



پژوهشگاه علوم و صنایع غذایی

www.journals.rifst.ac.ir

نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی

سال ۱۳۹۵، جلد ۵، شماره ۲، صفحات ۱۷۰-۱۵۳

JRIFST

مقایسه اثر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی (لاکتوباسیلوس پلانتاروم) بر کیفیت نان بربری تولیدی با آردهای دارای دو درجه استخراج مختلف

علیرضا صادقی^{۱*}، عباس عابدفر^۲

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* نویسنده مسئول (sadeghi.gau@gmail.com)

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد میکروبیولوژی مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۰۳

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مقدار شکر (۰/۵، ۱، ۱/۵ درصد) و زمان تخمیر (۸، ۱۶، ۲۴ ساعت) خمیرترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی لاکتوباسیلوس پلانتاروم بر ویژگی‌های کیفی و بیاتی نان بربری حاصل از آردهای گندم سبوس گرفته و ستاره با دو درجه استخراج مختلف (۶۹ و ۷۶) به اجرا در آمد. تأثیر عوامل مذکور در تخمیر خمیرترش حاصل از این دو نوع آرد گندم در قالب طرح آماری کرت‌های خرد شده مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش دو نوع آرد مصرفی داشت. پس از فراوری نان‌های بربری با استفاده از تیمارهای خمیرترش، سفتی بافت (بافت‌سنجی) و میزان تخلخل (پردازش تصویر) نان‌های تولیدی نیز در یک بازه زمانی چهار روزه بررسی شد. بر اساس نتایج حاصل، کمترین و بیشترین میزان سفتی بافت پس از ۹۶ ساعت نگهداری به ترتیب مربوط به نان بربری فراوری شده با آرد ستاره و خمیرترش حاصل از تخمیر ۲۴ ساعت و دارای ۱ درصد شکر و همچنین نان بربری فراوری شده با آرد سبوس گرفته و خمیرترش حاصل از تخمیر ۲۴ ساعت و دارای ۱/۵ درصد شکر بود. روند تغییرات تخلخل و حجم مخصوص نان بربری حاصل از آرد ستاره نیز نسبت به نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته بیشتر و پذیرش کلی آن کمتر بود.

واژه‌های کلیدی

آغازگر خمیرترش

بیاتی

تخلخل

درجه استخراج آرد

نان بربری

مقدمه

که سبب افزایش قابلیت ماندگاری و بهبود خصوصیات حسی محصول تولیدی می‌گردد (Spicher, 1983). نتایج پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که خمیرترش دارای کشت آغازگر اختصاصی ضمن افزایش کیفیت و زمان ماندگاری نان (Katina, 2005)، در بهبود ارزش تغذیه‌ای این فراورده و ارتقای قابلیت‌های

تمایل به مصرف فراورده‌های نانوبی حاوی حداقل میزان نگهدارنده‌ها و بهبود دهنده‌های شیمیایی، روزبه‌روز در حال افزایش می‌باشد. یکی از مناسب‌ترین جایگزین‌ها برای این ترکیبات نیز خمیرترش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی است (Schnurer, 2005)

نیز عملکرد اگزوپلی ساکاریدهای تولیدی توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در حین تخمیر خمیرترش که با افزایش میزان جذب آب همراه بود را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که این ترکیبات باعث جلوگیری از انتقال رطوبت از مغز به پوسته نان و به تعویق انداختن بیاتی آن می‌گردند. علاوه بر این ترکیبات مذکور، تأثیر قابل توجهی در افزایش حجم و بهبود زمان ماندگاری نان داشتند. تاکنون پژوهش‌هایی نیز در کشور به منظور ارزیابی عوامل مؤثر در تخمیر خمیرترش بر زمان ماندگاری و خصوصیات کیفی نان صورت گرفته است. به عنوان مثال، سرافراز و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی خصوصیات اسیدی شدن کشت‌های آغازگر مختلف در تخمیر خمیرترش مایع و انتخاب مایه تلقیح مناسب بر اساس خصوصیات کیفی و ماندگاری نان تولیدی پرداختند. محققین مذکور دریافتند که مایه تلقیح حاوی *لاکتوباسیلوس کازئی*^۲، *لاکتوباسیلوس فرمنتوم*^۳ و *ساکارومایسس سرویزیه*^۴ در مقایسه با نمونه شاهد باعث افزایش سرعت اسیدی شدن در خمیرترش مایع و همچنین افزایش حجم مخصوص نان تولیدی گردیده اما بیاتی آن در مقایسه با استفاده از آغازگر *لاکتوباسیلوس کازئی* و *ساکارومایسس سرویزیه* سریع‌تر اتفاق می‌افتد. صادقی و همکاران (۱۳۸۷) نیز تأثیر استفاده از خمیرترش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی *لاکتوباسیلوس پلانشاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسیس*^۵ را بر زمان ماندگاری میکروبی و خواص حسی و همچنین کاهش بیاتی در نان بربری به عنوان تابعی از شرایط تخمیر (دما، زمان و نوع کشت آغازگر) مورد مطالعه قرار داده‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش مذکور، سوبه‌های میکروبی مورد استفاده در صورت کنترل شرایط تخمیر می‌توانند به شکل معنی‌داری، بیاتی، سفتی بافت، فساد قارچی و باکتریایی نان بربری را در مقایسه با نمونه شاهد، کاهش داده و سبب بهبود حجم مخصوص پس از پخت، تخلخل، احساس دهانی، عطر و طعم و در نهایت پذیرش کلی آن شوند. پیغمبردوست و همکاران (۱۳۸۹) نیز به مقایسه اثرات

سلامتی‌بخش آن نیز مؤثر می‌باشد (Clarke & Arendt, 2005). خمیرترش یک سیستم بیولوژیکی بسیار پیچیده است که اساس تشکیل آن همزیستی بین فلور میکروبی آرد و کشت‌های تجاری *لاکتوباسیلی*^۱ می‌باشد که به عنوان آغازگر اختصاصی و به دلایل خاصی نظیر بهبود آروما، طعم، زمان ماندگاری، ارزش تغذیه‌ای و یا حتی ایجاد خواص سلامتی‌بخش در فرایند تخمیر نان مورد استفاده قرار می‌گیرند (Devuyst & Neysens, 2005). تخمیر خمیرترش بر پایه تخمیر لاکتیکی و الکلی است و به میزان زیادی تحت تأثیر فلور میکروبی آن و شرایط تخمیر قرار می‌گیرد. خمیرترش با ممانعت از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز آرد، میزان هیدرولیز نشاسته را کاهش می‌دهد که این امر، آزادسازی دکسترین‌های با وزن مولکولی پایین را محدود کرده و سبب کاهش کریستالیزه شدن نشاسته و کاهش بیاتی نان می‌گردد (Katina et al., 2004; Arendt et al., 2007). تأثیر تخمیر خمیرترش بر بهبود طعم نان نیز بر پایه سه عامل اصلی تولید اسید، تولید پیش‌ماده‌های طعمی نظیر اسیدهای آمینه و تولید ترکیبات فرار، استوار است (Clarke et al., 2002). باکتری‌های اسید لاکتیک از قابلیت تولید ترکیبات ضد میکروبی نظیر اسیدهای آلی، دی استیل، استون، پراکسید هیدروژن، پپتیدهای ضدقارچی و باکتریوسین‌ها نیز برخوردارند که در مقابل طیف وسیعی از عوامل بیماری‌زا و مولد فساد مؤثر می‌باشند (Galvez et al., 2007; Meignen et al., 2001). برخی از متابولیت‌های تولیدی توسط باکتری‌های اسید لاکتیک موجود در خمیرترش نظیر پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و آنزیم‌های پروتئولیتیک و آمیلولیتیک آنها نیز در تأخیر بیاتی نان تولیدی مؤثر هستند (Crowley et al., 2003; Katina et al., 2006). Dal Bello و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی تأثیر تخمیر خمیرترش بر روی ویژگی‌های نان دریافتند که با کنترل تخمیر می‌توان حجم، بافت و طعم محصول تولیدی را بهبود بخشید، از فسادهای قارچی و باکتریایی نان ممانعت نمود و همچنین بیاتی آن را به تأخیر انداخت. Crowley و همکاران (۲۰۰۳)

² *Lactobacillus casei*³ *Lactobacillus fermentum*⁴ *Saccharomyces cerevisiae*⁵ *Lactobacillus sanfranciscensis*¹ *Lactobacilli*

مورد استفاده در این پژوهش نیز از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

تأمین آغازگر اختصاصی خمیرترش و فعال سازی آن آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم مورد استفاده در این پژوهش از تک پرگنه کشت خطی جدایه‌های سوسپانسیون میکروبی خمیرترش حاصل از آرد کامل گندم که با توالی‌یابی محصولات PCR دارای پرایمر اختصاصی، تأیید شناسایی گردیده بود، تأمین شد. شایان ذکر است که آغازگر مذکور در پژوهش پیشین به نحو مؤثری در به تأخیر انداختن بیاتی نان‌های قالبی حاصل از آرد کامل گندم مؤثر بود (عابدفر و همکاران، ۱۳۹۵).

تهیه تیمارهای خمیرترش

برای تهیه خمیرترش با آغازگر اختصاصی لاکتوباسیلوس پلانتاروم، باکتری مذکور در محیط کشت MRS Broth در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا ایجاد 10^8 واحد تشکیل دهنده پرگنه در گرم (در مقایسه با لوله ۰/۵ مک فارلند) کشت داده شد. سپس با سانتی‌فوژ زیست‌توده تولیدی در ۵۰۰۰ g (هانیل^۳، Combi 514R، کره جنوبی)، ۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه، سلول‌های تازه میکروبی از محیط کشت جدا گردید (Dal Bello *et al.*, 2007). تیمارهای خمیرترش دارای کشت آغازگر اختصاصی مذکور با تأثیر زمان‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت تخمیر و همچنین مقادیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد شکر تهیه شدند.

ارزیابی میزان pH و اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش سوبسترای تشکیل شده از آب و آرد با راندمان ۳۰۰ با آغازگر خالص شده به میزان 10^8 باکتری در هر گرم خمیر تلقیح گردید. فرایند تخمیر در گرمخانه شیکردار (فراز طب تجهیز، مدل Vs-8480، ایران) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با دور همزن ۳۰۰ rpm تا رسیدن به pH=۴/۳۳ صورت گرفت (Gaggiano *et al.*, 2007). روند تغییرات pH خمیرترش با استفاده از

خمیرترش خشک و تازه حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس روتری بر ویژگی‌های حسی و بیاتی نان قالبی پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهشگران، نان حاصل از خمیرترش خشک حاوی لاکتوباسیلوس روتری، بیشترین حجم و مطلوب‌ترین صفات حسی را در مقایسه با نان تهیه شده توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم دارا بود. همچنین کمترین میزان سفتی مغز نان در نمونه حاصل از خمیرترش تازه و خشک حاوی لاکتوباسیلوس روتری نسبت به نمونه‌های دیگر مشاهده شد. خراسانچی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به بررسی استفاده از لاکتوباسیلوس پلانتاروم^۱ و لاکتوباسیلوس روتری^۲ به‌عنوان آغازگر اختصاصی در تهیه خمیرترش پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهشگران، استفاده از خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس روتری باعث تولید نان حجیمی با خصوصیات حسی بهتر، نرخ بیاتی پایین‌تر و زمان ماندگاری بیشتر نسبت به نان تهیه شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم شد. هدف اصلی از انجام این پژوهش، مقایسه ویژگی‌های نان‌های بربری حاصل از آردهای ستاره و سبوس گرفته گندم تحت تأثیر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش دارای کشت آغازگر اختصاصی لاکتوباسیلوس پلانتاروم جدا شده از یک نمونه خمیرترش سنتی بود.

مواد و روش‌ها

مواد خام

آردهای گندم مورد استفاده در این پژوهش از کارخانه آرد زاهدی استان گلستان تهیه شد (۱۳۸۱). سپس خصوصیات آردهای مصرفی بر اساس روش‌های مدون (AACC، ۲۰۱۰؛ روش‌های آزمون ۱۹-۴۴ رطوبت، ۱۰-۴۶ پروتئین، ۱۲-۳۸ گلوتن، ۰۱-۰۸ خاکستر) تعیین گردید. مخمر خشک فعال ساکارومایسس سرویزیه از شرکت ایران ملاس فریمان تهیه گردید. محیط‌های کشت مصرفی شامل MRS، MRS Broth، Agar، Nutrient Broth، Nutrient Agar و Potato (PDA) Dextrose Agar نیز از شرکت‌های مرک آلمان و آکومدیای آمریکا تأمین شدند. مواد شیمیایی

¹ *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus reuteri*

³ Hanile

سرعت پروب ۱ میلی‌متر در ثانیه و نقطه شروع ۵۰ گرم انجام گرفت. نیروی لازم جهت ایجاد ۵۰ درصد فشردگی در ضخامت اولیه با رسم منحنی نیرو-فاصله، به‌عنوان سفتی بافت مغز نان اندازه‌گیری گردید. برای هر نمونه نان تولیدی، آزمون مذکور با سه تکرار در دمای اتاق انجام شد. تعیین میزان سفتی بافت مغز نان‌های تولیدی در تناوب‌های زمانی ۲، ۴۸ و ۹۶ ساعت پس از پخت برای تخمین بیاتی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت (Pedreschi *et al.*, 2001).

اندازه‌گیری میزان تخلخل مغز نان

برای ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فواصل زمانی ۲، ۴۸ و ۹۶ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از مغز نان تهیه گردید و به‌وسیله اسکنر (مدل Scanject 3110، چین) با وضوح ۳۰۰ پیکسل، تصویربرداری شد. سپس تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. تصاویر موجود در این نرم‌افزار، مجموعه‌ای از نقاط تاریک و روشن است که با محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به‌عنوان شاخصی از میزان تخلخل در نمونه‌ها برآورد می‌گردد (Data *et al.*, 2007).

اندازه‌گیری میزان حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نان‌های تولیدی در فواصل زمانی ۲، ۴۸ و ۹۶ ساعت پس از پخت، به‌طور جداگانه و در شرایط معین (درون بسته‌های استریل پلی‌اتیلنی درب‌دار و دمای گرمخانه‌گذاری ۲۸ درجه سانتی‌گراد در گرمخانه مدل بهداد، ایران) به روش جایگزینی دانه کلزا (بر اساس استاندارد METRIC A-A-20126E) تعیین و با نمونه شاهد مقایسه گردید. نمونه‌های مورد استفاده دارای وزن یکسان بوده و از مرکز هندسی نان تهیه شدند (Katina, 2005).

ارزیابی خصوصیات حسی نان‌های تولیدی

خصوصیات حسی نان‌های تولیدی در حالت تازه‌خوری یا دو ساعت پس از پخت، از طریق آزمون چشایی بر اساس روش AOAC, 2003 ارزیابی شد. ده داور از بین افراد آموزش دیده، خصوصیات نان‌های تولیدی را

دستگاه pH متر (کنیک^۱ ۷۶۶، آلمان) ارزیابی گشت و برای تعیین اسیدیته قابل تیتر خمیرترش (برحسب اسید لاکتیک)، معادل ۱۰ گرم از خمیرترش مورد نظر با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر، مخلوط و یکنواخت گردید. سپس محلول مذکور با NaOH دارای نرمالیتته ۰/۱ تا pH معادل ۸/۵ تیتر شد و اسیدیته برحسب میلی‌لیتر NaOH مصرفی محاسبه گردید (Katina, 2005).

تهیه نان‌های خمیرترشی و نان فاقد خمیرترش

برای تهیه نان فاقد خمیرترش (شاهد) از مخلوط آرد، آب و ۱/۵ درصد وزنی از مخمر خشک فعال ساکارومایسس سرویزیه استفاده شد (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۱). درصد استخراج آردهای گندم سیوس گرفته و ستاره به ترتیب معادل ۶۹ و ۷۶ بود و شرایط مخلوط کردن برای تهیه خمیر نان‌های بربری حاصل از آردهای مذکور با استفاده از فارینوگراف (برابندر، آلمان) تعیین گردید. خمیر نان شاهد، فاقد خمیرترش بود و مرحله نخست تخمیر این مخلوط در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و تخمیر نهایی آن پس از تقسیم کردن و شکل دادن به قطعات ۱۵۰ گرمی در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ الی ۹۰ دقیقه صورت پذیرفت. سپس نمونه‌های تولیدی در دمای ۵ ± ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ الی ۱۰ دقیقه در فر پخت (مدل Leisure، ایتالیا)، پخته شدند (Meignen *et al.*, 2001). برای تهیه نان خمیرترشی نیز نسبت ۲۵ درصد وزنی از خمیرترش به خمیر مشابه نمونه شاهد افزوده شد و سپس تحت شرایط یکسان تخمیر و پخت با نمونه شاهد، فراوری گردید. مقدار خمیرترش مذکور قبل از تخمیر نهایی به خمیر نان افزوده شد (Katina *et al.*, 2007).

ارزیابی سفتی بافت نان‌های تولیدی

برای تعیین تغییرات سفتی بافت نان‌های تولیدی به‌عنوان معیار بیاتی از آزمون بافت‌سنجی استفاده شد. بدین‌منظور آزمون نفوذ در نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه بافت‌سنج (مدل TAXT Plus Stable Micro System، انگلستان)، با پروب استوانه‌ای به قطر ۱/۲۷ سانتی‌متر،

^۱ Knick

محدوده ۸ تا ۲۴ ساعت و افزایش مقدار شکر در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ درصد در دمای ثابت تخمیر (۲۸ درجه سانتی‌گراد) با تلقیح لاکتوباسیلوس پلانتروم، اسیدیته قابل تیتراژ هر دو خمیرترش با روند مشخصی افزایش و pH آنها کاهش یافت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات اسیدیته در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تغییرات اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش دارند. همچنین تأثیر زمان تخمیر بر روند تغییرات pH بیشتر از تأثیر درصد شکر بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش بر روند تغییرات pH در سطح ۵ درصد نیز رابطه معنی‌داری را با گذشت زمان تخمیر در یک مقدار ثابت شکر تأیید نمود (شکل ۲).

بیشترین و کمترین مقدار اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش به ترتیب در نمونه‌های حاصل از ۲۴ ساعت تخمیر و محتوی ۱/۵ درصد شکر و همچنین ۸ ساعت تخمیر و محتوی ۰/۵ درصد شکر در آرد ستاره مشاهده گردید. بر اساس مقایسه صورت گرفته بین دو نوع آرد مذکور، خمیرترش تهیه شده از آرد ستاره به دلیل درصد خاکستر، میزان پروتئین و درصد جذب آب بیشتر، نسبت به خمیرترش تهیه شده از آرد سبوس گرفته، اسیدیته قابل تیتراژ (برحسب اسید لاکتیک) بیشتری داشت. این نتایج با یافته‌های Meignen و همکاران (۲۰۰۱) و Katina (۲۰۰۵)، همخوانی دارد. براین اساس، در شرایطی که با افزایش زمان تخمیر، pH کاهش می‌یابد معمولاً حضور لاکتوباسیلوس‌های هموفرمنتاتیو محتمل‌تر است.

جهت تعیین میزان پذیرش کلی، رنگ پوسته نان، قابلیت جویدن، سفتی بافت، طعم اسیدی، تخلخل و خاصیت ارتجاعی بر مبنای مقیاس ۱-۵ (۱ کمترین و ۵ بالاترین امتیاز) ارزیابی کردند.

آنالیز آماری نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش بر اساس طرح آماری پایه کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل، در سه تکرار جهت ارزیابی اسیدیته قابل تیتراژ و pH خمیرترش و همچنین طرح کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در سه تکرار برای آنالیزهای بافت‌سنجی، تخلخل و حجم مخصوص با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (نسخه ۹.۱)، Microsoft Office Excel (۲۰۱۳)، Design expert و Curve expert مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) و آزمون دانکن در سطح ۹۵٪ انجام شد.

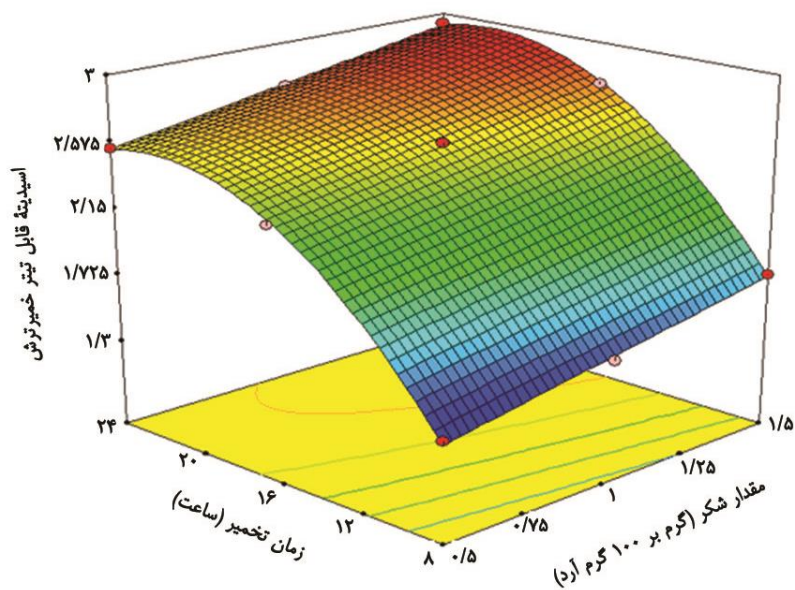
نتایج و بحث

ارزیابی میزان pH و اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش‌های تولیدی از آردهای ستاره و سبوس گرفته گندم

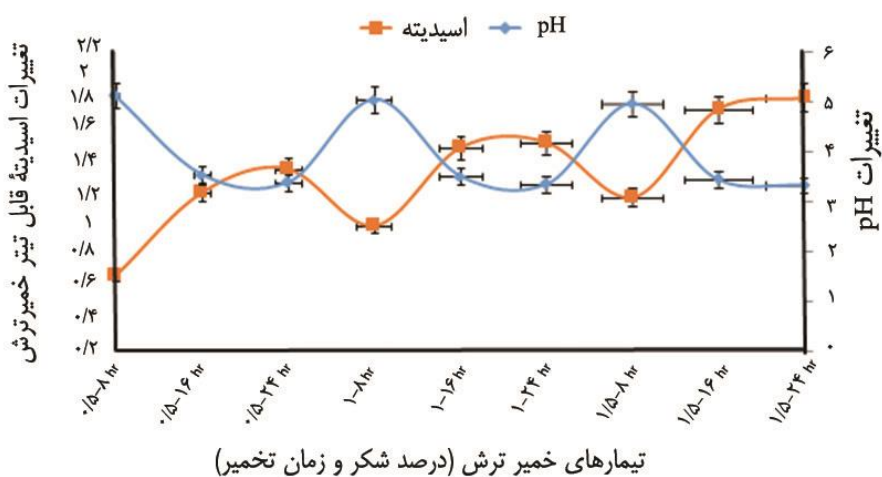
خصوصیات آردهای مورد استفاده برای تهیه خمیرترش در این پژوهش، در جدول ۱ ارائه شده است. روند تغییرات اسیدیته قابل تیتراژ و pH خمیرترش به‌عنوان تابعی از زمان تخمیر و مقدار شکر در خمیرترش حاصل از آرد ستاره و سبوس گرفته گندم نیز به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. براین اساس با افزایش زمان تخمیر در

جدول ۱- خصوصیات آردهای مورد استفاده

نوع آرد	درصد استخراج	درصد رطوبت	درصد پروتئین	درصد گلوتن مرطوب	اسیدیته	درصد خاکستر
سبوس گرفته	۶۹	۱۴/۲	۱۰/۵	۳۰/۵	۲/۴	۰/۵۸
ستاره	۷۶	۱۳/۸۰	۱۰/۹۰	۲۵/۸۵	۳/۵	۰/۷۵



شکل ۱- بررسی تغییرات اسیدیته قابل تیتر (برحسب اسید لاکتیک) تحت تأثیر زمان تخمیر و مقدار شکر در خمیر ترش حاصل از آرد ستاره.



تیمارهای خمیر ترش (درصد شکر و زمان تخمیر)

شکل ۲- بررسی تغییرات pH و اسیدیته قابل تیتر خمیر ترش حاصل از آرد سبوس گرفته (برحسب اسید لاکتیک) تحت تأثیر زمان تخمیر و درصد شکر.

متفاوت خمیر ترش در طی دوره نگهداری (۲، ۴۸ و ۹۶ ساعت پس از پخت) در جدول ۲ آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود نیروی لازم برای فشردن نان با گذشت زمان افزایش می یابد. براین اساس، تأثیر زمان تخمیر خمیر ترش در مقدار ثابت شکر و همچنین تأثیر درصد شکر در زمان ثابت تخمیر در طی بازه نگهداری چهار روزه بر سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد ستاره، معنی دار ($P \leq 0.05$) بود. در بین نمونه های تولیدی، کمترین مقدار سفتی

بر اساس نتایج تحقیقات Barber و همکاران (۱۹۹۲)، تغییرات بیوشیمیایی در حین تخمیر خمیر ترش مانند تولید اسید، پروتئولیز، تولید متابولیت های خارج سلولی و تغییر در ترکیبات سوبسترا بر رئولوژی خمیر مؤثر بوده و در نهایت بر روی طعم نان نیز تأثیر می گذارد.

ارزیابی سفتی بافت نان های تولیدی

نتایج حاصل از اندازه گیری سفتی بافت مغز نان های بربری حاصل از آرد ستاره تولید شده توسط تیمارهای

به مراتب کمتر از نان بربری حاصل از آرد ستاره فاقد خمیرترش بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات سفتی بافت نان نیز نشان داد که در شرایط اعمال شده در این پژوهش، درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش، تأثیر معنی داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تغییرات سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد ستاره دارند.

بافت در نمونه فراوری شده طی ۸ ساعت تخمیر و مقدار ۰/۵ درصد شکر، ۲ ساعت پس از پخت (تازه خوری) مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان سفتی بافت در بین نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره در نمونه فراوری شده طی ۱۶ ساعت تخمیر و مقدار ۱ درصد شکر، ۹۶ ساعت پس از پخت مشاهده گردید. شایان ذکر است که سفتی بافت مغز تمام نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره فراوری شده با خمیرترش

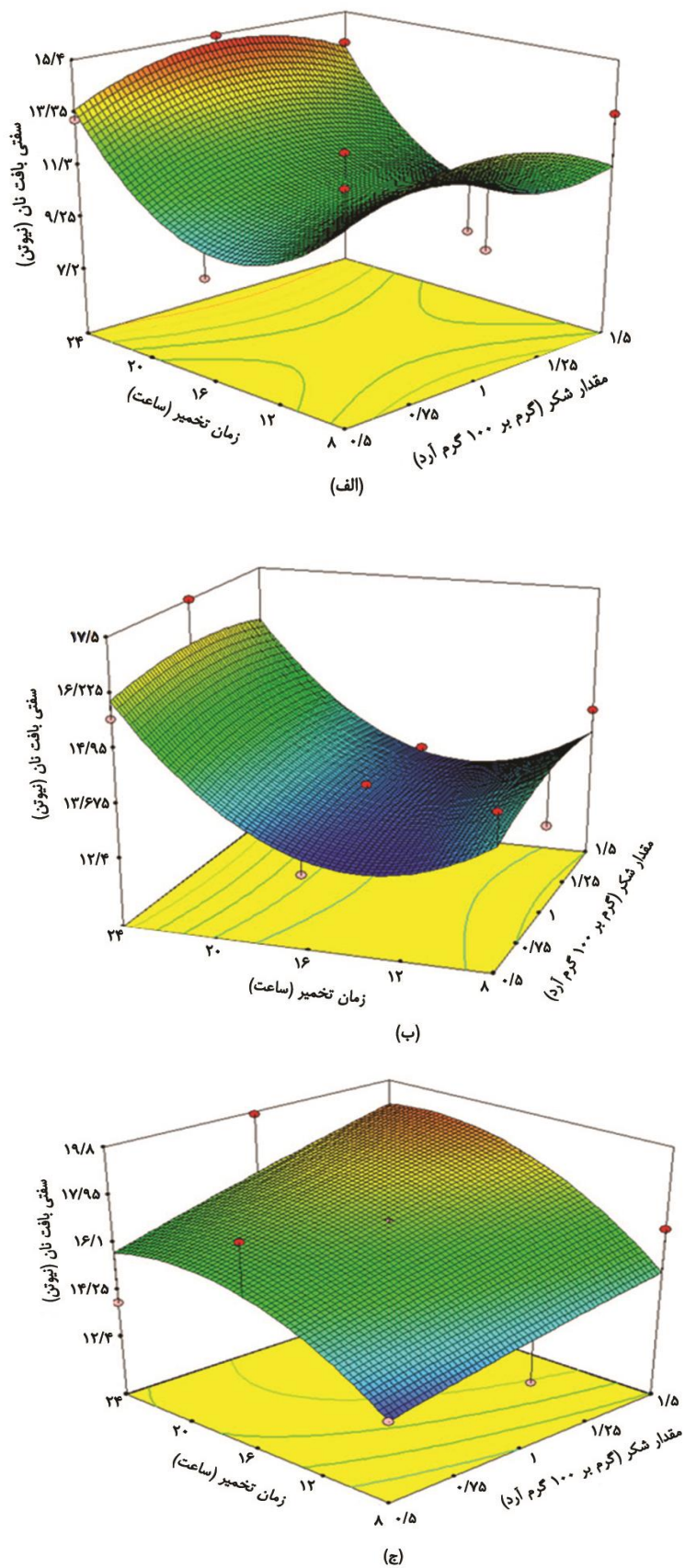
جدول ۲- ارزیابی تغییرات سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر مقدار شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طول زمان نگهداری

تخلخل مغز نان در طول نگهداری (بر حسب درصد)			زمان تخمیر	درصد شکر
۹۶ ساعت	۴۸ ساعت	۲ ساعت		
۱۷/۱۹۲±۲/۴۶۹ ^a	۱۶/۹۳۶±۵/۶۶۵ ^a	۱۳/۷۱۷±۱/۲۶۳ ^a	۰	۰
۷/۴۹۴±۰/۹۳۳ ^{de}	۵/۵۹۲±۰/۷۴۵ ^{de}	۴/۲۶۴±۰/۴۸۲ ^f	۸	
۹/۸۶۶±۱/۸۵۰ ^{cd}	۸/۴۲۱±۰/۰۹۶ ^c	۷/۷۴۷±۰/۵۰۹ ^{bc}	۱۶	۰/۵
۸/۷۳۷±۰/۳۵۹ ^{de}	۶/۳۶۷±۰/۵۶۰ ^{de}	۵/۹۵۲±۱/۰۲۹ ^d	۲۴	
۹/۰۲۰±۰/۷۹۰ ^d	۶/۴۱۷±۰/۸۴۸ ^{de}	۵/۵۰۲±۰/۳۲۸ ^{de}	۸	
۱۳/۴۲۵±۱/۸۰۶ ^b	۱۱/۶۹۲±۳/۸۷۷ ^b	۱۰/۷۰۵±۲/۹۹۴ ^a	۱۶	۱
۵/۹۲۰±۰/۲۶۳ ^e	۵/۰۹۴±۰/۶۵۴ ^e	۴/۵۶۵±۰/۵۴۹ ^{ef}	۲۴	
۸/۱۰۷±۱/۶۱۳ ^{de}	۷/۳۸۰±۰/۳۶۴ ^{cd}	۷/۳۸۷±۰/۵۴۴ ^c	۸	
۱۲/۳۹۰±۱/۷۷۸ ^{bc}	۱۰/۰۶۴±۱/۷۵۸ ^{bc}	۹/۳۲۷±۱/۱۶۹ ^b	۱۶	۱/۵
۹/۹۶۲±۲/۳۲۴ ^c	۷/۹۹۱±۰/۶۸۷ ^{cd}	۷/۲۵۱±۰/۴۰۵ ^{cd}	۲۴	

حروف غیر یکسان در هر ستون، نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ($P \leq 0.05$) می باشد.

سفتی بافت در نمونه فراوری شده طی ۲۴ ساعت تخمیر و مقدار ۱/۵ درصد شکر، ۹۶ ساعت پس از پخت مشاهده گردید. سفتی بافت مغز نان تمام نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته فراوری شده با خمیرترش نیز به مراتب کمتر از نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته فاقد خمیرترش بود. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات سفتی بافت نان در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که در شرایط اعمال شده در این پژوهش، درصد شکر و زمان ماندگاری، تأثیر معنی داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تغییرات سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته دارند. باتوجه به تحقیقات Martin & Hosney (۱۹۹۱) پس از متورم شدن نشاسته در حین پخت، پیوندهای عرضی ایجاد شده بین نشاسته و گلوتن در طی نگهداری نان و کاهش انرژی جنبشی باعث تغییرات فیزیکوشیمیایی و سفتی بافت مغز نان می گردد.

نتایج حاصل از اندازه گیری سفتی بافت مغز نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تولید شده توسط تیمارهای متفاوت خمیرترش در طی دوره نگهداری نیز در شکل (۳) آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود نیروی لازم برای فشردن نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته با گذشت زمان افزایش یافت. براین اساس، تأثیر زمان تخمیر خمیرترش در مقدار ثابت شکر و همچنین تأثیر درصد شکر در زمان ثابت تخمیر در زمان‌های نگهداری ۴۸ و ۹۶ ساعت بر سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته، معنی دار ($P \leq 0.05$) بود اما در نان تازه خوری این روند مشاهده نگردد. در بین نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته نیز کمترین مقدار سفتی بافت در نمونه فراوری شده طی ۱۶ ساعت تخمیر و مقدار ۱/۵ درصد شکر، ۲ ساعت پس از پخت مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان



شکل ۳- ارزیابی تغییرات سفتی بافت نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تحت تأثیر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طول زمان نگهداری (الف: ۲ ساعت، ب: ۴۸ ساعت و ج: ۹۶ ساعت پس از پخت).

نان‌های بربری خمیرترشی حاصل از آرد سبوس گرفته و آرد ستاره در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که در شرایط اعمال شده در این پژوهش، درصد شکر، زمان تخمیر و زمان ماندگاری، تأثیر معنی‌داری بر میزان تغییرات سفتی بافت نان دارند. براین اساس، تیمارهای خمیرترش تأثیر بسزایی در به تأخیر انداختن بیاتی نان‌های تولیدی طی زمان نگهداری در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. مقدار نیروی لازم برای فشردن بافت نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تحت تأثیر تغییرات محتوی شکر در یک زمان ثابت تخمیر در حالت تازه‌خوری از روند مناسبی پیروی نکرده و نسبت به نمونه شاهد کاهش محسوسی نداشت. درحالی‌که تأثیر مقدار شکر در زمان ثابت تخمیر، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر میزان تغییرات سفتی بافت نان طی مدت ۴۸ و ۹۶ ساعت نگهداری داشت. همچنین تأثیر زمان تخمیر در یک مقدار ثابت شکر در سفتی بافت مغز نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته در نمونه تازه‌خوری مشهود نبود اما در طی بازه نگهداری چهار روزه، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر میزان تغییرات سفتی بافت این نان نشان داد.

علاوه‌براین، نیروی لازم برای فشردن بافت نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر زمان تخمیر در مقدار ثابت شکر، روند کاهشی داشت. براین اساس، زمان تخمیر خمیرترش در طی بازه نگهداری چهار روزه تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر میزان تغییرات سفتی بافت نان داشت. همچنین مقدار نیروی لازم برای فشردن بافت نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر تغییرات محتوی شکر در یک زمان ثابت تخمیر نیز نسبت به نمونه شاهد، روند کاهشی داشت. براین اساس، تغییرات محتوی شکر در خمیرترش در طی بازه نگهداری چهار روزه تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر میزان تغییرات سفتی بافت نان نشان داد. به‌طورکلی زمانی که بافت نان فشرده می‌گردد حباب‌های تولید شده در ساختار درونی نان مقاومت کمی داشته و نمی‌توانند گاز تولیدی را در شبکه گلوتنی به دام بیندازند لذا دی‌اکسیدکربن در نان به‌طور مناسب توزیع نمی‌گردد. زمانی که اسیدیته قابل تیترا خمیرترش تا حدی افزایش یابد ساختمان گلوتن خمیر، تقویت شده و متعاقباً کشش‌پذیری آن

Hammes و Brandt (۲۰۰۵) نشان دادند که استفاده از باکتری‌های اسید لاکتیک در خمیرترش، اثرات مثبتی بر بیاتی نان داشته و حجم قرص نان را بهبود می‌بخشد که با کاهش سرعت بیاتی آن، ارتباط دارد. اثرات ضدبیاتی خمیرترش، به سویی آغازگر مورد استفاده و نحوه کاهش pH نیز بستگی دارد. پیغمبردوست و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی سفتی بافت مغز نان حاصل از خمیرترش تازه و خشک طی ۴ روز نگهداری با دستگاه اینستران نشان دادند که میزان سفتی مغز نان تهیه شده از خمیرترش خشک حاوی لاکتوباسیلوس روتری پس از ۷۲ ساعت نگهداری، به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. بلوریان و همکاران (۱۳۸۷) نیز با ارزیابی تأثیر خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانناروم بر شاخص بیاتی در طول یک هفته نگهداری دریافتند که تیمار ۱۵ درصد خمیرترش، دارای کمترین تغییرات کیفی بود. محققین مذکور علت این پدیده را به تولید اسید لاکتیک بیشتر و افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نسبت دادند که سبب تجزیه نشاسته به دکسترین‌های با وزن مولکولی پایین می‌گردد. Gaggiano و همکاران (۲۰۰۷) با مدل‌سازی فعالیت کشت‌های آغازگر اختصاصی در حین تخمیر خمیرترش نشان دادند که به موازات افزایش زمان تخمیر، اسیدیته قابل تیترا خمیرترش نیز افزایش یافته و سبب ایجاد تغییراتی در رفتار گلوتن می‌گردد که یکی از دلایل اصلاح رئولوژی خمیر و تغییرات بافتی در نان حاصل از خمیرترش محسوب می‌شود. مقایسه سفتی بافت مغز نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره و آرد سبوس گرفته گندم توسط تیمارهای متفاوت خمیرترش در طی دوره نگهداری چهار روزه نشان داد که نیروی لازم برای فشردن نان با گذشت زمان افزایش یافت و در بین نمونه‌های تولیدی حاصل از دو نوع آرد گندم، کمترین مقدار سفتی بافت در نان بربری فراوری شده با آرد ستاره طی ۸ ساعت تخمیر و مقدار ۰/۵ درصد شکر، ۲ ساعت پس از پخت مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان سفتی بافت در نان بربری فراوری شده با آرد سبوس گرفته طی ۲۴ ساعت تخمیر و مقدار ۱/۵ درصد شکر، ۹۶ ساعت پس از پخت مشاهده گردید. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات سفتی بافت

حاصل از خمیرترش بیشتر از نان تهیه شده با مخمر نانوائی صورت گرفته و لذا بافت نرم‌تری حاصل می‌گردد. البته سویه باکتری مورد استفاده نیز حائز اهمیت است به نحوی که آغازگرهای مختلف از بین باکتری‌های اسید لاکتیک، دارای تأثیر متفاوتی در به تأخیر انداختن بیاتی نان هستند (Corsetti *et al.*, 1998).

ارزیابی میزان تخلخل مغز نان تولیدی

نتایج آنالیز واریانس تغییرات تخلخل بافت مغز نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تحت تأثیر تیمارهای درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طول زمان نگهداری ۴ روزه در جدول ۳ ارائه شده است. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات تخلخل مغز نان در سطح ۵ درصد نشان داد که در محدوده شرایط اعمال شده در این پژوهش، زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان تخلخل (برحسب درصد) بافت نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته در حالت تازه‌خوری و ۴۸ ساعت نگهداری نداشتند. این در حالی است که ۹۶ ساعت پس از پخت، ارتباط معنی‌داری بین زمان تخمیر و درصد شکر با تخلخل مغز نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته مشهود بود. از بین نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته نیز بیشترین مقدار تخلخل در نمونه حاصل از ۲۴ ساعت تخمیر و محتوی ۰/۵ درصد شکر، ۹۶ ساعت پس از پخت و کمترین مقدار آن نیز در نمونه حاصل از ۲۴ ساعت تخمیر با محتوی ۱/۵ درصد شکر، ۴۸ ساعت پس از پخت مشاهده گردید.

بیشتر می‌گردد که این امر نگهداری گاز را افزایش داده و باعث تأخیر در سفت شدن بافت نان می‌گردد. در آرد ستاره گندم، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراژ و کمترین سفتی بافت نان مشاهده شد که با نتایج Barber و همکاران (۱۹۹۲) همخوانی دارد.

Lacaze و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین Arendt و همکاران (۲۰۰۷) در این خصوص، نتایج مشابهی به دست آورده‌اند. در پژوهش‌های مذکور به دنبال افزایش زمان تخمیر بخصوص در کشت‌های آغازگر حاوی گونه‌های لاکتوباسیلوس هموفرممنتاتیو، سفتی بافت نان تولیدی به مراتب نسبت به نمونه شاهد کمتر بود. البته در کشت‌های آغازگر حاوی گونه‌های لاکتوباسیلوس هتروفرممنتاتیو به دلیل تغییر در تولید متابولیت‌های اصلی و افزایش تولید ترکیبات فرار در مورد گونه‌های مختلف، نتایج متفاوتی مشاهده شده است (Thiele *et al.*, 2002).

بررسی روند تغییرات سفتی بافت نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره و آرد سبوس گرفته در طول زمان انبارمانی نشان داد که سفتی بافت اکثر نمونه‌ها از نمونه شاهد کمتر بود. این روند در نمونه حاصل از ۸ ساعت تخمیر مشاهده نشد که دلیل اصلی آن را می‌توان به تخمیر ناقص و عدم تولید متابولیت‌های میکروبی در طی فرایند تخمیر در این زمان تخمیر نسبت داد (Corsetti *et al.*, 1998). Crowley و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی عملکرد متابولیت‌های میکروبی تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در حین تخمیر خمیرترش دریافتند که این ترکیبات، مانع انتقال رطوبت از مغز به پوسته نان و به تعویق انداختن بیاتی آن می‌گردند. علاوه بر این، ترکیبات مذکور، تأثیر قابل توجهی در افزایش حجم، کاهش سفتی بافت و بهبود زمان ماندگاری نان داشتند. همچنین Siljestrom و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند فلور میکروبی خمیرترش با تأثیر بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز آرد باعث کاهش هیدرولیز نشاسته و آزاد شدن محدود دکسترین‌های دارای وزن مولکولی پایین می‌شوند که تمایل کمتری به برگشت به عقب دارند. به‌طور کلی در مقادیر اسیدی شدن پایین‌تر و زمان تخمیر طولانی‌تر، هیدرولیز نشاسته در نان

جدول ۳- ارزیابی تغییرات تخلخل نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تحت تأثیر مقدار شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طی زمان نگهداری

تخلخل مغز نان در طول نگهداری (برحسب درصد)			زمان تخمیر	درصد شکر
۹۶ ساعت	۴۸ ساعت	۲ ساعت		
۰/۱۸۲±۰/۰۱۹ ^b	۰/۱۱۸±۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۹۲±۰/۰۰۴ ^a	۰	۰
۰/۱۰۰±۰/۰۲۴ ^b	۰/۱۰۷±۰/۰۰۲ ^a	۰/۱۲۱±۰/۰۱۰ ^a	۸	
۰/۰۷۹±۰/۰۱۶ ^c	۰/۰۸۴±۰/۰۰۸ ^a	۰/۹۳۷±۰/۰۱۰ ^a	۱۶	۰/۵
۰/۳۳۸±۰/۲۷۸ ^a	۰/۰۶۷±۰/۰۰۴ ^a	۰/۱۰۰±۰/۰۱۷ ^a	۲۴	
۰/۱۰۹±۰/۰۰۶ ^b	۰/۱۱۰±۰/۰۰۴ ^a	۰/۱۰۸±۰/۰۱۱ ^a	۸	
۰/۰۹۱±۰/۰۱۷ ^c	۰/۱۲۸±۰/۰۲۱ ^a	۰/۰۸۹±۰/۰۰۶ ^a	۱۶	۱
۰/۱۰۶±۰/۰۱۰ ^b	۰/۱۱۳±۰/۰۶۱ ^a	۰/۰۹۰±۰/۰۰۸ ^a	۲۴	
۰/۰۸۱±۰/۰۰۷ ^c	۰/۱۰۷±۰/۰۲۱ ^a	۰/۰۸۴±۰/۰۰۸ ^a	۸	
۰/۰۹۶±۰/۰۱۲ ^b	۰/۰۸۵±۰/۰۱۰ ^a	۰/۰۸۰±۰/۰۱۶ ^a	۱۶	۱/۵
۰/۱۰۵±۰/۰۱۴ ^b	۰/۰۳۷±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۷۶±۰/۰۱۳ ^a	۲۴	

حروف غیر یکسان در هر ستون، نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح (P≤۰/۰۵) می‌باشد.

جدول ۴- ارزیابی تغییرات تخلخل مغز نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر مقدار شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طی زمان نگهداری

تخلخل مغز نان در طول نگهداری			زمان تخمیر	درصد شکر
۹۶ ساعت	۴۸ ساعت	۲ ساعت		
۰/۰۳۳±۰/۰۱۵ ^b	۰/۰۶۰±۰/۰۱۰ ^b	۰/۰۸۰±۰/۰۰۲ ^c	۰	۰
۰/۰۵۶±۰/۰۱۵ ^a	۰/۱۲۶±۰/۰۳۰ ^a	۰/۱۶۰±۰/۰۳۶ ^b	۸	
۰/۰۳۶±۰/۰۱۵ ^b	۰/۰۶۰±۰/۰۱۰ ^b	۰/۰۷۶±۰/۰۱۵ ^c	۱۶	۰/۵
۰/۰۳۸±۰/۰۱۷ ^b	۰/۰۲۳±۰/۰۰۵ ^c	۰/۰۵۰±۰/۰۱۰ ^d	۲۴	
۰/۰۹۸±۰/۰۳۷ ^a	۰/۱۲۶±۰/۰۳۲ ^a	۰/۱۵۳±۰/۰۱۵ ^{bc}	۸	
۰/۰۴۰±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۵۰±۰/۰۱۰ ^c	۰/۱۰۶±۰/۰۱۵ ^c	۱۶	۱
۰/۰۲۶±۰/۰۰۵ ^b	۰/۰۳۰±۰/۰۱۰ ^c	۰/۰۴۰±۰/۰۱۰ ^d	۲۴	
۰/۰۶۰±۰/۰۲۶ ^a	۰/۱۱۰±۰/۰۱۰ ^a	۰/۱۸۰±۰/۰۳۰ ^b	۸	
۰/۰۶۶±۰/۰۲۵ ^a	۰/۱۰۳±۰/۰۰۵ ^{ab}	۰/۲۷۶±۰/۱۶۵ ^a	۱۶	۱/۵
۰/۰۳۶±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۴۰±۰/۰۲۶ ^c	۰/۰۶۳±۰/۰۰۲ ^c	۲۴	

حروف غیر یکسان در هر ستون، نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح (P≤۰/۰۵) می‌باشد.

مقدار تخلخل در نمونه حاصل از ۱۶ ساعت تخمیر و محتوی ۱/۵ درصد شکر، ۲ ساعت پس از پخت و کمترین مقدار آن نیز در نمونه حاصل از ۲۴ ساعت تخمیر و محتوی ۰/۵ درصد شکر، ۴۸ ساعت پس از پخت مشاهده گردید. شهیدی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تصاویر مغز نان به وسیله نرم افزار Image J نشان دادند که با افزایش زمان نگهداری و توسعه تغییرات فیزیکی شیمیایی در بافت نان، تخلخل آن کاهش پیدا می‌کند با این حال، ساختار فشرده نان‌های مسطح و نیمه‌حجیم به دلیل وجود هوای

نتایج آنالیز واریانس تغییرات تخلخل بافت مغز نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر تیمارهای مقدار شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طول زمان نگهداری ۴ روزه در جدول ۴ ارائه شده است. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات تخلخل مغز نان بربری حاصل از آرد ستاره در سطح ۵ درصد نشان داد که در محدوده شرایط اعمال شده در این پژوهش، زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری بر میزان تخلخل بافت نان در طی دوره نگهداری داشتند. از بین نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره نیز بیشترین

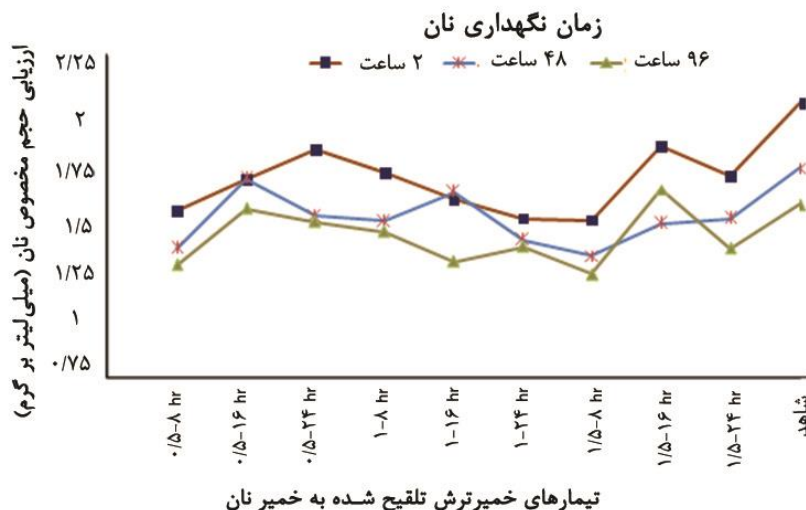
طی بازه نگهداری می‌گردد (Razavizadegan, jahromi *et al.*, 2013). البته این امر بعضاً ممکن است افزایش میزان تخلخل بافت نمونه‌های تولیدی در طی مدت ماندگاری را نیز به دنبال داشته باشد (Shehzad *et al.*, 2010).

ارزیابی میزان حجم مخصوص نان‌های تولیدی

نتایج حاصل از ارزیابی حجم مخصوص نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته با استفاده از تیمارهای متفاوت خمیرترش در طی دوره نگهداری در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان انبارمانی، ضخامت نمونه‌های تولیدی به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/05$) کاهش یافت که از نمونه شاهد به مراتب ضخامت بیشتری داشت. همچنین روند کاهش ضخامت در حالت تازه‌خوری مشهودتر بود. براین‌اساس، کمترین ضخامت در بین نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته به نمونه حاصل از ۸ ساعت تخمیر و محتوی ۱/۵ درصد شکر بعد از ۹۶ ساعت ماندگاری تعلق گرفت و همچنین بیشترین مقدار آن در نمونه حاصل از ۱۶ ساعت تخمیر و محتوی ۱/۵ درصد شکر، ۲ ساعت پس از پخت مشاهده گردید.

کمتر منجر به تغییرات محسوسی در اندازه این حفرات یا میزان تخلخل نشده ولی در نان‌های حجیم، با افزایش زمان نگهداری، رطوبت از مغز به سطح، منتقل گردیده و باعث تغییر در ساختمان شبکه پروتئین می‌شود. این تغییرات با کاهش استحکام و کاهش حجم نیز همراه بوده و منجر به کاهش اندازه حفرات یا میزان تخلخل نان می‌گردد.

نتایج حاصل از تلقیح خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتروم به خمیر نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره و آرد سبوس گرفته در این پژوهش با نتایج شهیدی و همکاران (۱۳۸۷) مغایرت داشت زیرا بافت نان طی گذشت زمان به دلیل از دست دادن رطوبت، فشرده و شکننده شده و تخلخل موجود در بافت نان، مقاومت کافی جهت نگهداری دی‌اکسیدکربن در شبکه گلوئی را نخواهد داشت. بنابراین، گاز دی‌اکسیدکربن در نان به‌طور مناسب توزیع نگردیده و ناهمگونی در اندازه حفرات بافت نان را پدید خواهد آورد. زمانی که اسیدیتة قابل تیترا خمیرترش افزایش می‌یابد ضمن ضعیف‌تر شدن ساختار گلوئن خمیر نان، کشش‌پذیری آن بیشتر می‌شود که این امر نگهداری گاز را کاهش داده و در نتیجه باعث سفت و شکننده شدن بافت نان تولیدی



شکل ۴- بررسی روند تغییرات حجم مخصوص نان بربری حاصل از آرد سبوس گرفته تحت تأثیر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طی زمان نگهداری.

آنزیم آلفا آمیلاز و افزایش نرمی بافت نان می‌گردد. سرافراز و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی خصوصیات اسیدیفیکاسیون کشت‌های آغازگر مختلف در تخمیر خمیرترش مایع نشان دادند که نان تهیه شده توسط خمیرترش مایع حاصل از کشت آغازگر لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس فرمنتوم و ساکارومایسس سرویزیه حجم مخصوص بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشت. پیغمبردوست و همکاران (۱۳۸۹) نیز با بررسی نان‌های تهیه شده از خمیرترش خشک حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس روتری و مخلوطی از این دو آغازگر دریافتند که این نان‌ها نسبت به نمونه‌های حاصل از خمیرترش تازه، حجم مخصوص بیشتری دارند که دلیل آن را تولید بیش از حد اسیدهای آلی در خمیرترش‌های مایع عنوان نمودند.

جدول ۵ نتایج حاصل از ارزیابی حجم مخصوص نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره تهیه شده با استفاده از تیمارهای متفاوت خمیرترش در طی دوره نگهداری را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش زمان انبارمانی، حجم مخصوص نان‌های تولیدی به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) کاهش یافت اما همواره از نمونه شاهد بیشتر بود که با یافته‌های Clarke و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. Arendt و همکاران (۲۰۰۷) و Gaggiano و همکاران (۲۰۰۷) نیز نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند. باتوجه به گزارش‌های این محققین، مهم‌ترین دلیل کاهش بیاتی در نان فراوری شده توسط خمیرترش، متابولیت‌های تولیدی توسط باکتری‌های اسید لاکتیک نظیر اسیدهای آلی، آنزیم‌ها و پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی است که سبب افزایش میزان تخلخل، غیرفعال‌سازی

جدول ۵- بررسی تغییرات حجم مخصوص نان بربری حاصل از آرد ستاره تحت تأثیر درصد شکر و زمان تخمیر خمیرترش در طی زمان نگهداری

حجم مخصوص نان در طول نگهداری (میلی‌لیتر در گرم)			زمان تخمیر	درصد شکر
۹۶ ساعت	۴۸ ساعت	۲ ساعت		
۱/۵۰۳±۰/۱۴ ^c	۱/۷۳۰±۰/۲۶ ^{de}	۲/۱۰۲±۰/۵۵ ^d	۰	۰
۲/۳۲۵±۰/۰۷ ^a	۲/۵۸۶±۰/۳۴ ^a	۲/۷۶۴±۲/۲۳ ^a	۸	
۱/۸۵۹±۰/۰۸ ^{bc}	۲/۰۲۵±۰/۲۵ ^{cd}	۲/۲۸۸±۰/۰۶ ^c	۱۶	۰/۵
۱/۹۴۰±۰/۰۷ ^b	۲/۳۲۵±۰/۴۹ ^b	۲/۵۱۴±۰/۶۶ ^b	۲۴	
۱/۸۹۵±۰/۰۹ ^{bc}	۲/۰۸۳±۰/۲۰ ^c	۲/۳۵۹±۰/۵۴ ^{bc}	۸	
۱/۶۵۶±۰/۰۵ ^c	۱/۷۴۷±۰/۱۲ ^c	۲/۱۰۵±۰/۰۶ ^d	۱۶	۱
۱/۷۳۹±۰/۱۳ ^c	۲/۰۷۱±۰/۶۲ ^c	۲/۲۶۱±۰/۹۳ ^{cd}	۲۴	
۱/۸۴۱±۰/۰۱ ^{bc}	۲/۰۳۹±۰/۱۷ ^{cd}	۲/۲۷۸±۰/۵۳ ^c	۸	
۱/۶۸۷±۰/۱۸ ^c	۱/۸۸۷±۰/۱۰ ^{de}	۲/۰۱۹±۰/۲۴ ^d	۱۶	۱/۵
۱/۹۵۲±۰/۰۵ ^b	۲/۰۹۲±۰/۰۵ ^c	۲/۳۸۳±۰/۴۷ ^{bc}	۲۴	

حروف غیر یکسان در هر ستون، نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ($P \leq 0.05$) می‌باشد.

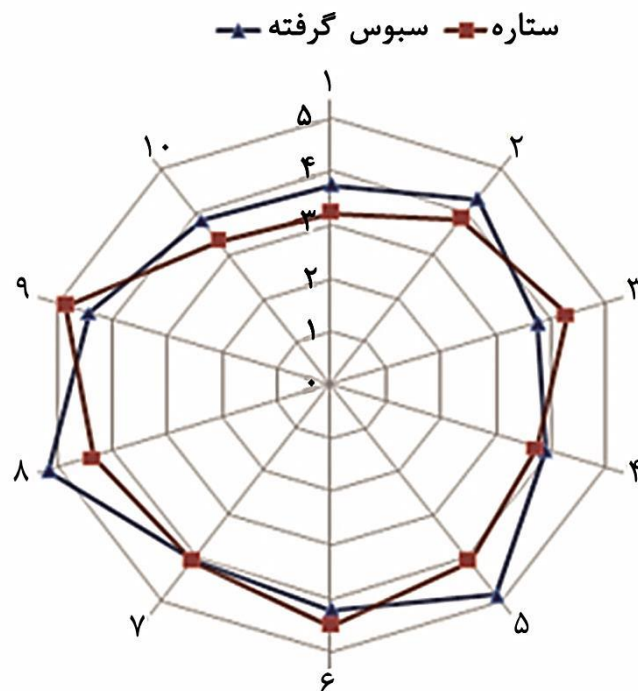
ارزیابی ویژگی‌های حسی و پذیرش کلی نان‌های تولیدی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری، سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر میزان پذیرش نهایی نان‌های تازه‌خوری داشتند. میزان پذیرش نهایی نمونه‌های تولیدی با افزایش زمان تخمیر و درصد شکر، بهبود یافت. تیمارهای مورد نظر با اعداد ۱ تا ۹ نشان داده شده است که تیمار ۱ بیانگر (۰/۵) درصد شکر و ۸ ساعت

اسید تولید شده در تخمیر خمیرترش بر اجزای نشاسته و پروتئین آرد، تأثیر گذاشته و سبب افزایش تخلخل و نرمی بافت نان خمیرترشی می‌شود. از سوی دیگر خمیرترش با تنظیم فعالیت آنزیمی آرد، در نهایت باعث کاهش بلوری شدن نشاسته و کاهش بیاتی نان می‌گردد (Katina, 2005).

($P \leq 0.05$) بر میزان پذیرش نهایی نان‌های تازه‌خوری داشتند. میزان پذیرش نهایی نمونه‌های تولیدی با افزایش زمان تخمیر بهبود یافت که دلیل این موضوع به افزایش تخلخل، بهبود احساس دهانی و تولید ترکیبات مؤلّد عطر و طعم با گذشت زمان تخمیر نسبت داده شد. بر اساس نتایج پیغمبردوست و همکاران (۱۳۸۹) نیز با گذشت زمان نگهداری، امتیاز حسی در تمامی تیمارها کاهش یافت درحالی‌که نان‌های حاصل از خمیرترش تازه در مقایسه با خمیرترش خشک از نظر ویژگی‌های حسی امتیاز بیشتری را به خود اختصاص دادند که دلیل آن، تولید مقادیر کمتر اسیدهای آلی در خمیرترش خشک بود که بر فعالیت آنزیمی، مؤثر بوده و منجر به تغییر کیفیت نان تولیدی گردیده بود.

تخمیر) و تیمار ۹ بیانگر (۱/۵ درصد شکر و ۲۴ ساعت تخمیر) می‌باشد. باتوجه‌به نمودار عنکبوتی ترسیم شده در شکل ۵ از مقایسه پذیرش کلی نان‌های تولیدی، بیشترین و کمترین امتیاز پذیرش نهایی نان‌های تازه‌خوری مربوط به نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته و ستاره بود. با این وجود در برخی از تیمارهای خمیرترش تلقیح شده به خمیر نان در آرد ستاره، امتیاز پذیرش نهایی بالاتری نسبت به نان حاصل از آرد سبوس گرفته به دست آمد. نتایج تحقیقات Thiele و همکاران (۲۰۰۲) بر روند پذیرش نهایی نان‌های تازه خوری به‌عنوان تابعی از زمان تخمیر و مقدار شکر در شرایط تخمیر کنترل شده بر اساس تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر تأثیر معنی‌داری



شکل ۵- مقایسه پذیرش کلی نان‌های تولیدی تحت تأثیر زمان تخمیر و درصد شکر در حالت تازه‌خوری در نان‌های بربری حاصل از آرد سبوس گرفته و ستاره گندم.

روتیری هموفرمنتاتیو، طعم ترش فلزی نامطلوب ایجاد می‌کند. وقتی خمیرترش جانشین مخمر *S.cerevisiae* می‌شود، نان طعم آروماتیک بیشتری پیدا می‌کند.

فعالیت‌های متابولیکی سینرژیستی میکروارگانیسم‌ها بر روی ویژگی بافت نهایی نان تأثیر دارد و طول زمان ماندگاری محصول را با کاهش رشد کپک افزایش می‌دهد. Di Cagno و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که نان تهیه شده با استفاده از لاکتوباسیلوس سانفرانسینسیس هتروفرمنتاتیو، بو و مزه مطلوب دارد، درحالی‌که استفاده از لاکتوباسیلوس

نتیجه گیری

نان‌های خمیرترشی حاصل از آردهای با درصد خاکستر و پروتئین بالاتر، رطوبت خود را به مدت بیشتری حفظ نموده و دیرتر سفت و بیات می‌شوند. همچنین تخلخل، حجم مخصوص نان حاصل از آرد ستاره به مراتب نسبت به آرد سبوس گرفته بالاتر و خصوصیات حسی نان بربری خمیرترشی حاصل از آرد ستاره کمتر بود. با توجه به تغییرات معنی‌دار اسیدیته قابل تیتراژ در تخمیرهای کنترل شده خمیرترش حاوی جدایه مورد استفاده در این پژوهش می‌توان دریافت که آغازگر میکروبی مذکور در کنار سایر عوامل مؤثر بر تخمیر خمیرترش نظیر زمان و ترکیب سوبسترا، نقش غیرقابل انکاری در کنترل این تخمیر پیچیده دارد. تولید نان بربری خمیرترشی با ماندگاری بیشتر و خصوصیات حسی مطلوب‌تر نیز مستلزم کنترل مؤثر فعالیت آغازگر میکروبی و عوامل مؤثر بر تخمیر آن است.

در این پژوهش تأثیر مقدار شکر (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) و زمان تخمیر (۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت) خمیرترش حاوی کشت آغازگر اختصاصی *لاکتوباسیلوس پلاننتاروم* بر ویژگی‌های کیفی و بیاتی نان‌های بربری حاصل از آرد ستاره و آرد سبوس گرفته مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری روند تغییرات اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش به‌عنوان تابعی از زمان تخمیر و مقدار شکر در دو نوع آرد گندم ستاره و سبوس گرفته نشان داد که با افزایش درصد خاکستر، پروتئین و درصد جذب آب آرد، اسیدیته قابل تیتراژ با روند مشخصی افزایش و pH کاهش یافت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات اسیدیته در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/05$) بر میزان تغییرات اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش حاصل از دو نوع آرد گندم ستاره و سبوس گرفته دارند. همچنین بررسی‌ها نشان داد که

منابع

- ۱- پیغمبردوست، س.ه.، گلشن‌تفتی، ا.، خراسانچی، ن.، حجازی، م.ا. و رافت، س.ع. ۱۳۸۹. مقایسه اثرات خمیرترش خشک با خمیرترش تازه روی ویژگی‌های حسی و بیاتی نان قالبی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۰(۳):۱۶۳-۱۷۵.
- ۲- خراسانچی، ن.، پیغمبردوست، س.ه.، حجازی، م.ا. و رافت، س.ع. ۱۳۹۲. استفاده از *لاکتوباسیلوس پلاننتاروم* (ATCC 1058) و روتری (ATCC 1655) به عنوان آغازگر در تهیه خمیرترش. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۳(۱):۸۱-۹۵.
- ۳- سرافراز، ا.، عزیزی، م.، ح.، حمیدی‌اصفهانی، ز.، کریمی‌ترشیزی، م.ا. و ظفری، ع. ۱۳۸۷. اثرات متقابل باکتری‌های لاکتیک اسید و مخمر نانواپی در تخمیر خمیرترش مایع. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۳(۲):۷۳-۸۰.
- ۴- صادقی، ع.، شهیدی، ف.، مرتضوی، س.ع.، نصیری محلاتی، م. و صادقی، ب. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر استفاده از خمیرترش بر زمان ماندگاری میکروبی و خواص حسی نان بربری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۹(۳):۱۵۳-۱۷۰.
- ۵- عابدفر، ع.، صادقی، ع.، کاشانی‌نژاد، م.، خمیری، م. و اعلمی، م. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر آغازگر *لاکتوباسیلوس* غالب جدا شده از خمیرترش سنتی بر میزان بیاتی نان قالبی حاصل از آرد کامل گندم. مجله پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، در نوبت چاپ.
- ۶- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۸۱. غلات و فراورده‌های آن، نان بربری. استاندارد ملی ایران، شماره ۵۸۰۹، چاپ اول.

- 7- Approved methods of the American association of cereal chemists (AACC). 2010. AACC methods 46-30. 11th ed. The St Paul.
- 8- Arendt, E.K., Ryan, L.A.M., & Dal Bello, F. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbiology, 24(2):165-174.
- 9- Association of official analytical chemists (AOAC). 2003. 17th ed. Arlington, Virginia.

- 10- Barber, B., Ortola, C., Barber, S., & Fernandez, F. 1992. Storage of packaged white bread. Effect of sourdough and addition of acids on bread characteristics. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 194(5):442-449.
- 11- Clarke, C.I., Schober, T.J., & Arendt, E.K. 2002. Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. *Cereal Chemistry*, 79(5):640-647.
- 12- Clarke, C.I., & Arendt, E.K. 2005. A review of the application of sourdough technology to wheat breads. *Advance in Food and Nutrition Research*, 49:137-161.
- 13- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., & Rossi, J. 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63(2):347-351.
- 14- Crowely, P., Schober, T.J., Clark, C.I., & Arendt, E.K. 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *European Food Research and Technology*, 214(6):489-496.
- 15- Dal bello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmer, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogren, J., van Sinderen, D., Schnurer, J., & Arendt, E.K. 2007. Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. *Journal of Cereal Science*, 45(3):309-318.
- 16- Datta, A.K., Sahin, S., Sumnu, G., & Ozge Keskin, S. 2007. Porous media characterization of breads baked using novel heating modes. *Journal of Food Engineering*, 79(1):106-116.
- 17- De Vuyst, L., & Neysens, P. 2005. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1):43-56.
- 18- Di Cagno, R., De Angelis, M., Corsetti, A., Lavermicocca, P., Arnault, P., Tossut, P., Gallo, G., & Gobbetti, M. 2003. Interactions between sourdough lactic acid bacteria and exogenous enzymes: effects on the microbial kinetics of acidification and dough textural properties. *Food Microbiology*, 20(1):67-75.
- 19- Gaggiano, M., Di Cagno, R., De Angelis, M., Arnault, P., Tossut, P., Fox, P.F., & Gobbetti, M. 2007. Defined multi-species semi-liquid ready-to-use sourdough starter. *Food Microbiology*, 24(1):15-24.
- 20- Galvez, A., Abriouel, H., Lucas Lopez, R., & Ben Omar, N. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of Food Microbiology*, 120(1-2):51-70.
- 21- Hammes, W.P., Brandt, M.J., Francis, K.L., Rosenheim, M., Seitter, M.F.H., & Vogelmann, S.A. 2005. Microbial ecology of cereal fermentations. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3):4-11.
- 22- Katina, K., Poutanen, K., & Autio, K. 2004. Influence and interactions of processing conditions and starter culture on formation of acids, volatile compounds, and amino acids in wheat sourdoughs. *Cereal Chemistry*, 81(5):598-610.
- 23- Katina, K. 2005. Sourdough a Tool for the Improved Flavour, Texture and Shelf-life of Wheat Bread. *VTT Publication (Technical Research Centre of Finland)*, Helsinki.
- 24- Katina, K., Heinio, R.L., Autio, K., & Poutanen, K. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10):1189-1202.
- 25- Katina, K., Liukkonen, K.H., Kaukovirta-Norja, A., Adlercreutz, H., Heinonen, S.M., Lampi, A.M., Pihlava, J.M., & Poutanen, K. 2007. Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *Journal of Cereal Science*, 46(3):348-355.
- 26- Lacaze, G., Wick, M., & Cappelle, S. 2007. Emerging fermentation technologies: development of novel sourdoughs. *Food Microbiology*, 24(2):155-160.
- 27- Martin, M.L., & Hosney, R.C. 1991. A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chemistry*, 68(5):503-507.

- 28-Maignen, B., Onno, B., Gelinas, P., Infantes, M., Guilois, S., & Cahagnier, B. 2001. Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiology*, 18(3):239-245.
- 29-Pedreschi, F., Aguilera, J.M., & Pyle, L. 2001. Textural Characterization and kinetics of potato strips during frying. *Journal of Food Science*, 66(2):314–318.
- 30-Razavizadegan jahromi, S.H., Karimi, M., Tabatabaee yazdi, F., & Mortazavi, S.A. 2013. Response surface optimization of barbari bread-making process variables: interrelationship of texture, image and organoleptic characteristics; using image analysis for quality and shelf life prediction. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4):1608-1621.
- 31-Schnurer, J., & Magnusson, J. 2005. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3):70-78.
- 32- Shehzad, A., Chiron, H., Della Valle, G., Kansou, K., Ndiaye, A., & Reguerre, A.L. 2010. Porosity and stability of bread dough during proofing determined by video image analysis for different compositions and mixing conditions. *Food Research International*, 43(8):1999–2005.
- 33- Siljestrom, M., Bjorck, I., Eliasson, A.C., Lonner, C., Nyman, M., & Asp, N.G. 1988. Effect of polysaccharides during baking and storage of bread- In vitro and in vivo studies. *Cereal Chemistry*, 65(1):1-8.
- 34- Spicher, G. 1983. Baked goods. P. 1-80. In J.H. Rehm & G. Reed (eds.) *Biotechnology*. Vol. 5. 1st ed. Verlag Chemie, Weinheim.
- 35- Thiele, C., Ganzle, M.G., & Vogel, R.F. 2002. Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chemistry*, 79(1):45–51.

Comparison of the Effect of Sugar Percentage and Fermentation Time of Sourdough Containing Specific Starter Culture (*Lactobacillus plantarum*) on Quality of Barbari Bread Produced with Two Different Extraction Rate Flours

Alireza Sadeghi^{1*}, Abbas Abedfar²

1- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

* Corresponding author (sadeghi.gau@gmail.com)

2- Former M.Sc. student of Food Microbiology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

This study was carried out to compare the influence of sugar contents (0.5, 1, 1.5%) and fermentation times (8, 16, 24 h) of *Lactobacillus plantarum* as sourdough specific starter culture on properties and staling of Barbari breads produced with two different extraction rate flours (69 and 76%). The effect of the above mentioned parameters on properties of sourdoughs prepared from these two types of wheat flour was evaluated in a split plot design. The results showed that, different fermentation times and sugar contents had significant effect ($P \leq 0.05$) on sourdoughs total titrable acidity. After processing of Barbari breads with sourdough treatments, the specific volume, crumb firmness (texture analysis) and porosity (Image j method) were examined during 4 days of storage. Based on the results, 96 h after baking the lowest and highest amounts of crumb firmness were observed in Barbari bread prepared from 76% extraction rate flour and 24 h sourdough fermentation and 1% sugar content and also Barbari bread prepared from 69% extraction rate flour and 24 h sourdough fermentation and 1.5% sugar content, respectively. Furthermore, most of Barbari breads prepared from 76% extraction rate flour had higher specific volume and porosity and also less total acceptance than the Barbari breads prepared from 69% extraction rate flour.

Keywords: Barbari bread, Crumb firmness, Flour extraction rate, Porosity, Sourdough starter