

## تأثیر آغازگرهای لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس بر ویژگی‌های تکنولوژیکی خمیرترش و کیفیت نان حجیم

مهدی قره‌خانی<sup>۱\*</sup>، مهران اعلمی<sup>۲</sup>، محمدامین حجازی<sup>۳</sup>، یحیی مقصودلو<sup>۴</sup>، مرتضی خمیری<sup>۲</sup>، گودرز نجفیان<sup>۴</sup>

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

۴. دانشیار بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج، ایران

\* نویسنده مسئول مکاتبات: m.gharekhani@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۹۴/۳/۳ پذیرش نهایی: ۹۴/۵/۲۷)

### چکیده

کاربردهای خمیرترش در تولید نان از دهه‌های اخیر به دلیل 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 سانفرانسیسیسیس 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 پراکسید هیدروژن خمیرترش گردید و خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان دی‌استیل و پراکسید هیدروژن را داشت. بیشترین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک نیز در انتهای دوره تخمیر خمیرترش، مربوط به خمیرترش حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس بود. تأثیر آغازگرهای مختلف بر روی میزان pH و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، خمیر و نان معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ) و باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته قابل تیتر نان در مقایسه با نان شاهد گردید. نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی 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 سانفرانسیسیسیس می‌تواند کشت آغازگر مناسبی برای تولید خمیرترش و نانی با کیفیت مطلوب مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس، خمیرترش، گندم، نان حجیم

## مقدمه

یکی از ویژگی‌های اصلی نان، عطر و طعم مطلوب آن می‌باشد. اختلاف عمده‌ای در آرومای نان‌های مصرفی سرتاسر دنیا وجود دارد، که به دلایل 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 به کار رفته و روش تخمیر می‌باشد (Chavan and Chavan, 2011). کاربردهای خمیرترش در تولید نان از دهه‌های اخیر به دلیل 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 نانوائی 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 به دلیل مقدار زیاد اسیدیته و غلظت بالای اسیدهای آلی در مقایسه با نان به‌دست آمده با مخمر نانوائی می‌باشد در حالی‌که بهبود ویژگی‌های حسی به دلیل 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 پلانটারوم، لاکتوباسیلوس پاراکازئی در ترکیب با مخمر نانوائی (ساکارومایسس سرویزیه) استفاده شده‌اند (Dal Pighambardoust et al., 2010; Dal bello et al., 2007; Aplevicz et al., 2014; Komlenic et al., 2010). هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر کشت‌های آغازگر مختلف بر ویژگی‌های تکنولوژیکی خمیرترش و هم‌چنین تأثیر خمیرترش‌های حاصله بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و حسی نان‌های حجیم می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### - آرد گندم

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

### - آماده‌سازی سوبه و تهیه ذخیره‌ی باکتریایی

باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلاتناروم (*Lactobacillus plantarum*) و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسینسیس (*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 سلیسیوس به مدت ۲۴ 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 به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلیسیوس سانتی‌فوذ 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 لاکتوباسیلوس‌ها 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 سلیسیوس به مدت ۲۴ 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 al., 2010).

### - آزمون اسیدیته قابل تیترا (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 تیترا 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 دی‌استیل و هیدروژن پراکسید خمیرترش از روش Edema and Sanni (۲۰۰۸) استفاده گردید.

- شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترش-شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک با روش پورپلیت در محیط کشت MRS agar بعد از گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سلیسیوس به مدت 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 به مدت ۱۰ دقیقه با مخلوط‌کن در

با دمای ۳۰ درجه سلیسیوس و رطوبت نسبی ۷۵٪ صورت گرفت و پخت در دمای ۲۲۵ درجه سلیسیوس به مدت ۲۵ دقیقه انجام شد. در نهایت نان‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق خنک و سپس در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی شدند. یک نمونه نان بدون خمیرترش نیز به عنوان نان شاهد تهیه گردید.

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 ۱۵×۸/۵×۵/۷ سانتی‌متر قرار داده شدند. تخمیر نهایی به مدت ۶۰ دقیقه در محفظه تخمیر

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	۴۷/۵

- 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).

$$\text{درصد افت پخت} = \frac{\text{وزن نان پس از پخت} - \text{وزن چانه خمیر}}{\text{وزن چانه خمیر}} \times 100$$

- ارزیابی رنگ پوسته و مغز نان

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

- 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 ۴ 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 دیجیتالی و خط‌کش اندازه‌گیری گردید.

## - 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 (Sahraiyen et al, 2013).

## - ارزیابی سفتی پوسته و بافت مغز نان:

ویژگی‌های بافتی به صورت آزمون آنالیز پروفیل بافت (TPA: Texture Profile) Analysis بر روی مغز نان و آزمون نفوذ (Penetration Test) بر روی 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 ۴ 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

- تأثیر نوع آغازگر بر میزان pH و اسیدیته قابل تیترا خمیرترش، خمیر و نان حجیم

تغییرات pH و اسیدیته قابل تیترا 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 تیترا خمیرترش، خمیر و نان معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). در بین آغازگرهای تکی (لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس) و ترکیبی (لاکتوباسیلوس پلانتروم + لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس)، کمترین میزان pH (۳/۸۱۱) و بیشترین میزان اسیدیته قابل تیترا (۱۱/۷۱۷ میلی‌لیتر) به ترتیب مربوط به خمیرترش تخمیر شده با لاکتوباسیلوس پلانتروم و خمیرترش تخمیر شده با لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس بود که در مقایسه با سایر آغازگرها اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما در قیاس با نمونه شاهد (فاقد آغازگر) اختلاف معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ). بعد از مرحله تهیه خمیر و تخمیر نهایی خمیر، میزان pH و اسیدیته قابل تیترا 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 پلانتروم معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). از نظر میزان اسیدیته قابل تیترا، لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس، بیشترین میزان اسیدیته (۶/۳۵ میلی‌لیتر) را در مقایسه با دیگر آغازگرها داشت. نتایج بررسی تغییرات pH و اسیدیته قابل تیترا برای نان نیز نشان داد که استفاده از خمیرترش

باعث کاهش pH و افزایش میزان اسیدیته قابل تیتراژ نان در مقایسه با نان شاهد به‌طور معنی‌دار گردید ( $P < 0.05$ ). در بین نان‌های حاوی آغازگرهای مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر میزان pH و اسیدیته قابل تیتراژ مشاهده نگردید و نان حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراژ نسبت به سایر نان‌ها داشتند.

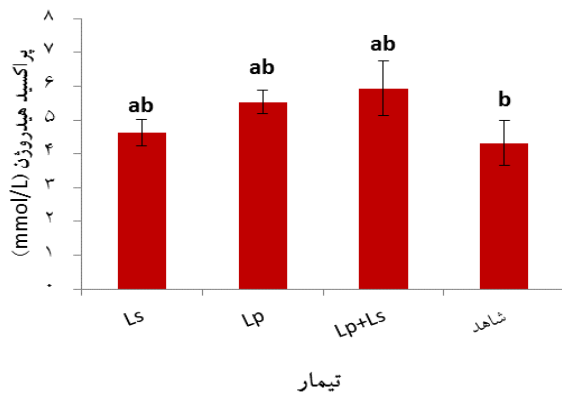
جدول (۲) - تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتراژ در خمیرترش، خمیر و نان

نان		خمیر تخمیر شده		خمیرترش		نوع آغازگر
اسیدیته قابل تیتراژ (ml)	pH	اسیدیته قابل تیتراژ (ml)	pH	اسیدیته قابل تیتراژ (ml)	pH	
۳/۹۸۷±۰/۱۴۹ <sup>a</sup>	۵/۵۰±۰/۰۲۷ <sup>b</sup>	۶/۳۵±۰/۰۵۷ <sup>a</sup>	۵/۲۰۵±۰/۰۶۹ <sup>b</sup>	۱۱/۷۱۷±۰/۱۲۵ <sup>a</sup>	۳/۸۳۵±۰/۰۲۷ <sup>b</sup>	Ls
۳/۴۸۳±۰/۴۰۹ <sup>ab</sup>	۵/۵۳۱±۰/۰۱۸ <sup>b</sup>	۵/۴۸±۰/۰۳۸ <sup>b</sup>	۵/۰۶۷±۰/۰۲۶ <sup>c</sup>	۱۱/۵۳۹±۰/۰۳۳ <sup>a</sup>	۳/۸۱۱±۰/۰۲۳ <sup>b</sup>	Lp
۳/۹۹۴±۰/۰۹۹ <sup>a</sup>	۵/۵۴۳±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۴/۹۶±۰/۰۱۷ <sup>b</sup>	۵/۰۵۷±۰/۰۸۹ <sup>c</sup>	۱۱/۷۰۱±۰/۰۶۷ <sup>a</sup>	۳/۸۲۰±۰/۰۰۹ <sup>b</sup>	Ls+Lp
۳/۰۱۳±۰/۴۵۲ <sup>b</sup>	۵/۹۲۳±۰/۰۷۴ <sup>a</sup>	۴/۱۱±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۵/۷۷۶±۰/۰۳۲ <sup>a</sup>	-	-	خمیر و نان شاهد
-	-	-	-	۷/۹۷۸±۰/۱۲۳ <sup>b</sup>	۴/۷۷۷±۰/۰۶۳ <sup>a</sup>	خمیرترش شاهد

<sup>a, b, c</sup>: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) است. Ls و Lp به ترتیب نشان‌دهنده لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس می‌باشد.

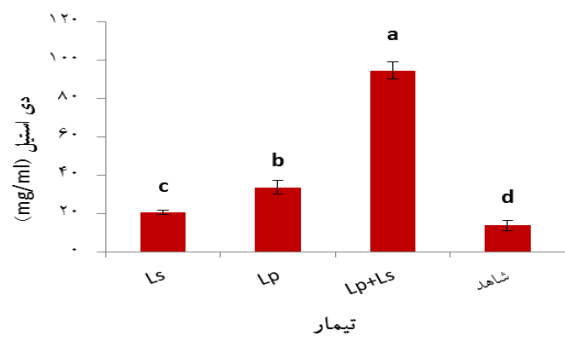
#### تأثیر نوع آغازگر بر تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترش

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 لاکتوباسیلوس‌ها در انتهای دوره تخمیر خمیرترش (۲۴ ساعت) گردید (نمودار ۳).

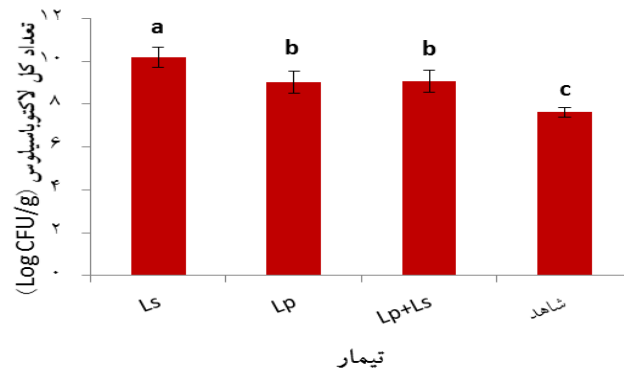


نمودار (۲) - تأثیر نوع آغازگر بر میزان پراکسید هیدروژن خمیرترش؛ Lp و Ls به ترتیب ل. پلانتروم و ل. سانفرانسیسنسیس

تأثیر نوع آغازگر بر میزان دی‌استیل و پراکسید هیدروژن استفاده از آغازگرها باعث افزایش میزان دی‌استیل و پراکسید هیدروژن خمیرترش گردید (نمودار ۱ و ۲). به طوری که خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان دی‌استیل (۹۴/۶۵ mg/ml) را داشت ( $P < 0.05$ ). همچنین خمیرترش حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان پراکسید هیدروژن (۵/۹۴ mmol/L) را داشت و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد.



نمودار (۱) - تأثیر نوع آغازگر بر میزان دی‌استیل خمیرترش؛ Lp و Ls به ترتیب ل. پلانتروم و ل. سانفرانسیسنسیس



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

#### - تأثیر افزودن خمیرترش بر ویژگی‌های فیزیکی نان

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.

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 به ترتیب مشاهده گردید. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر میزان تخلخل بین نان شاهد، نان خمیرترشی حاوی لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس و

جدول (۳) - تأثیر 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 <sup>b</sup>	۵/۵±۰/۵ <sup>ab</sup>	۳/۹۵۹±۰/۰۴۵ <sup>c</sup>	۲۵/۷۶±۲/۲۵ <sup>ab</sup>
Lp	۱۳/۵۲۵±۰/۲۳۹ <sup>b</sup>	۴/۷±۰/۴۴ <sup>b</sup>	۴/۱۳۸±۰/۰۷۹ <sup>bc</sup>	۲۳/۴۶±۱/۸۵ <sup>b</sup>
Ls+Lp	۱۴/۷۱۸±۰/۵۲۷ <sup>a</sup>	۶/۱±۰/۶۱ <sup>a</sup>	۴/۲۶۶±۰/۰۵۱ <sup>b</sup>	۲۹/۵۷±۳/۳۴ <sup>a</sup>
نان شاهد	۱۲/۲۶۷±۰/۱۴۵ <sup>b</sup>	۶/۳±۰/۷۲ <sup>a</sup>	۴/۷۹۴±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۲۹/۹۷±۱/۷۷ <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup>: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد (P<0.05) است؛ Ls و Lp به ترتیب نشان‌دهنده لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیسیس می‌باشد.

- 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 ۴).

جدول (۴) - تأثیر خمیرترش با آغازگرهای مختلف بر روی ویژگی‌های رنگی مغز و پوسته نان

پوسته نان			مغز نان			نوع آغازگر
$b^*$	$a^*$	$L^*$	$b^*$	$a^*$	$L^*$	
۶۰/۳۲±۲/۷۷ <sup>b</sup>	۱۵/۱۸±۴/۹۲ <sup>a</sup>	۷۹/۶۱±۶/۳۶ <sup>a</sup>	۲۹/۲۹±۶/۷۳ <sup>a</sup>	-۰/۵۸۷±۰/۰۴۹ <sup>a</sup>	۷۴/۹۶±۲/۷۹ <sup>a</sup>	Ls
۶۴/۴۶±۳/۹۸ <sup>ab</sup>	۱۲/۵۳±۳/۳۰ <sup>ab</sup>	۷۹/۹۹±۴/۳۷ <sup>a</sup>	۲۸/۸۲±۴/۸۷ <sup>a</sup>	-۰/۵۴۱±۰/۰۲۷ <sup>a</sup>	۷۵/۵۳±۳/۱۶ <sup>a</sup>	Lp
۶۶/۱۶±۳/۲۹ <sup>a</sup>	۹/۸۷±۳/۱۲ <sup>b</sup>	۷۹/۸۱±۵/۱۷ <sup>a</sup>	۲۴/۲۸±۷/۲۹ <sup>ab</sup>	-۰/۵۴۲±۰/۰۵۴ <sup>a</sup>	۶۶/۱۶±۳/۲۹ <sup>a</sup>	Ls+Lp
۶۵/۶۷±۳/۶۹ <sup>a</sup>	۹/۱۵±۲/۶۱ <sup>b</sup>	۷۹/۶۱±۳/۴۵ <sup>a</sup>	۱۶/۱۶±۶/۵۷ <sup>b</sup>	-۰/۷۱۰±۰/۰۵۸ <sup>b</sup>	۷۳/۲۳±۱/۹۵ <sup>a</sup>	نان شاهد

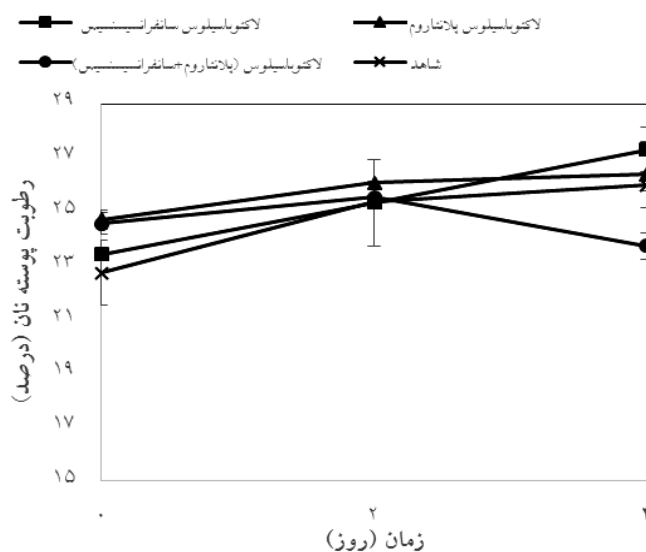
<sup>a</sup>، <sup>b</sup> و <sup>c</sup>: حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) است؛ Ls و Lp به ترتیب نشان‌دهنده لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسینس می‌باشد.

رطوبت مغز نان در روز صفر مربوط به نان خمیرترشی حاوی لاکتوباسیلوس سانفرانسیسینس بوده و در انتهای دوره نگهداری متعلق به نان شاهد بود. میزان رطوبت پوسته نان‌ها 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.

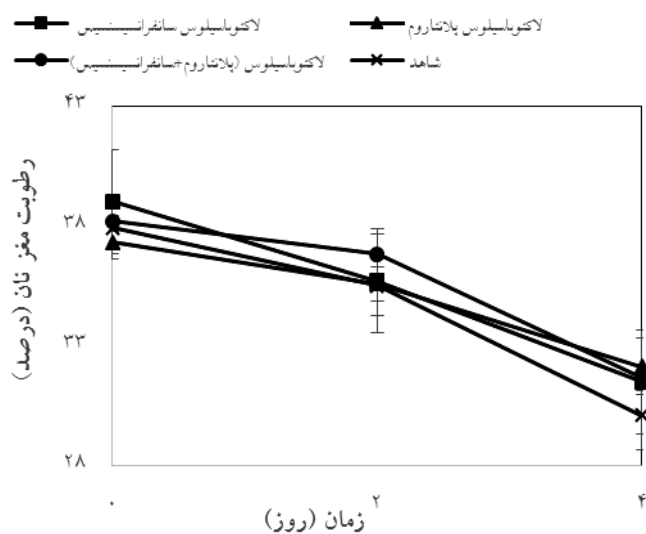
- تأثیر خمیرترش بر محتوای رطوبتی مغز و پوسته نان در طی زمان نگهداری

تغییرات محتوای رطوبتی مغز و پوسته نان در طی زمان نگهداری (روز صفر، ۲ و ۴) مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۴ و ۵). 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 ۴ روز نگهداری بیشتر بود. میزان رطوبت مغز نان در هر سه زمان نگهداری مورد بررسی، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان





نمودار (۴) - تأثیر نوع آغازگر بر محتوای رطوبت مغز نان



نمودار (۵) - تأثیر نوع آغازگر بر محتوای رطوبت پوسته نان

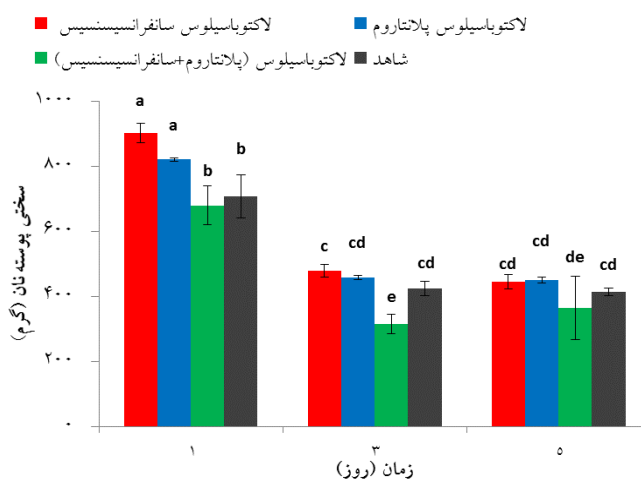
می‌باشد. میزان سختی همه نان‌ها با گذشت زمان نگهداری روند کاهشی را نشان دادند که به دلیل جذب رطوبت از مغز نان می‌باشد. میزان سختی پوسته نان در نان حاوی آغازگر ترکیبی نسبت به سایر نان‌ها در همه زمان‌های مورد مطالعه کمتر بود. همچنین میزان سختی

- تأثیر خمیر ترش 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 ۶). نتایج نشان داد که تأثیر زمان و نوع آغازگر بر روی میزان سختی پوسته نان معنی‌دار

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.

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

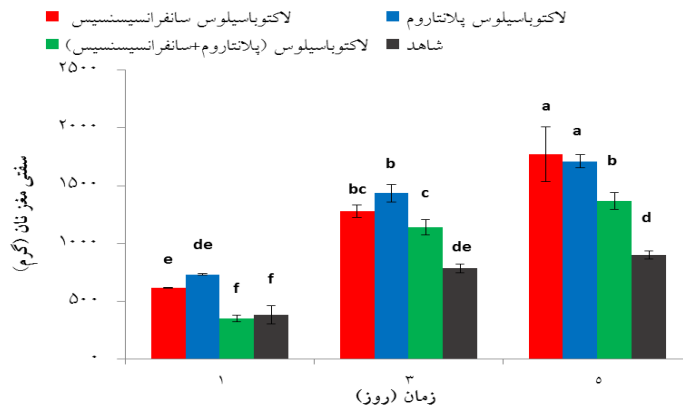


نمودار (۶) - تأثیر آغازگرهای مختلف بر میزان سختی پوسته نان در طی زمان نگهداری

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.

#### تأثیر 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 ۴ 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



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

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

نرمی بافت	قابلیت جویدن	طعم و مزه اسیدی	زمان (روز)	تیمار (نوع آغازگر)
۳/۵±۰/۸۶ abc	۳/۸±۰/۴۵ abcd	۳/۴±۰/۶۵ abc	۰	
۳/۴±۰/۶۵ abc	۳/۳±۰/۷۶ cde	۳/۲±۱/۰۴ bc	۲	Ls
۳/۲±۰/۸۴ abc	۲/۹±۰/۷۴ ef	۲/۹±۰/۵۵ bc	۴	
۳/۶±۰/۴۲ abc	۳/۴±۰/۴۲ bcde	۳/۵±۰/۰۵ abc	۰	
۳/۱±۰/۵۵ bc	۳/۲±۰/۵۷ de	۳/۲±۰/۲۷ bc	۲	Lp
۲/۷±۰/۰۹ c	۲/۳±۰/۴۵ f	۲/۸±۰/۲۷ c	۴	
۳/۸±۰/۵۷ ab	۳/۹±۰/۲۲ abc	۳/۸±۰/۸۴ ab	۰	
۳/۴±۰/۴۲ abc	۳/۴±۰/۵۵ bcde	۳/۴±۰/۴۲ abc	۲	Ls+Lp
۳±۰/۶۱ bc	۲/۹±۰/۴۲ ef	۲/۹±۰/۶۵ bc	۴	
۴/۱±۰/۴۱ a	۴/۲±۰/۴۴ a	۴/۱±۰/۵۴ a	۰	
۳/۹±۰/۶۵ ab	۴±۰/۰۰ ab	۳/۵±۰/۶۱ abc	۲	نان شاهد
۳/۳±۰/۰۹ abc	cde	۳±۰/۷۱ bc	۴	(بدون خمیرترش)

<sup>a, b, c</sup> حرف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار 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 گنه های کپک

خمیرترشی بسته به نوع آغازگر مورد استفاده در روز ۹ (لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس) تا ۱۱ (ترکیب دو آغازگر) نگهداری شروع کپک زدگی

طبق نتایج مطالعه، نان شاهد در روز ۶ نگهداری علایم کپک زدگی را نشان داد در حالی که نان های

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 پلانٹاروم 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 لاکتوباسیلوس‌ها 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

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 تیترا برای نان نشان داد که استفاده از خمیرترش باعث کاهش pH و افزایش میزان اسیدیته قابل تیترا نان در مقایسه با نان شاهد به‌طور معنی‌دار گردید ( $P < 0.05$ ) و نان حاوی آغازگر ترکیبی بیشترین میزان اسیدیته قابل تیترا 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 10٪ کمترین میزان pH و بیشترین میزان اسیدیته قابل تیترا 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، پراکسید هیدروژن 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 پراکسید هیدروژن 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 ضد میکروبی مانند دی‌استیل و پراکسید هیدروژن را در توسعه کشت‌های آغازگر برای

*lantarum* سفتی مغز نان کمتری را داشتند. علت این را می‌توان به عدم تولید اسیدهای آلی مهارکننده فعالیت عمل‌آوری مخمر نانویی 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 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. (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

معنی‌داری با نان شاهد و نان اسیدی شیمیایی نداشت (Ryan et al., 2011). همچنین افزودن خمیرترش حاوی بیفیدوباکترها 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 ( $P < 0.05$ ). 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.*

حجم 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 پلانٹاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسینسیس 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.

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 ضد میکروبی بیشتر باشد (Moroni *et al.*, 2012). یافته‌های مطالعه‌ای نشان داد که با افزودن خمیرترش حاوی آغازگر *Lb. amylovorus*، مدت ماندگاری بدون ظهور کپک برای نان حاوی خمیرترش به مدت ۴ 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

### 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., Gobetti, 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.

- 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 measurement. ISIRI No. 2705 [In Persian].
- Gerez, C.L., Cuezco, 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.
- Gobetti, 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., Özçelîc, S., Sagdıç, 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.

- 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.
- Sahraiyani, 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.



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

Gharekhani, M.<sup>1\*</sup>, Aalami, M.<sup>2</sup>, Hejazi, M.A.<sup>3</sup>, Maghsoudlou, Y.<sup>2</sup>, Khomeiri, M.<sup>2</sup>, Najafian, G.<sup>4</sup>

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)

### 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