

تأثیر خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی و فرمنتوم بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ماندگاری نان بربری

سیده محبوبه سادات رسول¹، لیلا ناطقی^{1*}، علیرضا شهاب لواسانی¹، سیدحسین استیری²

1- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

2- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

تاریخ پذیرش: 97/04/02

تاریخ دریافت: 95/10/25

چکیده

استفاده از خمیر ترش در تهیه نان علاوه بر بهبود عطر و طعم و ارزش تغذیه‌ای نان، سبب افزایش ماندگاری نان نیز می‌گردد. هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر بکارگیری باکتری‌های لاکتیکی شامل لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم در خمیر ترش بر کیفیت نان بربری بود. هفت تیمار مطابق با طرح کاملاً تصادفی شامل نان بربری حاوی باکتری‌های لاکتیکی لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم به مقدار 10^6 cfu/ml^۱ به صورت منفرد و همچنین به صورت ترکیبی به مقدار 10^3 cfu/ml^۲ و تیمار شاهد (نان بربری بدون باکتری‌های لاکتیکی) با زمان تخمیر اولیه 10 و 40 دقیقه طراحی گردید. آزمایشات انجام شده روی تیمارها 24، 48 و 72 ساعت پس از تولید شامل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (حجم مخصوص، pH و رطوبت)، آزمایشات میکروبی شامل بررسی میزان رشد کپک، میزان اسید استیک و اسید پروپیونیک، ارزیابی بافت و آزمون‌های حسی بود. نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که استفاده از باکتری‌های لاکتیکی اثر معنی‌داری روی کاهش pH، افزایش رطوبت، افزایش حجم مخصوص، کاهش سفتی بافت، افزایش میزان اسید استیک و پروپیونیک، جلوگیری از کپک زدگی و بهبود خواص حسی نان بربری در مقایسه با شاهد داشت. بالاترین امتیاز پذیرش کلی در آزمون حسی مربوط به تیمار خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی + 2 درصد وزن آرد مخمر نانوائی + 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود. بنابراین با استفاده از خمیر ترش حاوی مخلوط باکتری‌های لاکتیکی و افزایش زمان تخمیر اولیه می‌توان نان بربری با خواص کیفی مطلوب‌تری در مقایسه با شاهد تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: خمیر ترش، لاکتوباسیلوس پاراکازئی، لاکتوباسیلوس فرمنتوم، نان بربری

1- مقدمه

در اکثر کشورهای جهان، غلات تأمین کننده بیشترین مقدار کالری، پروتئین، فیبر، ویتامین ها و مواد معدنی مورد نیاز انسان می باشند. در میان غلات، گندم به دلیل خواص تغذیه ای و تکنولوژیکی ویژه، بیشتر مورد توجه می باشد. از مهمترین فرآورده های پرمصرفی که از این ماده غذایی با ارزش تهیه می شود، می توان به نان اشاره کرد (12). نان به آن دسته از غذاها اطلاق می شود که با پختن، بخارپز کردن و یا سرخ کردن خمیری که متشکل از آرد و آب است، تهیه می شود (5). نان پرمصرف ترین فرآورده گندم است که برحسب سلیقه، شرایط و امکانات در انواع مختلف تهیه می شود (4). هدف اصلی از پخت نان عبارت است از به دست آوردن محصولی از آرد که دارای حالت ظاهری جذاب، حجم مناسب، ماکول و قابلیت هضم زیاد باشد و بعلاوه در مورد برخی از انواع دارای تخلخل یکنواخت باشد (2). به منظور بهبود خواص کیفی نان از خمیر ترش استفاده می شود. خمیر ترش سیستم بیولوژیکی بسیار پیچیده ای است که اساس تشکیل آن، همزیستی بین فلور میکروبی آرد و کشت های تجاری لاکتوباسیلوس¹ است که از آن به عنوان آغازگر اختصاصی و به دلایل خاص نظیر بهبود عطر، طعم، زمان ماندگاری² و ارزش تغذیه ای و بالا بردن اثر سلامت بخشی آن استفاده می شود (24). مهران و همکاران (1394)، گزارش کردند اهمیت باکتری های موجود در خمیر ترش در آن است که می توانند کربوهیدرات های سبک موجود در آرد و نیز مالتوز و فرآورده های تجزیه شده پروتئینی را مصرف نموده و اسیدهای لاکتیک و استیک لازم برای شکل پذیری و نیز مراحل تهیه خمیر و پخت را به وجود آورند (13). زیست شناسی میکروبی خمیر ترش با بیش از 50 گونه از باکتری های اسید لاکتیک (عمدتا جنس لاکتوباسیلوس) و بیش از 25 گونه

از انواع مخمر (مخصوصا جنس های ساکارومایسس³ و کاندیدا⁴) بسیار پیچیده است. باکتری های اسید لاکتیک موجود در خمیر ترش می توانند از فلور طبیعی آرد، محصولات لبنی و یا آغازگرهای تجاری نشأت گرفته باشند که غیر از جنس لاکتوباسیلوس جنس های پدیوکوکوس⁵، انتروکوکوس⁶، لاکتوکوکوس⁷ و لوکونستوک⁸ را نیز شامل می شود (3). لاکتوباسیلوس پاراکازئی⁹ از خانواده لاکتوباسیلوس بوده که در دهان و روده انسان وجود دارد که دارای دامنه گسترده ای از pH و دما است و تکمیل کننده رشد لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس⁵ سازنده آنزیم آمیلاز (آنزیم جذب کربوهیدرات) است و به طور گسترده ای در محصولات لبنی و نوشیدنی های تخمیری مورد استفاده قرار می گیرد (27). لاکتوباسیلوس فرمنتوم⁶ باکتری است که قادر به تحمل دامنه گسترده ای از pH و دما می باشد و مهم ترین ویژگی آن مقاومت در دستگاه گوارش می باشد (25). پلیساس⁷ و همکاران (2008)، در بررسی کاربرد کلویورومایسس مارکسیانوس⁸، لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس⁹ و لاکتوباسیلوس هلوتیکوس¹⁰ به عنوان کشت های آغازگر برای تولید نان خمیر ترش دریافتند که با استفاده از کشت های مخلوط، حجم اسید تولیدی بالاتر و غلظت های لاکتیک اسید بیشتری در مقایسه با نان های تهیه شده سنتی فراهم شد و مقاومت بیشتر به فساد کپکی، زمانی که نان با استفاده از خمیر ترش 50 درصد که حاوی 1 درصد

³: Saccharomyces⁴: Candida⁵: Pediococcus⁶: Enterococcus⁷: Lactococcus⁸: Leuconostoc⁹: Lactobacillus Paracasei⁵ Lactobacillus Acidophilus⁶ Lactobacillus fermentum⁷ Plessas⁸ Kluyveromyces marxianus⁹ delbrueckii subspecies bulgaricus¹⁰: Lactobacillus helveticus¹: Lactobacillus²: Shelf life

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

آرد ستاره از شرکت آرد داران، خمیر مایه تر و بهبود دهنده از شرکت ثمین نان سحر، باکتری لیوفیلیزه لاکتوباسیلوس پاراکازئی زیر گونه پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم (PTCC1744) از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، محیط کشت MRS¹ Broth از شرکت QLAB کانادا تهیه گردید.

2-2- آماده‌سازی باکتری‌های لاکتیکی و خمیر ترش

به تمامی تیمارهای مورد آزمون علاوه بر ساکارومایسس سرویزیه به مقدار 2 درصد وزن آرد حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم نیز مطابق با جدول 1 اضافه گردید. استاندارد ملی شماره 4721، به منظور فعال‌سازی باکتری‌های لیوفیلیزه حاوی سویه‌های لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم در 5 میلی‌لیتر محیط کشت MRS Broth درون لوله آزمایش در شرایط سترون کشت داده شد و در دمای 30 درجه سانتی‌گراد به مدت 16 تا 20 ساعت در شرایط هوایی گرمخانه گذاری شد (9).

کلورومایسس مارکسیانوس و 4 درصد لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس بود مشاهده شد. استفاده از این کشت‌ها عطر و بوی نان‌های حاصل از خمیر ترش را بهبود بخشید (26). الرحمان¹ و همکاران (2007) در تحقیقی از باکتری لاکتوباسیلوس بولگاریکوس به تنهایی در خمیر ترش نان و همراه با مخمر نانویی به منظور تشخیص اثر آن‌ها بر روی ویژگی‌های حسی و زمان ماندگاری نان استفاده و اعلام نمودند که استفاده از 3 میلی‌لیتر کشت آغازگر لاکتوباسیلوس بولگاریکوس نسبت به نمونه مخلوط با مخمر و مخمر تنها (نان شاهد) دیرتر دچار فساد میکروبی شد (29). قریشی‌راد و همکاران (1390)، گزارش کردند در میان نان‌های سنتی که در کشورمان مصرف می‌شوند بیشترین ضایعات مربوط به نان‌های بربری، لواش و سنگک است. بنابراین یافتن روش‌هایی برای بهبود کیفیت و افزایش زمان ماندگاری نان‌های سنتی ضروری به نظر می‌رسد (7). هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر خمیر ترش لاکتیکی حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم بر خصوصیات فیزیوشیمیایی، حسی و بافتی نان بربری بود.

¹ de Man, Rogosa and Sharpe

¹: Ur Rehman

جدول 1- تیمارهای مورد آزمون در این پژوهش

شماره	تیمار	زمان تخمیر اولیه (دقیقه)	تیمار	زمان تخمیر اولیه (دقیقه)
1	خمیر ترش حاوی 10^6	10	خمیر ترش حاوی 10^6	10
2	لاکتوباسیلوس پاراکازئی 10^3	40	لاکتوباسیلوس فرمنتوم 10^3	40
3	-	10	-	10
4	-	40	-	40
5	-	10	-	10
6	-	40	-	40

3-2 - تولید نان

جهت تولید نان بربری شاهد، ابتدا آردها الک شده، سپس تمامی مواد همراه خمیر ترش داخل خمیرگیر ریخته شد (تیمار شاهد حاوی ساکارومایسس سرویزیه به مقدار 2 درصد وزن آرد $10^9 \text{ cfu/g} \times 1/8$) بود، به اندازه 50 درصد وزن آرد آب اضافه شد و به مدت 10 دقیقه در دستگاه مخلوط کن آزمایشگاهی (مدل Berjaya I/BSP-BM10، مالزی) مخلوط شدند سپس 10 دقیقه استراحت اولیه داده بعد از چانه-گیری و گرد کردن خمیر به مدت 40 دقیقه در گرمخانه (ساخت ایران) در دمای 35 درجه سانتی گراد و رطوبت 80 درصد استراحت داده شد، سپس خمیرها در داخل فر گردان از نوع سینی دار (ریحان طب) در دمای 240 درجه سانتی گراد پخت شدند.

4-2- آزمون رطوبت و pH آرد نانویی و نانهای

بربری

میزان رطوبت موجود در آرد مصرفی برای تهیه نان بربری مطابق با استاندارد AACC با شماره 14-44 و مقدار pH آرد نانویی با استفاده از روش استاندارد ملی ایران شماره 2852 تعیین شد (8، 15).

5-2- اندازه گیری حجم مخصوص نانهای بربری

مطابق با استاندارد AACC شماره 05-10 انجام شد. حجم نان-های تولید شده توسط روش جایگزینی حجم با دانه های کلزا در روز اول بدست آمد (15).

6-2- آزمون سفتی بافت نانهای بربری

آزمون سفتی بافت نانهای بربری مطابق با استاندارد AACC شماره 09-74 با استفاده از دستگاه بافت سنج یا اینستران مدل 5566 ساخت کشور آمریکا در فاصله زمانی 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت انجام گرفت (15). نمونه های نان بربری در ابعاد $25 \times 25 \times 25$ میلی متر بریده شدند و روی فک پایین قرار گرفتند. سپس نمونه های مورد آزمون توسط یک پروب به قطر 21 میلی متر تا 40 درصد ضخامت اولیه نمونه با سرعت 100 میلی متر بر دقیقه فشرده شدند.

4-5-2- آزمون کپک زدگی نانهای بربری

کپک زدگی نان بربری با استفاده از روش استاندارد ملی ایران شماره 2628 تعیین شد. طبق این استاندارد نان باید فاقد هرگونه آثار کپک زدگی که با چشم غیر مسلح قابل دیدن است، باشد (10).

8-2- آزمون تعیین اسید استیک و اسید پروپیونیک

نانهای بربری

اندازه گیری اسید استیک و اسید پروپیونیک با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (مدل PU4410، ساخت شرکت امریکایی Scientific Philips)، انجام شد. در این مطالعه از ستون موئین PEG 10M به طول 2 متر و قطر داخلی 45 میلی لیتر استفاده شد. به طوریکه دمای تزریق 220 درجه سانتی گراد و دمای نهایی 100 درجه سانتی گراد بود و

از گاز

نمونه‌های آرد گندم مورد استفاده (آرد ستاره) دارای pH برابر 6/08 و رطوبت 13/69 بود که در محدوده استاندارد ملی ایران به شماره 103 برای آرد ستاره بود (11).

3-2- تغییرات pH نان‌های بربری

مطابق با جدول 2، مشاهده گردید روند تغییرات pH طی سه روز نگهداری کاهش چشمگیری نداشته است بطوریکه میزان pH تمامی تیمارها در روز دوم نسبت به روز اول، اندکی افزایش نشان داد که از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). بالاترین میزان pH (5/620) پس از سه روز نگهداری متعلق به نمونه شاهد و پایین‌ترین میزان pH (5/520) مربوط به تیمار خمیرترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود. در این خصوص می‌توان گفت حضور یک باکتری پروبیوتیک (لاکتوباسیلوس پاراکازئی) به همراه زمان تخمیر بالاتر (40 دقیقه) باشد که منجر به تولید اسید بیشتر و pH کمتر گردد. مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2628، در ارتباط با ویژگی‌های نان‌های سنتی، حداکثر pH نان بربری می‌بایست بین 5-6 باشد (10)، که در تحقیق حاضر نیز pH تمامی نمونه‌ها در تمامی روزهای مورد بررسی در محدوده استاندارد بود.

3-1-2- تغییرات رطوبت نان‌های بربری

مطابق با جدول 2، میزان رطوبت تمامی تیمارها طی دوره نگهداری به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$) که می‌توان آن را بدلیل از دست دادن رطوبت در تمامی نمونه‌ها طی دوره نگهداری دانست. بالاترین میزان رطوبت 26/571 درصد تیمارها در روز سوم نگهداری مربوط به نمونه خمیرترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود و پایین‌ترین میزان رطوبت 18/895 درصد مربوط به نمونه شاهد بود که از نظر آماری با سایر نمونه‌ها به جز نمونه خمیرترش

حامل نیتروژن با شدت جریان 33 میلی‌لیتر در دقیقه و گاز هیدروژن با شدت جریان 30 میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها، 1 گرم نان خشک شده و پودر شده را با 4 میلی‌لیتر آب مقطر و 1 میلی‌لیتر متافسفریک 25 درصد هموژن کرده و سپس با استفاده از سانتریفیوژ (سیگما، آلمان) 3000 دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس 400 میکرولیتر از مایع شفاف رویی برداشته شد و 100 میکرولیتر استاندارد داخلی 4- متیل والریک اسید به آن افزوده شد و یک میکرولیتر از این محلول به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. برای آنالیز از گاز حامل نیتروژن با شدت جریان 33 میلی‌لیتر در دقیقه و گاز هیدروژن با شدت جریان 30 میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد (1).

2-9- آزمون حسی نان‌های بربری

این آزمون در فاصله زمانی 24، 48 و 72 ساعت پس از پخت نمونه‌ها انجام شد که نمونه‌ها به طور جداگانه داخل کیسه‌های پلاستیکی در دمای محیط در کنار یکدیگر قرار داده شد و سپس تمامی نمونه‌ها جهت ارزیابی به داوران حسی (پانلیست-ها) داده شد و آنان بر اساس فرم مربوط به شاخص‌های حسی بیاتی، بافت، طعم و مزه و مطلوبیت نهایی نمونه‌های نان از 1 (ضعیف یا غیر قابل قبول) تا 5 (خیلی خوب) امتیاز دادند (15).

2-10- آنالیز آماری

به منظور طراحی تیمارها از طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد. کلیه آزمون‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- نتایج آزمون‌های pH و رطوبت نمونه‌های آرد

ترش تشکیل پیش سازهای مولد عطر و طعم و ترکیبات عطر و طعم‌دار در نان را تقویت کرده و نگهداری گاز (نه تولید گاز) در خمیر را افزایش می‌دهد. پروتئین گلوتن گندم خصوصیات ویسکوالاستیک خاص خمیر را ایجاد می‌کند که باعث می‌شود خمیر به دلیل تشکیل CO₂ حین تخمیر گسترش یابد و در این زمان است که بیشتر گاز درون بافت خمیر می‌ماند. همچنین سایر بیوپلیمرهای آرد، نشاسته و پنتوزان‌ها باید متورم شوند و به میزان مناسبی حل شوند تا بافت مطلوب نان حاصل شود. حجم مخصوص یک ویژگی کیفی و اساسی نان محسوب می‌شود (30). مطابق با جدول 2، بیشترین حجم مخصوص تیمار خمیر ترش حاوی 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازنی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و پس از آن تیمار خمیر ترش حاوی 10⁶ cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه و تیمار خمیر ترش حاوی 10⁶ cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود. بالا بودن حجم مخصوص در تیمار خمیر ترش حاوی 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازنی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه، نشان دهنده اثر مثبت استفاده از دو گونه لاکتوباسیلوس بر حجم مخصوص بود. از طرفی بالا بودن حجم مخصوص در دو تیمار حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم نشان دهنده اثر مثبت جزئی این گونه لاکتوباسیلوس بر حجم مخصوص بود. گل¹ و همکاران (2005)، گزارش کردند نان‌های تولید شده توسط خمیر ترش لاکتیکی به علت pH پایین‌تر و نسبت زیاد اسید لاکتیک و اسید استیک، بیشترین حجم در مقایسه با شاهد دارند و سرعت بیاتی آن‌ها نیز طی دوره نگهداری کاهش می‌یابد (22). لازم به ذکر است استفاده از خمیر ترش نیز، حجم نان را بطور موثری در مقایسه با همان میزان اسیدی سازی شیمیایی بهبود می‌بخشد. کاربرد خمیر ترش نگهداری گاز و نه تولید گاز

حاوی 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10³ cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازنی + 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه و نمونه خمیر ترش حاوی 10⁶ cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازنی و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه اختلاف معنی‌داری داشت (p≤0.05). پیغمبر دوست و همکاران (1393) بیان نمودند که نقش تجزیه‌کنندگی پروتئین‌ها توسط لاکتوباسیل‌های فعال در خمیر ترش تازه منجر به تجزیه پروتئین‌های ماکروپلیمری گلوتن و تبدیل آن‌ها به پروتئین‌های با وزن ملکولی کم می‌گردد که قابلیت نگهداری آب در شبکه را کاهش داده و رطوبت موجود بصورت آزاد درآمده و به سهولت قابل اندازه‌گیری می‌باشد (3). کروکلی¹ و همکاران (2001) در تحقیقاتشان بیان نموده‌اند که تعدادی از باکتری‌های لاکتیکی می‌توانند با تولید پلی‌ساکارید خارج سلولی از قبیل (دکستران، گرانتان، فروکتان، گلوکان و لوان) جذب آب را افزایش دهند که بسته به میزان مصرفی خمیر ترش در فرمولاسیون خمیر مقدار پلی‌ساکارید خارج سلولی متغیر می‌باشد (23). نتایج بدست آمده، هم راستا با تحقیقات سرفراز و همکاران (1387)، در بررسی اثرات متقابل باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمر نانوائی در تخمیر خمیر ترش مایع، با افزودن لاکتوباسیلوس کازنی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم و مخمر نانوائی به خمیر ترش نان تست بود که بیان نمودند نان‌های حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم بیشترین میزان رطوبت را دارا بوده‌اند (6). مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره 2628، رطوبت نان بربری می‌بایست بین 24-30 درصد باشد (10)، که در مطالعه حاضر نیز رطوبت تمامی نمونه‌ها و در تمامی روزهای مورد بررسی در محدوده استاندارد بود.

3-1-3- تغییرات حجم مخصوص نان‌های بربری

هرچند یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در استفاده از خمیر ترش، کنترل اسیدیته زیاد خمیر ترش است، با این وجود کاربرد خمیر-

¹: Gul

¹: Korakli

در خمیر نان را افزایش می‌دهد. تأثیر خمیر ترش بر حجم نان به دلیل واکنش‌های آنزیمی که حین تخمیر رخ می‌دهد، می‌باشد.

جدول 2- تغییرات رطوبت، pH و حجم مخصوص نان بربری طی زمان نگهداری

حجم مخصوص (کیلوگرم/مترمکعب)	pH			رطوبت (درصد)			نمونه
	روز سوم	روز دوم	روز اول	روز سوم	روز دوم	روز اول	
4/16 ^{bA}	5/62 ^{aA}	5/66 ^{aA}	5/62 ^{aA}	abB18/89	cA23/40	cA24/81	T ₁
4/31 ^{abA}	aA5/54	abA5/59	abA5/48	aB24/76	abcAB27/60	aA30/41	T ₂
4/36 ^{abB}	aA5/56	abA5/55	bA5/44	abA22/91	bcA23/64	bcA26/26	T ₃
4/55 ^{abB}	aA5/53	abA5/58	abA5/51	aB24/96	abcAB26/60	abA29/45	T ₄
4/85 ^{abA}	aA5/58	abA5/57	abA5/52	aB25/72	abA29/28	abA29/08	T ₅
4/92 ^{abA}	aA5/57	abA5/56	abA5/55	aB26/57	aA29/77	abA29/28	T ₆
4/32 ^{aA}	aA5/52	bA5/51	abA5/49	bB22/89	abcB24/47	aA30/49	(شاهد)

نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شده است.

^{a-c} حروف مشابه کوچک نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار ($p > 0.05$) در هر ستون می‌باشد.

^{A-B} حروف مشابه بزرگتر نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار ($p > 0.05$) در هر سطر می‌باشد.

3-1-4- تغییرات سفتی بافت نان‌های بربری

مطابق با نتایج جدول 3، میزان سفتی بافت تمام تیمارها در روز سوم نسبت به روز اول افزایش معنی‌داری ($p \leq 0.05$) نشان داد. در بررسی کلیه تیمارها، بالاترین میزان سفتی بافت (7/937 نیوتن) در روز سوم متعلق به نمونه شاهد و پایین‌ترین میزان سفتی بافت (4/583 نیوتن) مربوط به نمونه خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود. نتایج مذکور می‌تواند به این دلیل باشد که مولکول‌های نشاسته، تحت تأثیر آنزیم‌های تولید شده، توسط باکتری‌های اسید لاکتیک قرار می‌گیرند و تغییراتی در خواص برگشت پذیری نشاسته به وجود می‌آید، که به نوبه خود سرعت بیات شدن را کاهش می‌دهد از آنجاییکه میزان بیاتی رابطه مستقیم با سفتی نان دارد بنابراین میزان بیاتی تمامی نان‌های حاوی باکتری‌های لاکتیک به شکل معنی‌داری ($p \leq 0.05$) پایین‌تر

از

نمونه شاهد بود. الکی¹ و همکاران (2006) گزارش کردند استفاده از کشت مخلوط باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر نان منجر به بهبود بافت و حفظ تازگی بیشتر در مقایسه با نانی که فقط با مخمر تهیه شده است می‌گردد (20). کراستی² و همکاران (2000) اثر لاکتیک اسید باکتری‌ها بر بیاتی و سفتی بافت نان بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که نان تولید شده توسط خمیر ترش تخمیر شده با pH پایین، بیشترین حجم و کمترین میزان بیاتی را در طی نگهداری نشان داد (18). سرفراز و همکاران (1387)، در بررسی اثرات متقابل باکتری-های لاکتیک اسید و مخمر نانویی در تخمیر خمیر ترش مایع، با افزودن لاکتوباسیلوس کازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم و مخمر نانویی به خمیر ترش نان تست تولید شده با آرد گندم، بیان نمودند که پدیده بیاتی در نانی که از ترکیب لاکتوباسیلوس کازئی و لاکتوباسیلوس فرمنتوم و مخمر تولید شده بود دیرتر ظهور کرد (6).

¹: Elke

²: Corsetti

جدول 3- تغییرات سفتی بافت نان بربری طی زمان نگهداری

نمونه	سفتی بافت (نیوتن)		
	روز اول	روز دوم	روز سوم
T ₁	3/38 ^{aA}	5/79 ^{aA}	7/93 ^{aB}
T ₂	2/37 ^{aC}	5/66 ^{aB}	6/66 ^{abA}
T ₃	3/17 ^{aB}	4/92 ^{aAB}	5/77 ^{bcA}
T ₄	2/55 ^{aB}	4/01 ^{aB}	5/73 ^{bcA}
T ₅	2/78 ^{aB}	4/50 ^{aA}	5/51 ^{bcA}
T ₆	3/15 ^{aB}	4/22 ^{aA}	4/58 ^{cA}
(شاهد)	2/67 ^{aB}	4/84 ^{aA}	4/96 ^{bcA}

نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شده است. حروف مشابه کوچک نشانگر عدم اختلاف معنی دار (p>0.05) در هر ستون می باشد. حروف مشابه بزرگتر نشانگر عدم اختلاف معنی دار (p>0.05) در هر سطر می باشد.

3-1-5- ظهور کپک در نان های بربری

نمونه های نان بربری تولید شده به مدت 5 روز در دمای محیط نگهداری شدند. نتایج نشان داد کپک در هیچکدام از نان های بربری تولید شده توسط خمیر ترش لاکتیکی تا روز پنجم مشاهده نگردید ولی در نمونه شاهد در روز پنجم کپک مشاهده گردید، این نتیجه می تواند بدلیل تولید غلظت بالاتر اسید در نمونه های مذکور باشد. در تایید نتایج حاصل از این مطالعه پلی ساز¹ و همکاران، (2008) گزارش کردند نان های حاوی خمیر ترش لاکتیکی حاوی غلظت بالاتری از اسید لاکتیکی بودند که منجر به مقاومت بیشتر آن ها به فساد کپکی در مقایسه با نان های سنتی گردیده است (26).

3-1-6- تغییرات اسید پروپیونیک و اسید استیک در نان-

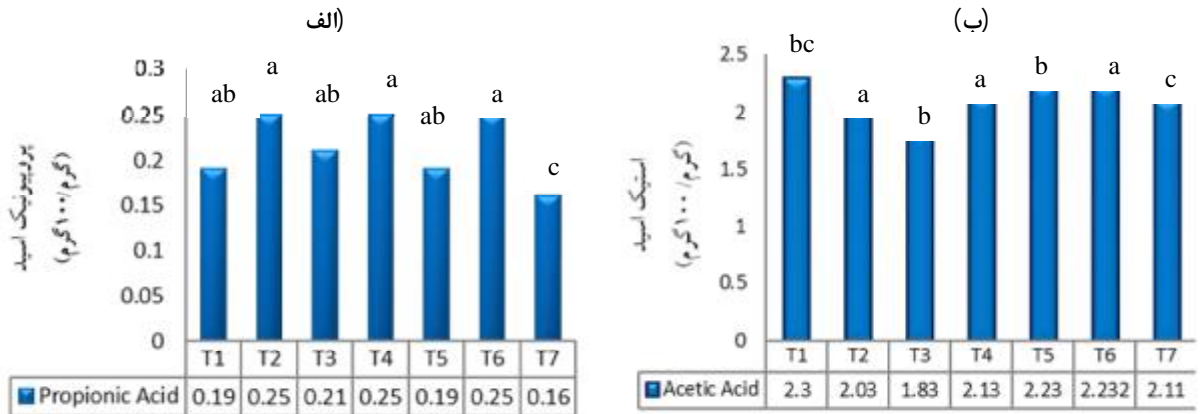
های بربری

میانگین اسید پروپیونیک و اسید استیک تیمارهای مختلف در شکل 1 و یک نمونه از کروماتوگرام آن در شکل 2، آورده شده است. در طول فرآیند تخمیر خمیر ترش، باکتری های اسیدلاکتیک و مخمر، متابولیت هایی تولید می کنند که در ایجاد مزه در نان نقش دارند. عطر و طعم نسبتا ترش در این نان ها مربوط به فرآیند تخمیر و تولید اسیدهای لاکتیکی و استیک است (31). محصول عمده تخمیر کربوهیدرات به وسیله این باکتری ها اسیدهای آلی است. اسیدهای آلی روی اجزاء نشاسته و پروتئین آرد تأثیر گذاشته و با کاهش pH سبب افزایش فعالیت آمیلازها و پروتئازهای آرد می شوند که نتیجه آن کاهش بیاتی در نان است (16). میزان اسید لاکتیکی و اسید استیک، نقش مهمی در توسعه عطر و طعم نان های تهیه شده از خمیر ترش دارد. ضریب تخمیر (نسبت مولی لاکتیکی اسید به استیک اسید) در خمیر ترش باید حدود 4 باشد تا نانی با طعم متعادل فراهم آید (28). مطابق شکل 1، بیشترین میزان اسید پروپیونیک (0/250g/100g) در تیمارهای خمیر ترش حاوی 10³cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10³cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و خمیر ترش حاوی 10⁶cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و پس از آن ها در تیمار خمیر ترش حاوی 10⁶cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه دیده شد که با توجه به اینکه فصل مشترک این تیمارها زمان تخمیرشان (40 دقیقه) بود و در هر کدام از یک نوع نمونه میکروبی استفاده شده، می توان بیان نمود در صورتی که زمان تخمیر طولانی باشد می توان به بالاترین میزان اسید پروپیونیک دست یافت. از طرف دیگر کمترین میزان اسید پروپیونیک (0/160 g/100g) نیز در تیمار شاهد و پس از آن در تیمار خمیر ترش حاوی 10⁶cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه مشاهده شد. با توجه به شکل 1، بیشترین میزان اسید استیک استیک در تیمار خمیر ترش

1: Plessas

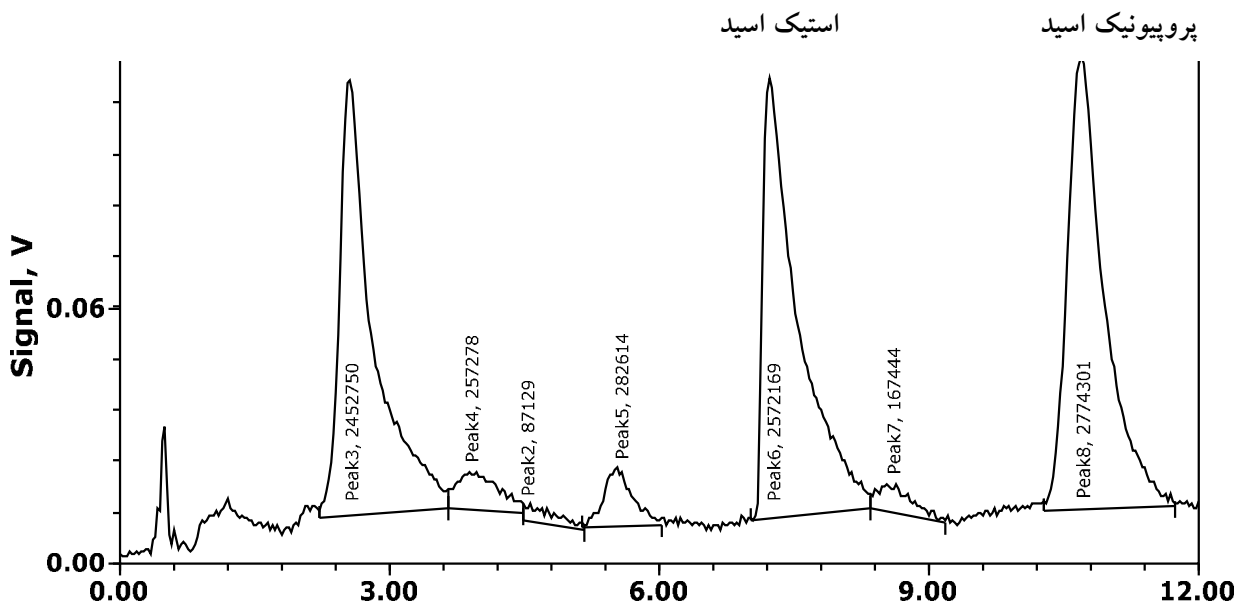
مقادیر بالاتر اسید استیک و اسید پروپیونیک می گردد. کراستی و همکاران (2000) گزارش کردند نان های تولید شده توسط خمیر ترش لاکتیکی پایین ترین میزان pH، بالاترین میزان اسید لاکتیکی و استیک، بیشترین حجم و کمترین میزان بیاتی را در طول دوره نگهداری نشان دادند (18).

حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه دیده شد و کمترین میزان اسید استیک مربوط به تیمار شاهد بود. نتایج مبین این مطلب است که استفاده از مخلوط باکتری های اسید لاکتیکی و زمان بیشتر تخمیر (40 دقیقه) منجر به تولید



شکل 1- نتایج به دست آمده از پروپیونیک اسید (الف) و استیک اسید (ب)

نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شده است. حروف مشابه کوچک نشانگر عدم اختلاف معنی دار ($p > 0.05$) در هر ستون می باشد.



شکل 2- نمونه کروماتوگرام اسید پروپیونیک و اسید استیک

2-3- نتایج حاصل از آزمون حسی نان‌های بربری

1-2-3- تغییرات عطر و طعم

در مجموع روند تخمیر در اثر تجزیه آنزیماتیکی کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و پنتوزان‌ها از یک سو مواد غذایی لازم جهت فعالیت ایتیمم مخمرها فراهم شده و در اختیار گذاشته می‌شود و از سوی دیگر در اثر این امر، هگزوزها، پنتوزها، آمینو اسیدهای آزاد یا پپتیدها به وجود می‌آیند که در طی روند پخت باعث بهبود عطر و طعم و مزه محصول می‌شوند (4). دو گروه ترکیبات طعم‌زا، طی تخمیر خمیر ترش به دست می‌آیند. گروه اول: ترکیبات غیر فرار شامل اسیدهای آلی که توسط باکتری هموفرمنتاتیو و باکتری هتروفورمنتاتیو تولید می‌شوند که اسیدیته و pH را کاهش داده و در آرومای خمیر نان دخالت می‌نمایند. گروه دوم ترکیبات فرار شامل: الکل، آلدئید، کتون، استر و سولفورها هستند (29). در طول تخمیر خمیر ترش باکتری‌های اسید لاکتیک و مخمر، متابولیت‌هایی تولید کرده که در ایجاد مزه در نان نقش دارند. عطر و طعم نسبتاً ترش در این نان‌ها مربوط به فرآیند تخمیر و تولید اسیدهای لاکتیک و استیک است (31). مطابق با جدول شماره 4، امتیاز طعم تمامی تیمارهای مورد آزمون طی دوره نگهداری به شکل معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0.05$) بطوریکه بالاترین (4/85) و پایین‌ترین (3/75) امتیاز طعم در روز سوم نگهداری به ترتیب متعلق به نمونه‌های خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و شاهد بود.

2-2-3- تغییرات بافت

بکارگیری مخمر و در نتیجه رشد و تکثیر آن در نان منجر به افزایش تولید گاز، بهبود شبکه گلوتنی و کیفیت بافت نان می‌گردد (21). نتایج تغییرات بافت نمونه‌های نان بربری در جدول 4، نشان داده شده است. در بررسی تمام تیمارهای روز

اول در مقایسه با روز سوم، شاهد روند کاهش امتیاز بافت بودیم. بالاترین (4/60) و پایین‌ترین (3/05) امتیاز بافت پس از سه روز نگهداری متعلق به تیمار خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و تیمار شاهد بود. میزان امتیاز بافت روز اول در نمونه خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود و پایین‌ترین میزان امتیاز بافت (3/63) مربوط به نمونه خمیر ترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود و رتبه بعد اختصاص به تیمار شاهد داشت. در روز دوم، بالاترین میزان امتیاز بافت (4/69) در نمونه خمیر ترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه مشاهده گردید و بعد از آن خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود که هر دو در یک گروه آماری قرار گرفتند و پایین‌ترین امتیاز بافت (3/44) مربوط به نمونه خمیر ترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود که از نظر آماری با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$). در روز سوم، بالاترین میزان امتیاز بافت در نمونه خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه و پس از آن خمیر ترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود همچنین پایین‌ترین میزان امتیاز طعم و مزه مربوط به خمیر ترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئیو و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود که از نظر آماری با نمونه شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت. در بررسی تمام تیمارهای روز اول در مقایسه با روز سوم، شاهد روند کاهش میزان امتیاز بافت بودیم.

3-2-3- تغییرات بیاتی

محصولات صنایع پخت پس از طی فرایند پخت، دستخوش تغییرات فیزیکوشیمیایی می‌شوند که در مفهوم کلی آن را بیاتی می‌نامند (14). بیات شدن نان، فرایند فیزیکوشیمیایی پیچیده‌ای است که نتیجه‌ی آن سفت شدن مغز نان، لاستیکی شدن پوسته نان با ظاهری نامطلوب می‌باشد (7). به عبارتی این فرایند با ایجاد تغییر در ویژگی‌های ظاهری و باطنی طعم، مزه، عطر و قابلیت جویدن، منجر به کهنه شدن این محصولات می‌شود. بیاتی همراه با فرایندهای بسیار پیچیده فیزیکی و شیمیایی رخ می‌دهد، که هنوز تمامی آن‌ها مشخص و روشن نشده است. از روی بافت داخلی و پوسته می‌توان به بیاتی و کهنه شدن محصولات صنایع پخت پی برد. انتقال مواد آروماتیک و رطوبت از بخش‌های داخلی نان به پوسته، موجب از بین رفتن بو و مزه نان می‌شود. نان تازه دارای پوسته خشک، ترد و شکننده است که با گذشت زمان، به خاطر انتقال رطوبت از بافت داخلی، چرم مانند می‌شود. نکته جالب توجه اینکه، پوسته نان بسته بندی شده، به این دلیل که بسته بندی مانع خروج آب از پوسته به اتمسفر می‌شود، سریعتر بیات می‌گردد (14). مطابق با نتایج جدول 4، در بررسی کلیه تیمارها، در روز سوم، بالاترین میزان امتیاز بیاتی (4/85) در تیمار خمیرترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر

اولیه و پس از آن خمیرترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه بود همچنین پایین‌ترین میزان امتیاز بیاتی مربوط به نمونه شاهد بود که از نظر آماری با نمونه خمیرترش حاوی 10^6 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 10 دقیقه زمان تخمیر اولیه در یک گروه آماری قرار گرفت. در بررسی تمام تیمارهای روز اول در مقایسه با روز سوم، امتیاز بیاتی کاهش یافت.

3-2-4- تغییرات مطلوبیت نهایی

نتایج بدست آمده از مطلوبیت نهایی نشان داد که بالاترین امتیاز متعلق به تیمار حاوی لاکتوباسیلوس فرمنتوم با زمان تخمیر 40 دقیقه و کمترین امتیاز پس از شاهد مربوط به تیمار حاوی لاکتوباسیلوس پاراکازئی و زمان تخمیر 10 دقیقه بود (جدول 4). نتایج به دست آمده موید اثر مثبت لاکتوباسیلوس فرمنتوم با زمان تخمیر طولانی (40) دقیقه بر پذیرش طعم و مزه و مطلوبیت نهایی بود. تحقیقات نشان داد اسید لاکتیک و اسید استیک روی مزه و عطر تأثیر مثبتی داشته اما برای این تأثیر حد بهینه‌ای وجود دارد. ترکیب π -هگزانول در کلیه خمیرترش‌های مختلف تولید می‌گردد. در صورتیکه میزان اسید تولید شده کم باشد نان تولیدی بی‌مزه است همچنین در صورتیکه میزان اسید تولیدی از حدی بیشتر شود نان دارای مزه ترش و اسیدی می‌شود که نامطلوب است (17).

جدول 4- نتایج تغییرات طعم و مزه، بافت، بیاتی و مطلوبیت نهایی نان بربری طی زمان نگهداری

نمونه	طعم و مزه			بافت			بیاتی			مطلوبیت نهایی		
	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز اول	روز دوم	روز سوم
T ₁	4/50 ^{abA}	4/25 ^{abA}	4/00 ^{aA}	4/16 ^{aC}	3/71 ^{abB}	3/12 ^{abA}	4/50 ^{abA}	4/25 ^{abA}	4/00 ^{aA}	4/00 ^{abA}	3/75 ^{aA}	3/50 ^{abA}
T ₂	4/85 ^{CA}	4/80 ^{bcA}	4/75 ^{BA}	4/77 ^{BB}	4/67 ^{CA}	4/40 ^{cdA}	4/85 ^{CA}	4/75 ^{BA}	4/75 ^{BA}	4/65 ^{bcA}	4/65 ^{bcA}	4/50 ^{dA}
T ₃	4/80 ^{CA}	4/75 ^{bcA}	4/70 ^{BA}	4/61 ^{BB}	4/35 ^{bcAB}	3/79 ^{bcA}	4/80 ^{CA}	4/75 ^{bcA}	4/70 ^{BA}	4/65 ^{cc}	4/55 ^{CB}	4/30 ^{cdA}
T ₄	4/95 ^{CB}	4/85 ^{CA}	4/80 ^{BA}	4/85 ^{BB}	4/69 ^{CB}	4/56 ^{dA}	4/95 ^{CB}	4/85 ^{CA}	4/80 ^{BA}	4/85 ^{CC}	4/75 ^{CB}	4/65 ^{dA}
T ₅	4/75 ^{bcA}	4/70 ^{bcA}	4/50 ^{BA}	4/60 ^{bbA}	4/18 ^{bcA}	4/50 ^{cdA}	4/75 ^{bcA}	4/70 ^{bcA}	4/50 ^{BA}	4/50 ^{bcA}	4/00 ^{bcA}	3/75 ^{bcA}
T ₆	5/00 ^{CB}	4/90 ^{CA}	4/85 ^{BA}	4/86 ^{BB}	4/83 ^{CB}	4/60 ^{dA}	5/00 ^{CB}	4/90 ^{CA}	4/85 ^{BA}	4/90 ^{CB}	4/80 ^{CB}	4/70 ^{dA}
T ₇	4/25 ^{aA}	4/00 ^{aA}	3/75 ^{aA}	3/36 ^{aC}	3/44 ^{aB}	3/05 ^{aA}	4/25 ^{aA}	4/00 ^{aA}	3/75 ^{aA}	3/75 ^{aA}	3/50 ^{abA}	3/00 ^{aA}

نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شده است.

^{a-c} حروف مشابه کوچک نشانگر عدم اختلاف معنی دار ($p > 0.05$) در هر ستون می باشد.

^{A-C} حروف مشابه بزرگتر نشانگر عدم اختلاف معنی دار ($p > 0.05$) در هر سطر می باشد.

4- نتیجه گیری

باکتری های اسید لاکتیک نقش کلیدی در فرآیند تخمیر خمیر ترش برعهده دارند. این میکروارگانیسم ها، خصوصیات نان از جمله حجم، یکنواختی پخت، خصوصیات پوسته، دانه بندی نان، رنگ مغز نان، طعم و مزه و بافت نان را بهبود داده و با جلوگیری از رشد قارچ ها و کپک ها باعث افزایش زمان ماندگاری نان می شوند. استفاده از خمیر ترش لاکتیکی در فرآیند تولید نان نیازمند کنترل دقیق شرایط تخمیر به منظور رسیدن به سطح مناسب اسیدیته قابل تیترو عطر و طعم و بافت در نان بربری می باشد. نتایج نشان داد که باکتری های لاکتیکی مورد استفاده در این پژوهش به طور معنی داری سبب بهبود زمان ماندگاری، عطر و طعم و کاهش بیاتی نان بربری گردیدند. مطابق با نتایج تیمار خمیر ترش حاوی 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس فرمنتوم + 10^3 cfu/g لاکتوباسیلوس پاراکازئی و 40 دقیقه زمان تخمیر اولیه عطر، طعم، بافت و بیاتی اش در مقایسه با شاهد مطلوبتر بود و برای تولید نان بربری با شرایط مطلوبتر توصیه می گردد.

5- منابع

1. احمدی، ن.، خسروی دارانی، ک.، زارعان شهرکی، س.، مرتضویان، س. الف. م.، مشایخ، م.، کمیلی، ر. و آزادیا، الف. 1392. بررسی اثر pH بر میزان تولید اسید پروپیونیک، استیک و لاکتیک در سامانه ناپیوسته خوراکدهی شده با پروپیونی باکتریوم و لاکتوباسیلوس. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، دوره 8، شماره 2، 113-121.
2. پایان، ر.، 1384. مقدمه ای بر تکنولوژی فرآورده های غلات. انتشارات آبیژ، صفحات 5-1، 161-151.
3. پیغمبر دوست، س. ه.، رئیسی کاهوری، ن. و عیوض زاده، الف. 1393. اثر خمیر ترش خشک شده حاوی مخلوط گونه های لاکتوباسیلوس بر کیفیت آرد گندم و خواص رئولوژیکی خمیر. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد 24، شماره 4.

- دی گلیسیرید بر برخی ویژگی‌های کیفی نان سنگگ سنتی. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. جلد 24، شماره 2.
13. مهران، ب.، فرهوش، ر.، شاهدی، م. و شریف، ع. 1394. بررسی اثرات اسید استیک و تخمیر خمیر بر میزان آکریل آمید نان سنگگ. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. جلد 11، شماره 1، صفحات 106-100.
14. ناصحی، ب.، عزیزی، م.ح. و هادیان، ز. 1388. روش‌های مختلف اندازه‌گیری بیاتی نان. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، دوره 6، شماره 1، 63-53.
15. AACC. 2000. Approved methods of the American association of cereal chemists (methods, 10-05, 44-14, 74-09, 74-30). St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
16. Arendt, E.K. Ryan, L.A.M. and Bello, F.D. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbiology, 24(2): 165-174.
17. Baker, J. C., Parker, H. K. and Fortmann, K. L. 1953. Flavour of bread. Cereal Chemistry, 30: 22-30.
18. Corsetti, A., Gobbetti, B., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F. 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.
19. Clarke, C.I., Schober, T.J. and Arendt, E.K. 2002. The effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and bread quality. Cereal Chemistry, 79: 640-647.
20. Elke, K., laam, A., Ryan, A.M. and Dal Bello, F. 2006. Impact of sourdough on the texture bread. food Microbiology, 24(2):165-174.
21. Gargari, B.P., Mahboob, S. and Razavieh, S.V. 2007. Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran.
4. رجب زاده، ن.، 1375. تکنولوژی نان. انتشارات دانشگاه تهران. صفحه 448.
5. رجب زاده، ن.، 1386. تکنولوژی نان - انتشارات دانشگاه تهران، صفحات 68 - 70 و 141 - 143 و 364 - 367.
6. سرفراز، الف.، عزیزی، م. ح.، حمیدی اصفهانی، ز.، کریمی ترشیزی، م. الف. و ظفری، ع. 1387. بررسی اثرات متقابل باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمر نانوائی در تخمیر خمیرترش مایع. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، دوره 3، شماره 2، صفحات 80-73.
7. قریشی راد، س. م.، قنبر زاده، ب. و غیائی طرزی، ب. 1390. تاثیر به کار گیری هیدروکلوئیدهای گوار و کاراگینان ب ویژگی‌های فیزیکی و حسی نان بربری. مجله علوم غذایی و تغذیه، سال هشتم، شماره 2.
8. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1376. اندازه گیری pH در فراورده نان و خمیر، استاندارد ملی ایران، شماره 2852.
9. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1378. شمارش باکتری‌های اسید لاکتیک مزوفیل به روش شمارش پرگنه در دمای 30 درجه سلسیوس در مواد غذایی، استاندارد ملی ایران، شماره 4721، چاپ اول.
10. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1385. نان‌های سنتی ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره 2628.
11. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. 1390. آرد گندم- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، استاندارد ملی ایران، شماره 103.
12. موحد، س.، حیدری، ف. و احمدی چناربن، ح. 1392. تاثیر آرد برنج قهوه‌ای و امولسیفایر منو و

- luyveromyces marxianus and Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus or Lactobacillus helveticus. Food Chemistry., 107:883-889.
- 27.Randazzo, CL., Restuccia, C., Romano, AD. and Caggia, C. 2004. "Lactobacillus casei, dominant species in naturally fermented Sicilian green olives". International Journal of Food Microbiology, 90(1): 9-14.
- 28.Robert, H., Gabriel, V., Lefebvre, D., Rabier, P., Vayssier, Y. and 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, 256-265.
- 29.Rehman, Ur., Nawaz, H. S., Hussain. and Ahmad, M.M. 2007. Effect of sourdough bacteria on the quality and shelf life of bread. Pakistan Journal Nutrition, 6 (6): 262-265.
- 30>Wehrle, K., Crau, H. and Arendt, E. 1997. Effects of lactic acid, acetic acid and table salt on Fundamental rheological dough properties of wheat dough. Cereal chemistry, 74, 739-744.
- 31.Zlateva, D. and Karadzhev, G. 2008. Sensory quality of bread prepared with leavens of lactic acid bacteria and added amino acids. Forum Ware International, 1, 50-57.
- Journal of Food Chemistry, 100(3): 1115-1119.
- 22.Gul, H., zcelik, S., Sagdic, O. and Certel, M. 2005. Sourdough bread production with lactobacilli and saccharomycescerevisiae isolated from sourdoughs. Process Biochemistry, 40, 691-697.
- 23.Korakli, M., Rossmann, A., Gänzle, G. and Vogel, R.F. 2001. Sucrose metabolism and exopolysaccharide production in wheat and rye sourdoughs by Lactobacillus sanfranciscensis .Journal of Agricultural and Food Chemistry impact factor, 49, 5194-5200.
- 24.Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K.H., Autio, K., Flander, L. and Poutanen, K. 2005. Potential of sourdough for healthier cereal products. Trends food science and technology, 16, 104-112.
- 25.Mikelsaar, M. and Zilmer, M. 2009. Lactobacillus fermentum ME-3 An antimicrobial and antioxidative probiotic . Microbial Ecology in Health and Disease, 21(1): 1-27.
- 26.Plessas, S., Bekatorou, A., Gallanagh, J., Nigam, P., Koutinas, AA. and Psarianos, C. 2008. Evolution of aroma volatiles during storage of sourdough breads made by mixed cultures of