تأثیر آغازگرهای *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* بر ویژگی‌های تکنولوژیکی خمیرترش و کیفیت نان حجیم

مهدی قره‌خانی[1*]، مهران اعلمی[2]، محمدامین حجازی[3]، یحیی مقصودلو[2]، مرتضی خمیری[2]، گودرز نجفیان[4]

۱. دانش‌آموخته دکتری تکنولوژی مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳. دانشیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی غرب و شمالغرب کشور، تبریز، ایران
٤. دانشیار بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج، ایران
* نویسنده مسئول مکاتبات: m.gharekhani@yahoo.com
(دریافت مقاله: ۹٤/۳/۳ پذیرش نهایی: ۹٤/۵/۲۷)

Archive of SID

چکیده

کاربردهای خمیرترش در تولید نان از دهه‌های اخیر به‌دلیل تمایل مصرف‌کنندگان به محصولات طبیعی محتوی نگهدارنده‌های شیمیایی کمتر، به‌طور مداوم در حال افزایش است. در خمیرترش، باکتری‌های اسید لاکتیک نقش کلیدی در فرایند تخمیر را بر عهده دارند. در این مطالعه از باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* به‌عنوان آغازگر تکی و از مخلوط آن‌ها به‌عنوان آغازگر ترکیبی در تهیه خمیرترش استفاده شد. نتایج حاصل نشان دادند که استفاده از آغازگرها باعث افزایش میزان دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن خمیرترش گردید و خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن را داشت. بیشترین تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک نیز در انتهای دوره تخمیر خمیرترش، مربوط به خمیرترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* بود. تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی میزان pH و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، خمیر و نان معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) و باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته قابل تیتر نان در مقایسه با نان شاهد گردید. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان نشان داد که خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با آغازگرهای تکی در ترکیب نان حجیم سبب افزایش ارتفاع، حجم مخصوص و تخلخل، کاهش سختی پوسته و سفتی مغز نان و به تعویق انداختن زمان ظهور پرگنه‌های کپک گردید. بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی نیز در بین نان‌های خمیرترشی به این تیمار تعلق گرفت. بنابراین استفاده از ترکیب دو آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می‌تواند کشت آغازگر مناسبی برای تولید خمیرترش و نانی با کیفیت مطلوب مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس*، خمیرترش، گندم، نان حجیم

www.SID.ir

مقدمه

یکی از ویژگی‌های اصلی نان، عطر و طعم مطلوب آن می‌باشد. اختلاف عمده‌ای در آرومای نان‌های مصرفی سرتاسر دنیا وجود دارد، که به‌دلایل منشأ جغرافیایی، نوع آرد، دستورالعمل تهیه نان و فرایند پخت می‌باشد. مهمترین عامل در تولید عطر و طعم نان، تخمیر خمیر و اختلاف در گونه کشت آغازگر به‌کار رفته و روش تخمیر می‌باشد (Chavan and Chavan, 2011). کاربردهای خمیرترش در تولید نان از دهه‌های اخیر به‌دلیل تمایل مصرف‌کنندگان به محصولات طبیعی محتوی نگه‌دارنده‌های شیمیایی کمتر، به‌طور مداوم در حال افزایش است (Plessas *et al.*, 2011). تخمیر خمیرترش یک فرآیند سنتی جهت بهبود ویژگی‌های حسی، ارزش تغذیه‌ای و زمان ماندگاری نان می‌باشد (Gerez *et al.*, 2008). خمیرترش محتوی باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر است که اسیدهای آلی، دی‌اکسید کربن و اتانول تولید می‌کنند. کشت‌های آغازگر برای تخمیرهای خمیرترش و محصولات آن‌ها بر اساس ویژگی‌های متابولیکی ویژه‌ای که برای نان مورد نظر نیاز است، انتخاب می‌شوند (Gobbetti *et al.*, 2005).

خمیرترش‌های مورد استفاده در صنعت نانوایی با توجه به شرایط متفاوت دمایی به سه دسته تقسیم می‌شوند. نوع اول خمیرترش‌هایی هستند که به‌وسیله تکنیک‌های سنتی تولید می‌شوند که براساس تکثیر مداوم میکروارگانیسم‌ها در دمای محیط (۲۰ تا ۳۰ درجه سلیسیوس) استوار است و طی زمان طولانی به دست می‌آیند. نوع دوم خمیرترش مایع است که توسط فرایند تخمیر یک مرحله‌ای به‌دست می‌آید و زمان تخمیر کوتاه‌تری دارد و تخمیر آن در دمای بالای ۳۰ درجه سلیسیوس صورت می‌گیرد و اغلب در فرآیندهای صنعتی به‌کار می‌رود. نوع سوم، خمیرترش‌های خشک هستند که در عرصه صنعتی خمیرترش‌های مایع، بسیار مورد توجه هستند، اما به اسیدیفیکاسیون سریع‌تری نیاز دارند (De Vuyst and Neysens, 2005).

اهداف به‌دست آمده از کاربرد خمیرترش، افزایش معنی‌دار زمان نگهداری نان، بهبود ارزش تغذیه‌ای و ویژگی‌های حسی نان می‌باشند. افزایش زمان ماندگاری به‌دلیل مقدار زیاد اسیدیته و غلظت بالای اسیدهای آلی در مقایسه با نان به‌دست آمده با مخمر نانوایی می‌باشد در حالی‌که بهبود ویژگی‌های حسی به‌دلیل حضور ترکیبات فرار و غیرفرار است که باعث تقویت طعم نان می‌شود. با این حال تولید نان با استفاده از خمیرترش روشی بسیار حساس است و به پارامترهای مختلفی وابسته می‌باشد که باید کنترل شوند. از مهم‌ترین پارامترها، میزان pH تخمیر، دمای تخمیر و انتخاب کشت آغازگر با ویژگی‌های ویژه و مطلوب هستند (Rehman *et al.*, 2006). در این رابطه کشت‌های آغازگر مختلفی در تولید خمیرترش همچون *لاکتوباسیلوس روتری*، *لاکتوباسیلوس برویس*، *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *لاکتوباسیلوس پاراکازئی* در ترکیب با مخمر نانوایی (*ساکارومایسس سرویزیه*) استفاده شده‌اند (Pighambardoust *et al.*, 2010؛ Dal Dal bello *et al*, 2007; Aplevicz *et al.*, 2014; Komlenic *et al.*, 2010). هدف از این پژوهش ارزیابی تاثیر کشت‌های آغازگر مختلف بر ویژگی‌های تکنولوژیکی خمیرترش و هم‌چنین تأثیر خمیرترش‌های حاصله بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان‌های حجیم می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

مواد و روش‌ها

- آرد گندم

آرد حاصله از مخلوط گندم‌های داخلی با کیفیت نانوایی خوب (آرد ستاره) از شرکت ارس مهر خریداری شد.

- آماده‌سازی سویه و تهیه ذخیره‌ی باکتریایی

باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (*Lactobacillus plantarum*) و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* (*Lactobacillus sanfranciscensis*) به‌عنوان آغازگر از کلکسیون میکروبی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی غرب و شمالغرب کشور که از محصولات تخمیری سنتی جداسازی شده بودند، انتخاب گردیدند. باکتری در شرایط استریل به محیط کشت MRS Broth (مرک، آلمان) تلقیح و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲٤ ساعت گرمخانه‌گذاری شد.

- تهیه سوسپانسیون باکتریایی برای تلقیح به خمیرترش

برای آماده‌سازی مایه تلقیح اولیه، حجم مورد نیاز از کشت فعال شده لاکتوباسیلوس‌ها در ۷۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سلسیوس سانتریفوژ گردید. سپس توده‌های سلولی از مایع رویی جدا و بعد از دو بار شستشو با آب مقطر استریل، به سوبسترای خمیر اولیه اضافه گردید.

- تهیه و تخمیر نمونه خمیرترش

نمونه‌های خمیر ترش با استفاده از کشت‌های باکتریایی فعال *لاکتوباسیلوس*ها به‌طور جداگانه تهیه شد. ابتدا آب و آرد گندم با راندمان خمیر برابر ۲۰۰ تهیه گردید و سپس آغازگرهای انتخابی به‌میزان 10^7 cfu به ازای هر گرم خمیر به آن‌ها تلقیح شد. عملیات تخمیر در دستگاه انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲٤ ساعت انجام گردید.

- اندازه‌گیری pH خمیرترش

مقدار ۱۰ گرم از هر نمونه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و مقدار pH این محلول با pH متر اندازه‌گیری شد (Paramithiotis *et a.l*, 2010).

- آزمون اسیدیته قابل تیتر TTA (Total Titrable Acidity) **خمیرترش**

مقدار ۱۰ گرم خمیرترش با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۸/۵ تیتر شد. میزان سود مصرفی برای تیتراسیون ۱۰ گرم خمیر به‌عنوان اسیدیته گزارش شد (Paramithiotis *et al*, 2010).

- میزان تولید دی‌استیل و هیدروژن پراکسید خمیرترش

برای تعیین میزان دی استیل و هیدروژن پراکسید خمیرترش از روش Edema and Sanni (۲۰۰۸) استفاده گردید.

- شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترششمارش باکتری‌های اسید لاکتیک با روش پورپلیت در محیط کشت MRS agar بعد از گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۲ روز صورت گرفت (Gul *et al.*, 2005).

- تهیه نان گندم

برای تولید خمیر نان بر پایه ۱۰۰ گرم آرد طبق جدول (۱) عمل شد. میزان افزودن خمیرترش به نان، ۱۵٪ (براساس وزن آرد) در نظر گرفته شد. مواد اولیه شامل نمک، شکر، مخمر و بهبود دهنده به صورت خشک به همراه خمیرترش به نمونه‌های آرد اضافه گردیدند و پس از اضافه کردن آب به‌مدت ۱۰ دقیقه با مخلوط‌کن در

Archive of SID
www.SID.ir

دمای محیط مخلوط شد. تخمیر اولیه در محفظه تخمیر با رطوبت نسبی ۷۵٪ و دمای ۳۰ درجه سلیسیوس به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس خمیرها به چانه‌های ۱۵۰ گرمی تقسیم شد و در قالب‌های پخت از جنس ورق گالوانیزه با ابعاد ۵/۷×۸/۵×۱۵ سانتی‌متر قرار داده شدند. تخمیر نهایی به مدت ٦۰ دقیقه در محفظه تخمیر با دمای ۳۰ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۷۵٪ صورت گرفت و پخت در دمای ۲۲۵ درجه سلیسیوس به‌مدت ۲۵ دقیقه انجام شد. در نهایت نان‌ها به‌مدت ۱ ساعت در دمای اتاق خنک و سپس در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. یک نمونه نان بدون خمیرترش نیز به عنوان نان شاهد تهیه گردید.

جدول (۱)- فرمول تهیه خمیر نان گندم

مواد اولیه	خمیر شاهد	خمیر حاوی خمیرترش
آرد گندم (گرم)	۱۰۰	۹۲/۵
نمک (گرم)	۱/۵	۱/۵
شکر (گرم)	۱	۱
مخمر (گرم)	۲	۲
بهبود دهنده (گرم)	۰/۵	۰/۵
خمیرترش (گرم)	-	۱۵
آب (سی‌سی)	۵۵	٤۷/۵

- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نان

- اندازه‌گیری میزان pH و اسیدیته قابل تیتر خمیر و نان: با روش ذکر شده برای خمیرترش اندازه‌گیری شد (Paramithiotis *et al*, 2010).

- اندازه‌گیری رطوبت نان: اندازه‌گیری محتوای رطوبتی بافت مغز و پوسته نان در زمان‌های صفر، ۲ و ٤ روز بعد از پخت طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ انجام گرفت (ISIRI, 2705/2010).

- اندازه‌گیری حجم مخصوص نان: حجم مخصوص نان‌ها پس از سرد شدن به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق با استفاده از روش جابه‌جایی دانه کلزا اندازه‌گیری شد (Pighambardoust *et al*, 2010).

- اندازه‌گیری ارتفاع نان: ارتفاع قرص نان با استفاده از کولیس دیجیتال و خط‌کش اندازه‌گیری گردید.

- تعیین افت وزن پس از پخت نان: جهت تعیین درصد افت پخت، وزن چانه‌های خمیر و وزن نمونه‌های نان مربوطه پس از پخت و سرد کردن، اندازه‌گیری شده و از طریق فرمول زیر، درصد افت پخت نان محاسبه شد (Moore *et al.*, 2006).

$$\text{درصد افت پخت} = \frac{\text{وزن نان پس از پخت} - \text{وزن چانه خمیر}}{\text{وزن چانه خمیر}} \times ۱۰۰$$

- ارزیابی رنگ پوسته و مغز نان

با استفاده از دوربین دیجیتال از سطح نان عکس‌برداری شد و بعد از انتقال به کامپیوتر، شاخص‌های رنگی L^*، a^* و b^* با برنامه فتوشاپ (نسخه CC) تعیین گردید (Roozegar *et al.*, 2015).

Archive of SID
www.SID.ir

- ارزیابی میزان تخلخل نان

میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت و با روش پردازش تصاویر با نرم‌افزار Image J استفاده شد (Sahraiyan *et al*, 2013).

- ارزیابی سفتی پوسته و بافت مغز نان:

ویژگی‌های بافتی به‌صورت آزمون آنالیز پروفیل بافت (TPA: Texture Profile) Analysis برروی مغز نان و آزمون نفوذ (Penetration Test) برروی پوسته نان انجام گرفت. برای انجام آزمون آنالیز پروفیل بافت، از دستگاه بافت‌سنج TA.XT plus و پروب استوانه‌ای با قطر ۲۵ میلی‌متر و برای آزمون نفوذ نیز از دستگاه مذکور و پروب استوانه‌ای استفاده شد (Crowly *et al*., 2002).

- ارزیابی ویژگی‌های حسی نان

ویژگی‌های نرمی بافت، قابلیت جویدن و طعم و مزه اسیدی (با امتیاز ۱ تا ۵) طی زمان‌های صفر، ۲ و ٤ روز پس از پخت نان توسط ۱۰ ارزیاب آموزش دیده ارزیابی شدند (Peighambardoust *et al*., 2010).

- آزمون کنترل کپک‌زدگی در نمونه‌های نان

نمونه‌های نان پس از سرد شدن با چاقوی استریل برش یافته و پس از بسته‌بندی در کیسه‌های پلی اتیلنی در دمای اتاق نگهداری شدند. مدت زمان لازم جهت ظهور پرگنه‌های کپک روی نمونه‌های نان به عنوان زمان ماندگاری نان در نظر گرفته شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

تیمارها در سه تکرار انجام و آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.0 صورت گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در بخش تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان حجیم گندم در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

یافته‌ها

- تاثیر نوع آغازگر بر میزان pH و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، خمیر و نان حجیم

تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر در خمیرترش، خمیر و نان در جدول (۲) نشان داده شده است. بر این اساس تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی میزان pH و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، خمیر و نان معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در بین آغازگرهای تکی (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس*) و ترکیبی (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم + لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس*)، کمترین میزان pH (۳/۸۱۱) و بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر (۱۱/۷۱۷ میلی‌لیتر) به‌ترتیب مربوط به خمیرترش تخمیر شده با *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیرترش تخمیر شده با *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* بود که در مقایسه با سایر آغازگرها اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما در قیاس با نمونه شاهد (فاقد آغازگر) اختلاف معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بعد از مرحله تهیه خمیر و تخمیر نهایی خمیر، میزان pH و اسیدیته قابل تیتر ارزیابی شده و مشاهده گردید آغازگر ترکیبی باعث کاهش بیشتر pH نسبت به سایر تیمارها شد که این کاهش با خمیر حاوی خمیرترش تخمیر شده با *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). از نظر میزان اسیدیته قابل تیتر، *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس*، بیشترین میزان اسیدیته (٦/۳۵ میلی‌لیتر) را در مقایسه با دیگر آغازگرها داشت. نتایج بررسی تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر برای نان نیز نشان داد که استفاده از خمیرترش

Archive of SID
www.SID.ir

باعث کاهش pH و افزایش میزان اسیدیته قابل تیتر نان در مقایسه با نان شاهد به‌طور معنی‌دار گردید (P<۰/۰۵). در بین نان‌های حاوی آغازگرهای مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر میزان pH و اسیدیته قابل تیتر مشاهده نگردید و نان حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر را نسبت به سایر نان‌ها داشتند.

جدول (۲)- تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر در خمیرترش، خمیر و نان

نوع آغازگر	خمیرترش		خمیر تخمیر شده		نان	
	pH	اسیدیته قابل تیتر (ml)	pH	اسیدیته قابل تیتر (ml)	pH	اسیدیته قابل تیتر (ml)
Ls	۳/۸۳۵±۰/۰۲۷ b	۱۱/۷۱۷±۰/۱۲۵ a	۵/۲۰۵±۰/۰۶۹ b	٦/۳۵±۰/۵۷ a	۵/۵۰±۰/۰۲۷ b	۳/۹۸۷±۰/۱٤۹ a
Lp	۳/۸۱۱±۰/۰۲۳ b	۱۱/۵۳۹±۰/۰۳۳ a	۵/۰٦۷±۰/۰۲٦ c	۵/٤۸±۰/۳۸ b	۵/۵۳۱±۰/۰۱۸ b	۳/٤۸۳±۰/٤۰۹ ab
Ls+Lp	۳/۸۲۰±۰/۰۰۹ b	۱۱/۷۰۱±۰/۰٦۷ a	۵/۰۵۷±۰/۰۸۹ c	٤/۹٦±۰/۱۷ b	۵/۵٤۳±۰/۰۱ b	۳/۹۹٤±۰/۰۹۹ a
خمیر و نان شاهد	–	–	۵/۷۷٦±۰/۰۳۲ a	٤/۱۱±۰/۲ c	۵/۹۲۳±۰/۰۷٤ a	۳/۰۱۳±۰/٤۵۲ b
خمیرترش شاهد	٤/۷۷۷±۰/۰٦۳ a	۷/۹۷۸±۰/۱۲۳ b	–	–	–	–

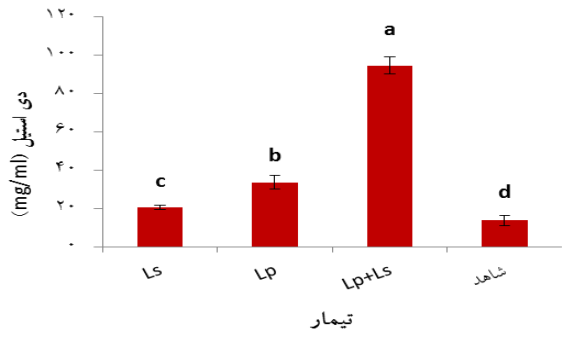
a، b و c: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P<0.05) است. Lp و Ls به‌ترتیب نشان‌دهنده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می‌باشد.

- تأثیر نوع آغازگر بر میزان دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن

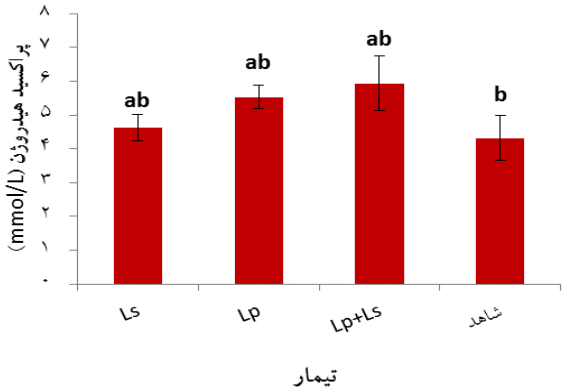
استفاده از آغازگرها باعث افزایش میزان دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن خمیرترش گردید (نمودار ۱ و ۲). به طوری که خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان دی‌استیل (۹٤/٦۵ mg/ml) را داشت (P<۰/۰۵). همچنین خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان پراکسید هیدروژن (۵/۹٤ mmol/L) را داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد.

- تأثیر نوع آغازگر بر تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترش

تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک در خمیرترش نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از آغازگر *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* باعث افزایش بیشتر تعداد *لاکتوباسیلوس*ها در انتهای دوره تخمیر خمیرترش (۲٤ ساعت) گردید (نمودار ۳).

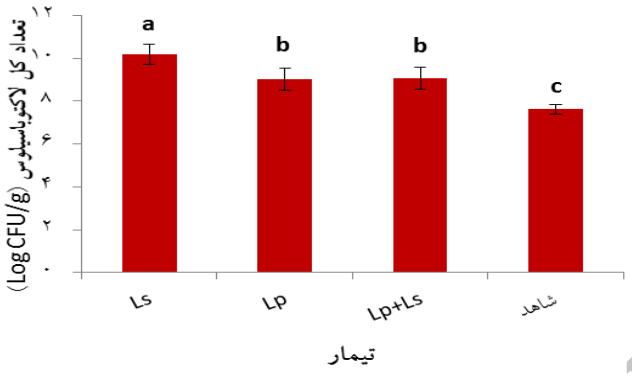


نمودار (۱)- تاثیر نوع آغازگر بر میزان دی‌استیل خمیرترش؛ Lp و Ls به‌ترتیب *ل. پلانتاروم* و *ل. سانفرانسیسنسیس*



نمودار (۲)- تاثیر نوع آغازگر بر میزان پراکسید هیدروژن خمیرترش؛ Lp و Ls به‌ترتیب *ل. پلانتاروم* و *ل. سانفرانسیسنسیس*

Archive of SID
www.SID.ir



نمودار (۳)- تعداد کل *لاکتوباسیلوس* در خمیرترش‌های تخمیر شده با باکتری‌های اسید لاکتیک مختلف؛ Lp و Ls به ترتیب *ل. پلانتاروم* و *ل. سانفرانسیسنسیس*

- تأثیر افزودن خمیرترش بر ویژگی‌های فیزیکی نان

نتایج نشان داد که استفاده از خمیرترش تخمیر شده با آغازگرهای تکی اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد از نظر میزان درصد افت پخت نشان ندادند (جدول ۳). از نظر میزان تخلخل نیز، کمترین و بیشترین میزان تخلخل در نان خمیرترشی حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و نان شاهد به‌ترتیب مشاهد گردید. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر میزان تخلخل بین نان شاهد، نان خمیرترشی حاوی *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* و نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی وجود نداشت. در بین آغازگرها، استفاده از آغازگر ترکیبی نسبت به آغازگرهای تکی، باعث افزایش میزان ارتفاع (۶/۱ سانتی‌متر) و حجم مخصوص (۴/۲۶۶ ml/g) نان گردید. البته نان شاهد (فاقد خمیرترش) بیشترین میزان ارتفاع و حجم مخصوص را در بین تیمارها داشت و بیانگر این است که استفاده از خمیرترش باعث کاهش جزئی در میزان ارتفاع و حجم مخصوص نان شده است.

جدول (۳)- تاثیر خمیرترش با آغازگرهای مختلف بر روی ویژگی‌های فیزیکی نان

نوع آغازگر	درصد افت پخت (٪)	ارتفاع (سانتی متر)	حجم مخصوص (ml/g)	تخلخل (٪)
Ls	۱۳/۴۰۸±۰/۲۲۵ ^{b}	۵/۵±۰/۵ ^{ab}	۳/۹۵۹±۰/۰۴۵ ^{c}	۲۵/۷۶±۲/۲۵ ^{ab}
Lp	۱۳/۵۲۵±۰/۲۳۹ ^{b}	۴/۷±۰/۴۴ ^{b}	۴/۱۳۸±۰/۰۷۹ ^{bc}	۲۳/۴۶±۱/۸۵ ^{b}
Ls+Lp	۱۴/۷۱۸±۰/۵۲۷ ^{a}	۶/۱±۰/۶۱ ^{a}	۴/۲۶۶±۰/۰۵۱ ^{b}	۲۹/۵۷±۳/۳۴ ^{a}
نان شاهد	۱۲/۲۶۷±۰/۱۴۵ ^{b}	۶/۳±۰/۷۲ ^{a}	۴/۷۹۴±۰/۱۷ ^{a}	۲۹/۹۷±۱/۷۷ ^{a}

^{a}، ^{b} و ^{c}: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($P<0.05$) است؛ Lp و Ls به‌ترتیب نشان‌دهنده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

- تأثیر خمیرترش بر ویژگی‌های رنگی مغز و پوسته نان

نان‌های حاوی آغازگر ترکیبی کمترین میزان شاخص L^* پوسته را نشان داد که با سایر تیمارها معنی دار نبود. از نظر شاخص‌های a^* و b^* پوسته نیز اختلاف معنی‌داری بین نان‌ها وجود نداشت. در بررسی تغییرات رنگی مغز نان، استفاده از خمیرترش باعث افزایش معنی‌دار میزان شاخص a^* و b^* مغز نان نسبت به نان شاهد گردید (جدول ٤).

جدول (٤)- تأثیر خمیرترش با آغازگرهای مختلف بر روی ویژگی‌های رنگی مغز و پوسته نان

نوع آغازگر	مغز نان			پوسته نان		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
Ls	٧٤/٩٦±٢/٧٩ ^{a}	-٠/٥٨٧±٠/٠٤٩ ^{a}	٢٩/٢٩±٦/٧٣ ^{a}	٧٩/٦١±٦/٣٦ ^{a}	١٥/١٨±٤/٩٢ ^{a}	٦٠/٣٢±٢/٧٧ ^{b}
Lp	٧٥/٥٣±٣/١٦ ^{a}	-٠/٥٤١±٠/٠٢٧ ^{a}	٢٨/.٨٢±٤/٨٧ ^{a}	٧٩/٩٩±٤/٣٧ ^{a}	١٢/٥٣±٣/٣٠ ^{ab}	٦٤/٤٦±٣/٩٨ ^{ab}
Ls+Lp	٦٦/١٦±٣/٢٩ ^{a}	-٠/٥٤٢±٠/٠٥٤ ^{a}	٢٤/٢٨±٧/٢٩ ^{ab}	٧٩/٨١±٥/١٧ ^{a}	٩/٨٧±٣/١٢ ^{b}	٦٦/١٦±٣/٢٩ ^{a}
نان شاهد	٧٣/٢٣±١/٩٥ ^{a}	-٠/٧١٠±٠/٠٥٨ ^{b}	١٦/١٦±٦/٥٧ ^{b}	٧٩/٦١±٣/٤٥ ^{a}	٩/١٥±٢/٦١ ^{b}	٦٥/٦٧±٣/٦٩ ^{a}

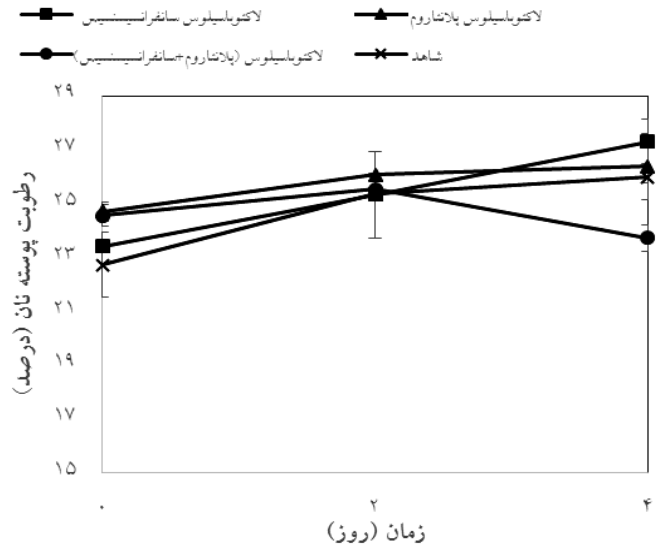
^{a}، ^{b} و ^{c}: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٥ درصد ($P<0.05$) است؛ Lp و Ls به‌ترتیب نشان‌دهنده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می‌باشد.

- تأثیر خمیرترش بر محتوای رطوبتی مغز و پوسته نان در طی زمان نگهداری

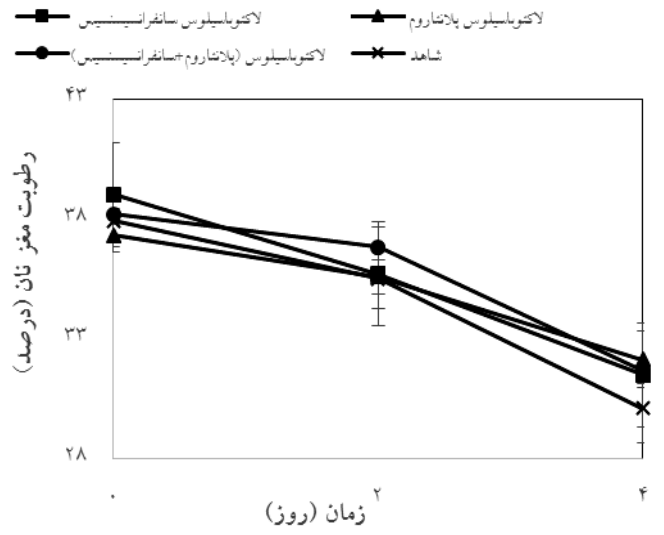
تغییرات محتوای رطوبتی مغز و پوسته نان در طی زمان نگهداری (روز صفر، ٢ و ٤) مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ٤ و ٥). با گذشت زمان نگهداری، میزان رطوبت مغز نان‌ها روند کاهشی را نشان دادند. میزان رطوبت مغز نان‌های حاوی خمیرترش در مقایسه با نان شاهد بعد از ٤ روز نگهداری بیشتر بود. میزان رطوبت مغز نان در هر سه زمان نگهداری مورد بررسی، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان رطوبت مغز نان در روز صفر مربوط به نان خمیرترشی حاوی *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* بوده و در انتهای دوره نگهداری متعلق به نان شاهد بود. میزان رطوبت پوسته نان ها با گذشت زمان نگهداری به تدریج افزایش یافت. نتایج بررسی اثر اصلی نوع آغازگر نشان داد که میزان رطوبت پوسته نان‌های حاوی آغازگرهای تکی نسبت به سایر نان‌ها بیشتر بود اما این اختلاف ما بین تیمارها معنی‌دار نبود.

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار (٤)- تأثیر نوع آغازگر بر محتوای رطوبت مغز نان



نمودار (٥)- تأثیر نوع آغازگر بر محتوای رطوبت پوسته نان

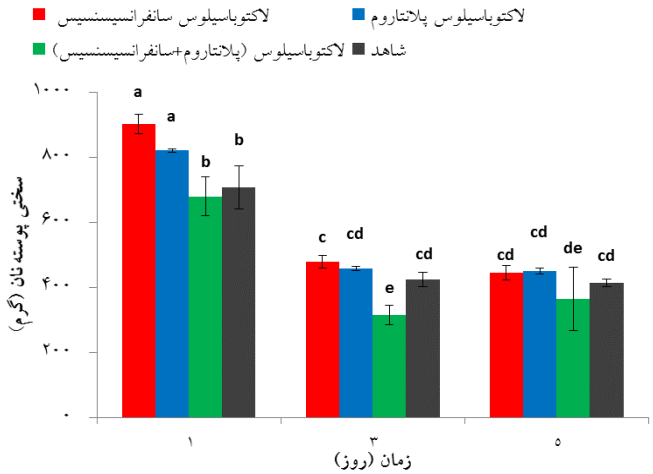
- تأثیر خمیرترش بر سختی مغز و پوسته نان در طی زمان نگهداری

تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی میزان سختی پوسته نان در طی زمان نگهداری (روز ۱، ۳ و ۵) ارزیابی گردید (نمودار ٦). نتایج نشان داد که تاثیر زمان و نوع آغازگر بر روی میزان سختی پوسته نان معنی‌دار می‌باشد. میزان سختی همه نان‌ها با گذشت زمان نگهداری روند کاهشی را نشان دادند که به‌دلیل جذب رطوبت از مغز نان می‌باشد. میزان سختی پوسته نان در نان حاوی آغازگر ترکیبی نسبت به سایر نان‌ها در همه زمان‌های مورد مطالعه کمتر بود. همچنین میزان سختی

www.SID.ir

پوسته نان در بین نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی و نان شاهد در روز اول و پنجم نگهداری معنی‌دار نبود.

در بررسی تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی میزان سفتی مغز نان مشاهده گردید که با گذشت زمان نگهداری نان‌ها، میزان سفتی مغز نان‌ها افزایش یافت (نمودار ۷). در روز اول پس از پخت، کمترین میزان سفتی نان مربوط به نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی بود که با نان‌های خمیرترشی حاوی آغازگرهای تکی اختلاف معنی‌داری داشت. اما در انتهای دوره نگهداری، نان‌های حاوی آغازگرهای تکی بیشترین میزان سفتی مغز نان را داشتند. درحالی که نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با نان‌های حاوی آغازگرهای تکی سفتی مغز نان کمتری نشان داد ($P<0/05$). کمترین میزان سفتی مغز نان نیز در انتهای دوره نگهداری مربوط به نان شاهد بود.

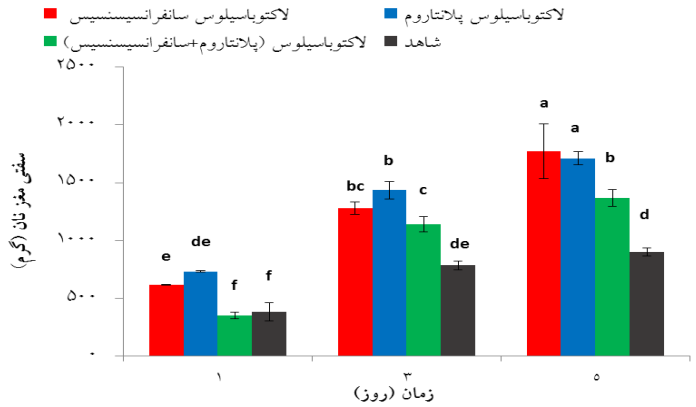


نمودار (٦)- تاثیر آغازگرهای مختلف بر میزان سختی پوسته نان در طی زمان نگهداری

- تاثیر نوع آغازگر بر ویژگی‌های حسی نان در طی زمان نگهداری

ویژگی‌های حسی نان‌ها از نظر طعم و مزه اسیدی، قابلیت جویدن و نرمی بافت توسط افراد پانلیست در طی زمان‌های صفر، ۲ و ٤ روز مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۵). نتایج نشان داد که امتیاز طعم و مزه اسیدی، قابلیت جویدن و نرمی بافت در همه نان‌ها با گذشت زمان نگهداری کاهش یافت. در بین نان‌های حاوی خمیرترش، نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با نان‌های خمیرترشی 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 ندادند.

www.SID.ir



نمودار (۷)- تاثیر آغازگرهای مختلف بر میزان سفتی مغز نان در طی زمان نگهداری

جدول (۵)- تاثیر خمیرترش با آغازگرهای مختلف بر روی امتیاز ویژگی‌های حسی نان در طول نگهداری

تیمار (نوع آغازگر)	زمان (روز)	طعم و مزه اسیدی	قابلیت جویدن	نرمی بافت
Ls	۰	۳/٤±۰/٦٥ abc	۳/۸±۰/٤٥ abcd	۳/٥±۰/۸٦ abc
	۲	۳/۲±۱/۰٤ bc	۳/۳±۰/۷٦ cde	۳/٤±۰/٦٥ abc
	٤	۲/۹±۰/٥٥ bc	۲/۹±۰/۷٤ ef	۳/۲±۰/۸٤ abc
Lp	۰	۳/٥±۰/٥ abc	۳/٤±۰/٤۲ bcde	۳/٦±۰/٤۲ abc
	۲	۳/۲±۰/۲۷ bc	۳/۲±۰/٥۷ de	۳/۱±۰/٥٥ bc
	٤	۲/۸±۰/۲۷ c	۲/۳±۰/٤٥ f	۲/۷±۰/۹ c
Ls+Lp	۰	۳/۸±۰/۸٤ ab	۳/۹±۰/۲۲ abc	۳/۸±۰/٥۷ ab
	۲	۳/٤±۰/٤۲ abc	۳/٤±۰/٥٥ bcde	۳/٤±۰/٤۲ abc
	٤	۲/۹±۰/٦٥ bc	۲/۹±۰/٤۲ ef	۳±۰/٦۱ bc
نان شاهد (بدون خمیرترش)	۰	٤/۱±۰/٥٤ a	٤/۲±۰/٤٤ a	٤/۱±۰/٤۱ a
	۲	۳/٥±۰/٦۱ abc	٤±۰/۰۰ ab	۳/۹±۰/٦٥ ab
	٤	۳±۰/۷۱ bc	۳/۳±۰/٥۷ cde	۳/۳±۰/۹ abc

a، b و c: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P<0.05) است. Lp و Ls به ترتیب نشان دهنده *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می باشد.

- تعیین زمان ظهور پر گنه‌های کپک

طبق نتایج مطالعه، نان شاهد در روز ٦ نگهداری علایم کپک‌زدگی را نشان داد در حالی‌که نان‌های خمیرترشی بسته به نوع آغازگر مورد استفاده در روز ۹ (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس*) تا ۱۱ (ترکیب دو آغازگر) نگهداری شروع کپک‌زدگی

Archive of SID
www.SID.ir

را نشان دادند. در بین نمونه‌های مختلف، نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی نسبت به سایر نان‌ها علایم کپک‌زدگی را دیرتر نشان داد.

بحث و نتیجه‌گیری

ویژگی‌های اسیدی کردن در طی تخمیر خمیرترش، بستگی به گونه و سویه باکتری لاکتیکی دارد (Rehman *et al.*, 2006). بررسی تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر برای نان نشان داد که استفاده از خمیرترش باعث کاهش pH و افزایش میزان اسیدیته قابل تیتر نان در مقایسه با نان شاهد به‌طور معنی‌دار گردید ($P<0/05$) و نان حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر را نسبت به سایر نان‌ها داشت. در تحقیقات مشابه، گزارش کردند که استفاده از خمیرترش حاوی ترکیب دو آغازگر *Lb. sakei* و *Lb. acidophilus* در غلظت ۱۰٪ کمترین میزان pH و بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتر را در نان نهایی نسبت به استفاده تکی آغازگرها داشت و به تبع آن نان حاصله از نظر زمان ماندگاری و ظهور کپک، بیشترین زمان نگهداری را داشت (Plessas *et al*, 2011). باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌توانند از طریق تولید متابولیت‌هایی مانند دی‌استیل، پراکسیدهیدروژن و باکتریوسین‌ها باعث توسعه طعم و ماندگاری نان گردند (Lacaze *et al*, 2007). نتایج نشان داد که استفاده از آغازگرهای تکی و ترکیبی باعث افزایش میزان دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن خمیرترش شدند که این افزایش در خمیرترش‌های حاوی آغازگر ترکیبی بیشتر بود. مطالعات انجام شده روی خمیرترش، بر اهمیت ویژگی‌های تکنولوژیکی و عملکردی همچون pH، اسیدیته و تولید ترکیبات ضدمیکروبی مانند دی‌استیل و پراکسیدهیدروژن را در توسعه کشت‌های آغازگر برای خمیرترش تأکید می‌نمایند (Lacaze *et al*, 2007; Pepe *et al*, 2003).

استفاده از خمیرترش تخمیر شده با آغازگر ترکیبی منجر به تولید نانی با حجم مخصوص بیشتر نسبت به نان‌های خمیرترشی تخمیر شده با آغازگرهای تکی گردید. اما میزان حجم مخصوص نان شاهد نسبت به نان‌های خمیرترشی بیشتر بود. این نتیجه بر خلاف اثرات مثبت افزودن خمیرترش روی حجم و ساختار مغز نان است که توسط محققین گزارش شده است (Arendt *et al.*, 2007; Dal bello *et al.*, 2007, Aplevicz *et al.*, 2014). اما در مقابل، یافته‌های مطالعه‌ای نان‌های با حجم کمتر را هنگام استفاده از خمیرترش حاوی آغازگرهای *لاکتوباسیلوس برویس* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* توسعه دادند (Collar *et al*, 1994). کاهش حجم نان هنگام استفاده از خمیرترش به این دلیل است که در طی گرمخانه‌گذاری خمیرترش و تخمیر خمیر، تغییرات بیوشیمیایی در اجزای کربوهیدراتی و پروتئینی آرد در نتیجه عمل آنزیم‌های میکروبی و داخلی اتفاق می‌افتد. امکان فعالیت پروتئولیتیکی *لاکتوباسیلوس*‌ها که در دوره انکوباسیون خمیرترش و تخمیر خمیر روی می‌دهد بر روی پروتئین‌های گلوتن تأثیر گذاشته و شبکه گلوتنی را تضعیف می‌کند و منجر به نان‌هایی با حجم مخصوص کمتر می‌گردد. محققین گزارش کردند سطح اسیدیته خمیرترش و خمیر نان باید به دقت برای رسیدن به افزایش حجم نان کنترل گردد (Katina *et al.*, 2006).

مطالعه‌ای در بررسی ویژگی‌های رنگی نان‌های حاوی آغازگر *Lb. amylovorus* (DSM 19280) *نشان* داد که رنگ پوسته نان حاوی آغازگر اختلاف

Archive of SID
www.SID.ir

معنی‌داری با نان شاهد و نان اسیدی شیمیایی نداشت (Ryan *et al.*, 2011). همچنین افزودن خمیرترش حاوی *بیفیدیوباکترها* تغییرات معنی‌داری را در رنگ پوسته و مغز نان در مقایسه با نان شاهد ایجاد نکرده است (Sanz-Penella *et al.*, 2012). نتایج این محققین با نتایج تحقیق حاضر از نظر تغییرات شاخص‌های رنگی مطابقت دارند.

نتایج نشان داد با گذشت زمان نگهداری نان‌ها، میزان سفتی مغز نان‌ها افزایش یافت که می‌تواند به دلیل افت رطوبت مغز نان و پدیده پس‌رفت نشاسته باشد (Guarda *et al.*, 2004). نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با نان‌های حاوی آغازگرهای تکی سفتی مغز نان کمتری داشت ($P<۰/۰۵$). کمترین میزان سفتی مغز نان نیز در انتهای دوره نگهداری مربوط به نان شاهد بود. افزایش سفتی نان‌های خمیرترشی نسبت به نان شاهد می‌تواند به دلیل حجم مخصوص کمتر این نان‌ها باشد. هنگام تخمیر خمیرترش باکتری‌های اسید لاکتیک با تولید متابولیت‌هایی که دارای اثر مثبت بر بافت و بیاتی نان هستند مثل اسیدهای آلی، اگزوپلی‌ساکاریدها و آنزیم‌ها، ماندگاری فرآورده را افزایش می‌دهند. اسیدهای آلی بر جزء پروتئینی و نشاسته آرد تأثیر گذاشته و با کاهش pH موجب افزایش فعالیت پروتئازها و آمیلازهای طبیعی آرد گشته و منجر به کاهش سفتی مغز نان و سرعت بیاتی نان می‌گردند (Arendt *et al.*, 2007). برخی محققان بیان کردند که سفتی نان‌های خمیرترش بعد از ذخیره و انبارمانی در مقایسه با نان کنترل بالاتر بوده است (Corsetti *et al.*, 2000). در مطالعه‌ای گزارش کردند که نان‌های حاوی مخمر در مقایسه با نان‌های حاوی مخمر و *Lb. lantarum* سفتی مغز نان کمتری را داشتند. علت این را می‌توان به عدم تولید اسیدهای آلی مهارکننده فعالیت عمل‌آوری مخمر نانوایی در نان شاهد نسبت داد (Aplevicz *et al.*, 2014). نتایج این تحقیقات انجام شده می‌تواند دلیلی بر بیشتر بودن سفتی بعضی از نان‌های حاوی خمیرترش نسبت به نان شاهد در تحقیق حاضر باشد.

براساس بررسی‌های صورت گرفته، باکتری‌های اسیدلاکتیک در ایجاد عطر و طعم در نان نقش دارند، به طوری‌که 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. (Moroni *et al.*, 2009). 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 اجزاء مولد طعم را نیز افزایش می‌دهد (Katina *et al.*, 2005). در بین نان‌های مورد بررسی، نان شاهد و نان حاوی آغازگر ترکیبی از نظر ویژگی‌های حسی اختلاف معنی‌داری را در همه زمان‌های مورد مطالعه نشان ندادند، اما نسبت به نان‌های خمیرترشی حاوی آغازگرهای تکی امتیاز بیشتری کسب کردند. محققین در پژوهشی 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 رشد مخمر توسط *Lb. brevis* محدود گردید اما اسید استیک و ترکیبات آرومای

Archive of SID
www.SID.ir

بیشتری با آغازگرهای ترکیبی تشکیل شد (Meignen *et al.*, 2001).

نان خمیرترشی حاوی آغازگر ترکیبی نسبت به سایر نان‌ها زمان ماندگاری طولانی‌تری داشت. این اثرات می‌تواند مرتبط با فعالیت‌های متابولیکی باکتری‌های اسیدلاکتیک تخمیرکننده و یا رهاسازی ترکیبات ضدمیکروبی بیشتر باشد (Moroni *et al.*, 2012). یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که با افزودن خمیرترش حاوی آغازگر *Lb. amylovorous*، مدت ماندگاری بدون ظهور کپک برای نان حاوی خمیرترش به‌مدت ٤ روز در مقایسه با نان شاهد افزایش پیدا کرد. تأخیر در رشد کپک را می‌توان به حضور اسیدهای آلی یا قابلیت ضدقارچی سویه نسبت داد (Axel *et al.*, 2015).

با توجه به نتایج بدست آمده از ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نان، خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی در مقایسه با آغازگرهای تکی در ترکیب نان حجیم سبب افزایش ارتفاع، حجم مخصوص و تخلخل، کاهش سختی پوسته و سفتی مغز نان و به تعویق انداختن زمان ظهور پرگنه‌های کپک گردید. بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی نیز در بین نان‌های خمیرترشی به این تیمار تعلق گرفت. بنابراین استفاده از دو آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* می‌تواند به عنوان کشت آغازگر مناسب برای تولید خمیرترش و نانی با کیفیت مطلوب و زمان ماندگاری بالا مدنظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور و پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی غرب و شمال‌غرب کشور قدردانی و تشکر نمایند.

منابع

- Aplevicz, K.S., Silva, T., Fritzen-Freire, C.B., Amboni, R.D., Barreto, P.L. and Sant'Anna, E.S. (2014). Effect of the incorporation of different freeze-dried cultures on the properties of sourdough bread. Journal of Culinary Science and Technology, 12: 354–367.
- 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.
- Axel, C., Rocker, B., Brosnan, B., Zannini, E., Furey, A., Coffey, A. and Arendt, E.K. (2015). Application of *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 in gluten-free sourdough bread to improve the microbial shelf life. Food Microbiology, 47: 36–44.
- Chavan, R.S and Chavan, S. (2011). Sourdough Technology–A traditional way for wholesome foods: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10: 170–183.
- Collar, C., Benedito de Barber, C. and Martinez-Anaya, M.A. (1994). Microbial sourdoughs influence acidification properties and bread making potential of wheat dough. Journal of Food Science, 59: 629–633.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 3044–3051.

Archive of SID
www.SID.ir

- Crowley, P., Schober, T.J., Clarke, C.L. and Arendt, K.E. (2002). The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. European Food Research and Technology, 214: 489–96.
- Dal Bello, F., Clarke, C.I., Ryane, L.A.M., Ulmer, H., Schober, T.J., Strom, K., *et al*., (2007). Improvement the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. Journal of Cereal Science, 45: 309–318.
- De Vuyst, L.D. and Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. Food Science and Technology, 16: 43–56.
- Edema, M.O. and Sanni, A.I . (2008). Functional properties of selected starter cultures for sour maize bread. Food Microbiology, 25(4): 616–625.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2010). Cereal and their products-method of moisture measurment. ISIRI No. 2705 [In Persian].
- Gerez, C.L., Cuezzo, S., Rollan, G and Font de Valdez, G. (2008). *Lactobacillus reuteri* CRL 1100 as starter culture for wheat dough fermentation. Food Microbiology, 25: 253–259.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., and Di Cagno, R. (2005). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria. Trends in Food Science and Technology, 16: 57–69.
- Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. and Galotto, M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and anti-staling agents. Food Hydrocolloids,18: 241–247.
- Gul, H., Ozçelic, S., Sagdiç, O. and Cartel, M. (2005). Sourdough bread production with *Lactobacilli* and *S.cerevisiae* isolated from sourdoughs. Process Biochemistry, 40: 691–697.
- Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K.H., Autio, K., Flander, L. and Poutanen, K. (2005). Potential of sourdough for healthier cereal products. Trends in Food Science & Technology ,16: 104–112.
- 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, 39: 1189–1202.
- Komlenic, D.K., Ugarcic-Hardi, Z., Jukic, M., Planinic, M., Bucic-Kojic, A and Strelec, I. (2010). Wheat dough rheology and bread quality affected by *Lactobacillus brevis* preferment, dry sourdough and lactic acid addition. International Journal of Food Science and Technology, 45: 1417–1425.
- Lacaze, G., Wicka, M. and Cappelle, S. (2007). Emerging fermentation technologies: development of novel sourdoughs. Food Microbiology, 24(2): 155–160.
- Meignen, B., Onno, B., Ge´linas, P., Infantes, M., Guilois, S. and Cahagnier, B. (2001) Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. Food Microbiology, 18: 239–245.
- Moroni, A.V., Dal Bello, F. and Arendt, E.K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? Food Microbiology, 26: 676–684.
- Moroni, A. V., Sensidoni, G., Zannini, E. and Arendt, E. K. (2012). Exploitation of buckwheat sourdough for the production of wheat Bread. European Food Research and Technology, 235: 659–668.
- Paramithiotis, S., Tsiasiotou, S. and Drosinos, E. (2010). Comparative study of spontaneously fermented sourdoughs originating from two regions of Greece: Peloponnesus and Thessaly. European Food Research and Technology, 231: 883–890.
- Peighambardoust, S.H., Golshan Tafti, A., Khorasanchi, N., Hejazi, M.A. and Rafat, S.A. (2010). Comparing the effects of fresh and dried sourdough on the sensory characteristics and staling of pan bread. Journal of Food Research. 3(1): 163-175 [In Persian].
- Pepe, O., Villani, F., Oliviero, D., Greco, T. and Coppola, S. (2003). Effect of proteolytic starter cultures as leavening agents of pizza dough. International Journal of Food Microbiology, 84 (3): 319–326.
- Plessas, S., Alexopoulos, A., Mantzourani, I., Koutinas, A., Voidarou, C., Stavropoulou, E. *et al*., (2011). Application of novel starter cultures for sourdough bread production. Anaerobe, 17: 486–489.

Archive of SID

www.SID.ir

- Rehman, S.U., Paterson, A., and Piggott, J.R. (2006). Flavour in sourdough breads: a review. Food Science and Technology, 17: 557–566.
- Roozegar, M.H., Shahedi, M. and Hamdami, N. (2015) Production and rheological and sensory evaluation of Taftoon bread containing flaxseed. Journal of food science and technology. 48(12): 231–244 [In Persian].
- Ryan, L.A., Zannini, E., Dal Bello, F., Pawlowska, A., Koehler, P. and Arendt, E.K. (2011). *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 as a novel food-grade antifungal agent for bakery products. International Journal of Food Microbiology, 146(3): 276–283.
- Sahraiyan, B., Mazaheri Tehrani, M., Naghipour, F., Ghiafeh Davoodi. M and Soleimani, M. (2013). The effect of mixing wheat flour with rice bran and soybean flour on physicochemical and sensory properties of baguettes. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 8(3): 229–240 [In Persian].
- Sanz-Penella, J.M., Tamayo-Ramos, J.A. and Haros, M. (2012). Application of Bifidobacteria as starter culture in whole wheat sourdough bread making. Food and Bioprocess Technology, 5: 2370–2380.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus sanfranciscensis* on technological properties of sourdough and voluminous bread quality

Gharekhani, M.[1*], Aalami, M.[2], Hejazi, M.A.[3], Maghsoudlou,Y.[2], Khomeiri, M.[2], Najafian, G.[4]

1. PhD Graduated in Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Assistant Professor of Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor of Agriculture Biotechnology Research Institute, Branch for the Northwest and West Region (ABRII), Tabriz, Iran
4. Assistant Professor of Department of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

[*]Corresponding author email: M.gharekhani@yahoo.com
(Received: 2015/5/24 Accepted: 2015/8/18)

Archive of SID

Abstract

Sourdough applications in bread production are rising in recent decades continuously due to consumers' desire for natural products containing less chemical preservatives. In sourdough, lactic acid bacteria play a key role in the fermentation process. In this study *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus sanfranciscensis* as single starter and their mixture as a mixed starter were used in the preparation of sourdough. The results showed that the use of single starters increased diacetyl and hydrogen peroxide of sourdough and sourdough fermented with mixed starter had the highest content of diacetyl and hydrogen peroxide. In the end sourdough fermentation period the highest lactic acid bacteria count was associated with sourdough containing *L. sanfranciscensis*. Effects of different starters were significant on the pH of TTA of sourdough, dough and bread, and also resulted in decreased pH and increased of TTA compared to control bread. The results of the assessment of physicochemical and organoleptic properties of bread showed that sourdough containing mixed starter resulted in increasing of height, specific volume and porosity; however, it reduced the hardness of bread crust and crumb, and retarded the emergence of mold colonies. Sourdough bread containing mixed starter gained the highest score of organoleptic properties. Therefore the use of mixed starters consisting of *L. plantarum* and *L. sanfranciscensis* could be considered as a suitable starter culture for the production of sourdough and high quality bread.

Keywords: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus sanfranciscensis*, Sourdough, Wheat, Voluminous bread

www.SID.ir