد	۳/۴۹ ±۰/۱۵^{Ba}	۳/۰۶±۰/۰۹^{Bb}	۲/۳۳±۰/۵۰^{Bc}
نمونه حاوی خمیرترش	۴/۲۶±۰/۱۱ ^{Aa}	۳/۷۵±۰/۱۸^{Ab}	۳/۴۴±۰/۲۰^{Ac}

در هر ردیف، داده‌های نشان داده شده با حروف بزرگ متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. در هر ستون، داده‌های نشان داده شده با حروف کوچک متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

از سفت شدن مغز نان به طور کامل جلوگیری نکند (اگر چه در چنین شرایطی میزان سفت شدن با گذشت زمان پایین‌تر است). البته مقدار رطوبت بالا باعث محدود کردن عمر ماندگاری محصول می شود چرا که فعالیت آبی بیشتر و لذا فعالیت میکروارگانیسم‌ها در آن تشدید می‌گردد. (Baik and Chinachoti., 2000).

- محتوای رطوبت مغز نان

در طی گذشت زمان و انجام عمل بیاتی، رطوبت از مغز نان به سمت پوسته آن حرکت می‌کند. به گونه‌ای که در طی دوره نگهداری، رطوبت مغز نان کاهش می‌یابد و به پوسته نان منتقل شده و محتوای رطوبت پوسته نان را افزایش می‌دهد. در نتیجه ارزیابی محتوای رطوبت مغز نان می‌تواند از اهمیت به خصوصی برخوردار باشد (Baik and Chinachoti, 2000).

نمونه‌های دارای خمیرترش رطوبت بالاتری داشتند و کاهش میزان رطوبت آن‌ها با گذشت زمان کمتر بود. دلیل توانایی بهتر نمونه‌های حاوی خمیرترش در حفظ محتوای رطوبت در طول دوره نگهداری می‌تواند به تولید اگزوپلی‌ساکاریدهایی مانند فروکتان و لوان در طی تخمیر خمیرترش که قابلیت جذب و حفظ آب خمیر را بهبود می‌بخشد، مربوط باشد و می‌تواند به‌عنوان جایگزین هیدروکلوئیدهای گران قیمت مطرح شود.

اگزوپلی ساکاریدها معمولاً به عنوان صمغ شناخته شده و در محصولات نانوایی به عنوان بافت دهنده، ضد بیاتی یا افزودنی پریبیوتیک به منظور تازگی محصول استفاده می‌شوند. همچنین نگهداری گاز دی اکسیدکربن در خمیر تقویت شده و حجم نان حاصله از خمیر حاوی خمیرترش افزایش می‌یابد (Lacaze *et al*., 2007). علاوه بر این بتاگلوکان موجود در جو که یک پلی ساکارید هتروژن است، توانایی بالایی در جذب و حفظ آب دارد که همین مسأله نیز می تواند منجر به توانایی حفظ بهتر رطوبت و تاخیر بیاتی در طول دوره نگهداری نسبت به نان معمولی که تنها از آرد گندم تولید می‌شود، گردد (Pourmohammadi *et al*., 2009).

- تغییرات pH نان

مقدار pH خمیر و نان از مهم‌ترین پارامترهای تکنولوژیکی آن است. pH پایین تر باعث تسهیل عملیات مخلوط کردن و تسریع زمان مخلوط کردن از طریق تضعیف نسبی شبکه گلوتن می‌گردد. از طرف دیگر از اثرات مهم دیگر pH پایین‌تر، تشدید فعالیت آنزیم‌های غلات و

www.SID.ir

Archive of SID

آنزیم‌های باکتریایی است. به عنوان مثال pH بهینه جهت حداکثر فعالیت پروتئاز گندم حدود ۴ می‌باشد. در واقع آنزیم‌های پروتئولیتیک موجود در آرد در pHهای اسیدی فعالیت بیشتری از خود نشان می‌دهند و اهمیت این مطلب در مورد آردهایی که از گندم‌های بسیار سخت (با محتوای گلوتن بالا و قوی) حاصل شده‌اند، بسیار بیشتر است. در مورد آردهای دارای گلوتن بالا اگر پروتئولیز نسبی در طی تخمیر اتفاق نیفتد، به دلیل سفتی بیش از حد خمیر، شاهد کاهش حجم نان در طی پخت خواهیم بود و نان حاصل، بافت سفت و متراکمی دارد که به سختی قابل هضم می باشد. علاوه بر این با اسیدی شدن نسبی خمیر در طی تخمیر و به تبع آن تشدید پروتئولیز، ترکیبات پیش‌ساز برای تشکیل آروما و طعم (که در واقع اسیدهای آمینه حاصل از پروتئولیز هستند) توسط میکروارگانیسم‌ها بیشتر تولید شده و نان حاصل عطر و طعم مطلوب تری پیدا می‌کند (Bleukx *et al*., 1997; Paterson and Piggott, 2006; Arendt *et al*., 2007).

- حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نان که عبارت است از نسبت حجم به وزن حجم یک پارامتر فیزیکی بسیار مهم نان می باشد که مستقیماً بر بسیاری دیگر از ویژگی‌های کیفی نان مانند بیاتی، سهولت هضم و سفتی اثر می‌گذارد. از جنبه‌های مشتری پسندی و اقتصادی، هرچه حجم مخصوص نان بیشتر باشد، محصول تولیدی مقبولیت بالاتری نزد مصرف کننده و صرفه اقتصادی بیشتری برای تولید کننده خواهد داشت. در مجموع بین حجم مخصوص نان و سرعت بیاتی آن ارتباط معکوسی بر قرار است به گونه‌ای که هرچه حجم مخصوص نان بیشتر باشد، سرعت بیات شدن در آن کمتر خواهد بود. در نتیجه عاملی مانند افزایش سرعت هم زدن خمیر، میکروارگانیسم‌های مولد گاز و زمان طولانی‌تر تخمیر که حجم مخصوص را افزایش می دهند، بیاتی را به تاخیر می‌اندازند. با افزایش حجم مخصوص نان، تخلخل بافت آن افزایش می‌یابد و از طرف دیگر هوای محبوس در نان افزایش می‌یاید و همین مسأله منجر به کاهش پدیده رتروگراداسیون نشاسته که عامل اصلی بیات شدن نان است، می‌شود (Peghambardoost *et al*., 2014).

سرفراز و همکاران ، عنوان کردند که افزودن کشت‌های ترکیبی مخمر ساکارومایسز سرویزیه و باکتری‌های لاکتیک – اسید منجر به افزایش چشمگیر حجم مخصوص نسبت به نمونه کنترل می‌شود. آن‌ها این افزایش حجم مخصوص را با اسیدی تر شدن و کاهش pH خمیر در طی تخمیر به وسیله باکتری‌های لاکتیک – اسید در ارتباط دانستند و عنوان کردند که اسیدی‌تر شدن خمیر در طی تخمیر، فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک را تشدید کرده و تا حدی مقاومت شبکه گلوتن را محدود و انبساط و افزایش حجم نان در طی پخت را تسهیل می‌کند (Sarafraz *et al*., 2008).

- بافت نان

اکبریان میمند و همکاران، تاثیر استفاده هم زمان از باکتری‌های لاکتیک – اسید موجود در خمیرترش‌های بومی ایران (*لاکتوباسیلوس کروستروم*، *لاکتوباسیلوس رامنسوس*، *لاکتوباسیلوس پارالمینتریوس*، *لاکتوباسیلوس کازئی* و *لاکتوباسیلوس رئوتری*) و مخمر (*ساکارومایسس سروزیه* و *ساکارومایسس اگزیگوس*) را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج آن‌ها، میزان پارامتر سفتی تمامی تیمارهای حاوی کشت‌های آغازگر نسبت به نمونه شاهد (تنها حاوی مخمر) کمتر بود. سفتی و نرمی نان ارتباط مستقیمی با درجه الاستیسیته دارد. از طرفی الاستیسیته نان نیز به ساختار داخلی نان بستگی دارد. در صورتی که در خمیر به اندازه کافی اسید تولید نشود و ساختار گلوتن دست نخورده باقی بماند، نان خاصیت الاستیک خود را از دست می‌دهد و دارای بافتی سفت می‌شود (Akbarian Meymand *et al*., 2016).

سرافراز و همکاران ، عنوان کردند که سفتی (بیاتی) مغز نان با افزودن مخلوطی از باکتری‌های لاکتیک – اسید و مخمر به صورت معنی‌دار نسبت به نمونه شاهد (تنها حاوی مخمر) افزایش می‌یابد. همچنین مشابه تحقیق ما، سفتی کلیه نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش یافت ولی این افزایش سفتی و بیات شدن در نمونه‌های حاوی باکتری‌های لاکتیک – اسید کمتر بود. آن‌ها دلیل این مسأله را حفظ آب بهتر نمونه‌های حاوی خمیرترش به خاطر تولید اگزوپلی ساکاریدهای بیشتر در طول تخمیر دانستند(Sarafraz *et al*., 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

- ارزیابی حسی نان

Gharakani و همکاران (۲۰۱۶)، ویژگی‌های حسی نان‌های حاوی باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس (به صورت تکی و مخلوط) و نمونه شاهد را از نظر طعم و مزه اسیدی، قابلیت جویدن و نرمی بافت توسط افراد داور در طی زمان‌های صفر، ۲ و ۴ روز مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که امتیاز طعم و مزه اسیدی، قابلیت جویدن و نرمی بافت در همه نان‌ها با گذشت زمان نگهداری کاهش می‌یابد. در بین نان‌های حاوی خمیرترش، نان حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با نان‌های حاوی آغازگرهای تکی امتیاز بیشتری را از نظر طعم و مزه اسیدی، قابلیت جویدن و نرمی بافت به خود اختصاص داد. همچنین در مقایسه با نان شاهد، نان حاوی آغازگر ترکیبی از نظر ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌داری را در همه زمان‌های مورد مطالعه نشان نداد.

براساس بررسی‌های صورت گرفته، باکتری‌های اسیدلاکتیک در ایجاد عطر و طعم در نان نقش دارند، به طوری که تولید ترکیبات معطر فرار در خمیرترش به کشت آغازگر مورد استفاده بستگی دارد. البته نوع آرد، راندمان خمیر، درجه حرارت و زمان تخمیر نیز در تولید ترکیبات فرار و اسیدهای آلی تأثیر دارند. اسیدیته، اثر شدیدی بر طعم و مزه نان دارد. اسید استیک تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک هتروفرمنتاتیو، نه تنها عطر و طعم قوی ایجاد می‌کند، بلکه اثرگذاری دیگر اجزای مولد طعم را نیز افزایش می‌دهد (Katina *et al*., 2005; Moroni *et al*., 2009).

Meignen و همکاران (۲۰۰۱)، گزارش کردند که تخمیر با ترکیب آغازگرها، ترکیبات آرومای بیشتری را در خمیرترش نسبت به فرآیند تک آغازگر تولید کرد. نتایج نشان داد که اثرات تخمیر خمیرترش با *Lb. brevis* و مخمر ساکارومایسس سرویزیه روی ترکیبات آروما موثر بود و مخمر توسط *Lb. brevis* محدود گردید اما اسید استیک و ترکیبات آرومای بیشتری با آغازگرهای ترکیبی تشکیل شد.

نتیجه گیری

نان پرمصرف ترین فرآورده گندم است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۳۰ ٪ گندم تولید شده در زنجیره گندم، آرد و نان کشور به طرق مختلف هدر می‌رود که با توجه به تنگناهای ارزی موجود، ارزش این ضایعات حائز اهمیت است. یکی از دلایل ضایعات بالای نان در ایران، بیات شدن سریع آن است (کمتر از ۱۲ ساعت). در بیاتی، نان سفید و خشن شده و تردی خود را از دست می دهد. همچنین با بیات شدن، سطح نان تیره شده و در مغز نان کریستالیزاسیون نشاسته صورت می گیرد و در بو و طعم نان تغییراتی به وجود می‌آید. در سال‌های اخیر، بهبود ویژگی‌های تغذیه ای نان گندم بسیار مورد توجه قرار گرفته است که این عمل از طریق اختلاط آردهای مختلف انجام می‌شود و باعث افزایش ترکیبات معدنی، ویتامین‌ها، پروتئین و فیبرهای رژیمی در محصول نهایی می‌گردد. در این میان، جو غله ای است که به لحاظ دارا بودن مقادیر قابل توجه فیبر محلول بتا گلوکان، می توان آن را در بسیاری از فرمولاسیون‌های غذایی مورد استفاده قرار داد

افزودن خمیرترش حاوی آغازگرهای *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* منجر به بهبود ویژگی‌های کیفی نان جو مانند افزایش محتوای رطوبت و حفظ بهتر آن، کاهش pH، افزایش حجم مخصوص و کاهش میزان سفتی و بیاتی و همچنین بهبود ویژگی‌های حسی آن می‌شود. در نتیجه از کشت‌های آماده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتاری* می‌توان برای افزایش کیفیت تکنولوژیکی و حسی نان با موفقیت بهره گرفت.

سپاسگزاری

بدینوسیله از سرکار خانم زمانی که ما را در انجام این تحقیق در آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا یاری نمودند، تشکر و قدردانی می شود.

منابع

AACC. (1995). Approved Methods of Analysis of the American Association of Cereal Chemist. St. Paul, Minnesota, USA.

Akbarian Meymand, M. J., Khamiri, M., Sadeghi Mahonak, A., Alami, M., Faraji Kafshgari, S., Vatankhah, M. & Mahmoudi, M. (2016). Investigating the effect of sourdough on the quality of Barbari bread. Iranian Journal of Food Science and Technology, 13(51), 181-194. [In Persian].

www.SID.ir

Archive of SID

Anon. (1999). Biscuit features – Features and test method. National standard of Iran No.37. Iranian Institute of Standards and Industrial Research.

AOAC. (2000). Official Methods of Analaysis of the Association of Analytical Chemists.17th edition. Gaithersburg, Maryland, USA.

Arendt, E. K., Ryan, L. A. & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. Food microbiology, 24(2), 165-174.

Baik, M. Y. & Chinachoti, P. (2000). Moisture redistribution and phase transitions during bread staling. Cereal Chemistry, 77(4), 484-488.

Bleukx, W., Roels, S. P. & Delcour, J. A. (1997). On the presence and activities of proteolytic enzymes in vital wheat gluten, Journal of Cereal Science, 26(2), 183-193.

Gharakani, M., Aalami, M., Hejazi, M., Maghsoudloo, Y., Khamiri, M. & Njafian, G. (2016). The effect of Lactobacillus plantarum and Lactobaillus San Francisco primers on the technological characteristics of sourdough and bulk bread quality, Food Hygiene, 6(4), 15-28 [In Persian].

Imase, K., Tanaka, A., Tokunaga, K., Sugano, H., Ishida, H. & Takahashi, S. (2007). Lactobacillus reuteri tablets suppress Helicobacter pylori infection--a double-blind randomised placebo-controlled cross-over clinical study, Kansenshogaku zasshi. The Journal of the Japanese Association for Infectious Diseases, 81(4), 387-393.

Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L. & Poutanen, K. (2005). Potential of sourdough for healthier cereal products. Trends in Food Science & Technology, 16(1), 104-112.

Kedia, G., Wang, R., Patel, H. & Pandiella, S. S. (2007). Use of mixed cultures for the fermentation of cereal-based substrates with potential probiotic properties. Process Biochemistry, 42(1), 65-70.

Kulp, K. (2003). Baker's yeast and sourdough technologies in the production of U.S bread Products. In: Handbook of dough fermentations. Kulp, K. And Lorenz, K.(eds.) Marcel Dekker Inc., New York.

Moroni, A. V., Dal Bello, F. & Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue? Food Microbiology, 26(7), 676-684.

Meignen, B., Onno, B., Gélinas, P., Infantes, M., Guilois, S. & Cahagnier, B. (2001). Optimization of sourdough fermentation with Lactobacillus brevis and baker's yeast. Food Microbiology, 18(3), 239-245.

Paterson, A. & Piggott, J. R. (2006). Flavour in sourdough breads: a review, Trends in Food Science & Technology, 17(10), 557-566.

Peghambardoost, H., Golshan Tafti, A., Khorasanchi, N.m Hejazi, M. & Raft, A. (2010). Comparison of the effects of dry sourdough with fresh sourdough on sensory and stale characteristics of molded bread. Journal of Food Industry Research, 20/3(1), 163-175 [In Persian].

Peghambardoost, H., Raisi Kahouri, N. & Ayvazzadeh, A. (2014). The effect of dried yeast dough containing a mixture of *Lactobacillus* species on wheat flour quality and rheological properties of dough. Journal of Food Industry Research, 42(2), 614-623 [In Persian].

Pourmohammadi, K., Aalami, M., Shahedi, M. & Sadeghi Mahonak, A. (2009). Comparison of physicochemical properties of wheat bread containing barley without foliage with wheat bread containing barley with foliage. Journal of Iranian Food Industry Research, 5(2), 163-171 [In Persian].

Robert, H., Gabriel, V., Lefebvre, D., Rabier, P., Vayssier, Y. & Fontagné-Faucher, C. (2006). Study of the behaviour of *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc* starters during a complete wheat sourdough bread making process. LWT-Food Science and Technology, 39(3), 256-265.

Sarafraz, A., Azizi, M., Hamidi Isfahani, Z., Karimi Tarshizi, M. & Zafari, A. (2008). Effects of Lactic acid bacteria and bakery yeast on liquid sour dough. Iranian Journal of Nutrition and Food Industry, 3(2), 73-80 [In Persian].

Šereš, Z., Gyura, J., Filipović, N. & Simović, D. Š. (2005). Application of decolorization on sugar beet pulp in bread production. European Food Research and Technology, 221(1-2), 54-60.

Shittu, T. A., Dixon, A., Awonorin, S. O., Sanni, L. O. & Maziya-Dixon, B. (2008). Bread from composite cassava–wheat flour. II: Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. Food Research International, 41(6), 569-578.

Thiele, C. (2003). Hydrolysis of gluten and the formation of flavor precursors during sourdough fermentation (Doctoral dissertation, Technische Universität München).

www.SID.ir

Archive of SID

Food Technology & Nutrition / Summer 2020 / Vol. 17 / No.3

The Effect of Sourdough Fermentation Containing *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus reuteri* on the Sensory Properties, Physicochemical and Staling of Barley Bread

F. Dehghankhalili[a], Z. Erjaee[b*]

[a] M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.

[b] Academic Member of the Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran.

Received: 24 July 2018 Accepted: 26 February 2019

Abstract

Introduction: Barley flour is one of the most nutritious, inexpensive and rich fiber food stuff that has many applications in food industries especially in confectionary products. Nowadays, fibers role is very important in human health and preventing diseases such as obesity, heart disease, diabetes and cancers. Sourdough fermentation with interaction of lactic acid bacteria and yeasts is considered to play a key role in the improvement of flavor, texture and shelf-life properties of bakery products. In this study, bacterial lactic fermentation was performed by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus reuteri* as a primer mixture used to improve the characteristics of barley bread.

Materials and Methods: In order to carry out the work, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus reuteri* were cultured in a medium containing water and flour and used to produce sour paste for the production of barley bread. The amount of staling and physicochemical and organoleptic characteristics of the product was determined after baking.

Results: The results showed that the use of starters increased moisture content, pH, specific volume; decreased firmness and staling as compared to the control bread. Sourdough bread containing mixed starter gained higher organoleptic score as compared to the control bread.

Conclusion: The application of mixed starters consisting of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus reuteri* could be considered as a suitable starter culture for the production of sourdough and high quality bread.

Keywords: Barley Bread, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*, Sourdough, Staling.

* Corresponding Author: erjaee.z@gmail.com

علوم غذایی و تغذیه / تابستان ۱۳۹۹ / سال هفدهم / شماره ۳

www.SID.ir