بررسی تأثیر استفاده از خمیرترش بر کاهش بیاتی نان بربری

علیرضا صادقی[۱]، فخری شهیدی*[۱]، سید علی مرتضوی[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲]، آرش کوچکی[۱] و رضا رضایی مکرم[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۸/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۱/۱)

چکیده

هدف اصلی از انجام این پژوهش، بررسی امکان استفاده از خمیرترش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی جهت فراوری نان بربری و کاهش بیاتی آن بود. ابتدا برای تهیه خمیرترش، سلول‌های تازه میکروبی با تعداد کلنی معین، توسط سانتریفوژ از کشت اولیه باکتری‌های اسید لاکتیک جدا شدند. سپس معادل ۱/۵٪ وزنی نسبت به آرد از این سلول‌ها و ۰/۲۵٪ وزنی از مخمر خشک فعال *Saccharomyces cerevisiae* با مقادیر یکسانی از آب و آرد مخلوط گردید. تأثیر فاکتور زمان تخمیر در سه سطح ۸، ۱۶ و۲۴ ساعت، تأثیر فاکتور دمای تخمیر در سه سطح ۲۸، ۳۲ و۳۶ درجه سانتی‌گراد و تأثیر سه نوع کشت آغازگر ۱- *Lactobacillus sanfransicencis* ۲- *Lactobacillus plantarum* و ۳- مخلوط هر دو لاکتوباسیل به نسبت مساوی، بر تهیه خمیرترش ارزیابی شد. پس از فراوری یکسان نمونه‌ها جهت بررسی میزان بیاتی از آزمایش‌های سفتی بافت و حجم مخصوص نان استفاده شد. حجم مخصوص نان‌های تولیدی و سفتی بافت آنها در تناوب‌های زمانی یک، ۲۴، ۴۸ و۷۲ ساعت پس از پخت، تعیین گردید. این آزمایش‌ها در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی، به روش فاکتوریل و با چهار تکرار انجام شدند. جهت بررسی رابطه بین عوامل مؤثر بر تخمیر با سفتی بافت و حجم مخصوص نان از رگرسیون چند متغیره استفاده شد و مدل‌های رگرسیونی بر حسب نوع کشت آغازگر به‌منظور پیش‌بینی میزان بیاتی ارائه گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهند تأثیر خمیرترش در کاهش بیاتی نان بربری، در فواصل زمانی یک، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت در مقایسه با نمونه شاهد، معنی‌دار است ($P \leq ۰/۰۵$). علاوه بر این در فاصله زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت، نمونه فراوری شده توسط *L. plantarum* در دمای تخمیر ۳۲ درجه سانتی‌گراد و زمان تخمیر ۲۴ ساعت دارای بیشترین مقدار افزایش حجم و کمترین میزان بیاتی بود.

واژه‌های کلیدی: خمیرترش، باکتری اسید لاکتیک، تخمیر، حجم مخصوص، بیاتی

مقدمه

بر اساس جدیدترین تعاریف، خمیرترش یک سیستم بیولوژیکی بسیار پیچیده است و اساس تشکیل آن هم‌زیستی بین فلور میکروبی آرد و کشت‌های تجاری لاکتوباسیل می‌باشد که به‌عنوان آغازگر اختصاصی و به‌دلایل خاص مانند بهبود آروما و طعم، زمان ماندگاری، ارزش تغذیه‌ای و یا حتی ایجاد خواص سلامتی‌بخش در فرایند تخمیر نان مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۱و۱۸). خمیرترش به‌عنوان یک افزودنی طبیعی GRAS،

۱. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد، دانشجوی سابق دکتری و دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دانشیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fshahidi@ferdowsi.um.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

نگـه‌دارنـده بیولـوژیکی و جـایگزینی مناسـب بـرای سـایر افزودنی‌های نانوایی، از فراینـدی کـه در آن، آب و آرد، توسـط این کشت‌های آغازگر، تخمیر می‌شوند، به‌دست می‌آید و فلـور میکروبی آن عموماً حاوی مخمرها و باکتری‌های اسـید لاکتیـک بوده و اثر متقابل این میکروارگانیسم‌ها برای فعالیت متـابولیکی آن، حایز اهمیت است (۹و۱۷). فرایند تخمیر خمیرترش بر پایه تخمیر لاکتیکی و الکلی اسـت کـه تحـت تـأثیر ترکیـب فلـور میکروبی، شرایط تخمیر، فعالیت آنزیمی و قابلیت تخمیـری آرد نیز قرار می‌گیرد (۲۰). استفاده از خمیرترش در فراینـد صـنعتی تولیـد نـان گنـدم، نیازمنـد کنتـرل دقیـق شـرایط بـه‌کـارگیری خمیرترش جهت رسیدن به سطح مناسب pH و اسـیدیته قابـل تیتر در خمیرترش و نان حاصل از آن است (۳). کنترل شـرایط تخمیر خمیرترش با انتخاب کشت آغـازگر اختـصاصی، تنظـیم شرایط تخمیر نظیر زمان، دما و نیز تنظیم درجـه اسـتخراج آرد، ممکن می‌گردد (۷ و ۱۱).

انواع نان گندم به‌عنوان جزئی اساسی از سبد غـذایی، جهـت براورده کردن نیازهای غذایی و تأمین مواد مغذی، اهمیت فراوانی دارند. از بین انواع نان‌های مسطح که رایج‌ترین نان تولیدی کشور به شمار می‌آیند، نان بربری دارای حجم مخصوص بیشتری است و ضخامت آن بعضاً به ۳ سانتی‌متر نیز می‌رسد (۲۲).

بیاتی که بر اثر تغییرات فیزیکوشیمیایی در پوسته و مغز نان رخ می‌هد، در کنار فساد میکروبی، از مهم‌تـرین عوامـل کـاهش زمان ماندگاری نان به حساب می‌آید (۱۱). بیاتی، سـبب ایجـاد بافت سفت و خرد شونده و از دست رفتن طعم تازگی در نـان می‌گردد. آثار بیاتی بر نان به میزان زیـادی مـورد بررسـی قـرار گرفته است هر چند مکانیسم‌های علمـی و تکنولـوژیکی منجـر به آن تا مدت‌ها به درستی مشخص نبوده‌اند (۵).

کرستی و همکاران (۵) تأثیر باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترش را بر بیاتی نان مورد مطالعه قرار داده‌انـد. محققـان مـذکور (۶) تـأثیر سایر افزودنی‌ها بر عملکرد خمیرترش در ممانعت از بیاتی نان را نیز بررسی کرده‌اند. هم‌چنـین کاتینـا و همکـاران (۱۳) اثـر سینرژیـستی خمیرترش و آنزیم‌ها را در تأخیر بیاتی نان بررسی نموده‌اند.

تأثیر خمیرترش، در به تأخیر انداختن بیاتی اصولاً وابسته به بهبود حجم به‌عنوان یک عامل مثبت مرتبط با نرمی نـان اسـت. خمیرترش با تنظیم فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز آرد، میزان هیدرولیز نشاسته را نیز تغییر مـی‌دهـد کـه در کـاهش کریـستالیزه شـدن نشاسته و کاهش بیاتی نان مؤثر است (۲۱). بـاکتری‌هـای اسـید لاکتیک موجود در خمیرترش دارای توانایی‌های پروتئولیتیـک و آمیلولیتیک نیز هستند که به میزان زیـادی در تـأخیر بیـاتی نـان نقش دارند (۱۳). عامل اصلی مؤثر بر تنظیم مقـدار اسـیدیته در تخمیر حاصل از خمیرترش مقدار کربوهیدرات‌های قابل تخمیر است که خود تحت تأثیر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز قرار می‌گیرد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در آرد گنـدم بـه کیفیـت آرد و درصـد استخراج آن بستگی دارد. آرد سفید آندوسـپرمی گنـدم حـاوی مقادیر اندکی کربوهیدرات آزاد است ولـی فعالیـت آنـزیم آلفـا آمیلاز در آرد کامل و به‌خصوص آرد حاوی اجزاء سبوس بسیار بیشتر بوده و می‌تواند در حین تخمیر میزان مالتوز اولیه را ۱۰ تا ۱۵ برابر افزایش دهد لذا باکتری‌هـای اسـید لاکتیـک نیـز اسـید بیشتری تولید خواهند نمود. هم‌چنین توانایی برخی از انواع این باکتری‌ها جهت تولید اگزوپلی‌ساکاریدها، به اثبات رسیده اسـت که بسیاری از این اگزوپلی‌ساکاریدها قابلیـت بـالقوه بـه تـأخیر انداختن بیاتی را دارند (۵). هم‌چنین انحلال آرابینوگزیلان‌ها در طی تخمیر خمیرترش ممکن است سبب کاهش بیاتی نان شود. آنها همانند پنتوزان‌ها مانع از اثر متقابل گلوتن- نشاسته به‌عنوان عامل اصلی بیاتی می‌شوند (۱۱).

افزایش زمان ماندگاری نان گندم به‌عنـوان غـذای غالـب در کشور و کاهش ضایعات آن از این طریق که سبب کاهش هـدر رفتن محصول استراتژیک گندم می‌گردد باید بیشتر مورد توجـه قرار گیرد. از بین روش‌های متعددی که امروزه بدین منظـور در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده از ترکیبات طبیعی مانند خمیرترش که ضمن افزایش زمان ماندگاری نـان، سـبب بهبـود ارزش تغذیه‌ای آن نیز مـی‌شـوند جایگـاه ویـژه‌ای دارد. هـدف اصـلی از انجـام ایـن پـژوهش، اسـتفاده از خمیرتـرش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی و بررسـی عوامـل مـؤثر بـر تهیـه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

خمیرترش (نوع کشت آغازگر، دما و زمان تخمیر)، جهت فراوری نان بربری، هم‌چنین کاهش و تأخیر بیاتی آن بود. چنانچه بتوان تولید این نان را در کشور به شکل صنعتی احیا نمود گامی بزرگ در جهت کاهش ضایعات نان و بهبود ارزش تغذیه‌ای آن برداشته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

مواد خام

آرد ۱۳/۵٪ سبوس گرفته شده از کارخانه آسه آرد واقع در شهرک صنعتی بینالود نیشابور تهیه شد. این آرد دارای رطوبت ۱۳٪، پروتئین ۱۲/۵٪، خاکستر ۰/۷۵٪، چربی ۱/۷۲٪، گلوتن مرطوب ۲۸/۸٪ و عدد فالینگ ۴۶۰ ثانیه بود که بر اساس روش‌های مدون AOAC و AACC تعیین شد. مخمر خشک فعال *Saccharomyces cerevisiae* از شرکت ایران ملاس فریمان تهیه شد و دو سوش لاکتوباسیل مورد استفاده یعنی *Lactobacillus plantarum* (ATCC43332) و *Lactobacillus sanfransicencis* (ATCC14917) از شرکت DSMZ آلمان به‌صورت لیوفلیزه در ویال‌های مخصوص تحت خلاء، خریداری گردید. محیط‌های کشت و محلول‌های شیمیایی ساخت شرکت مرک آلمان مورد استفاده قرار گرفتند.

تهیه خمیرترش با استفاده از کشت‌های آغازگر اختصاصی

برای تهیه خمیرترش، ابتدا سوش‌های *Lactobacillus plantarum* و *Lactobacillus sanfransicencis* که خواص GRAS آنها به اثبات رسیده است به ترتیب در محیط‌های کشت MRS Broth و Sourdough به نسبت ۱٪ وزنی، در دماهای ۳۶ و ۳۰ °C به‌مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت به‌منظور فعال شدن، کشت داده شدند (۱۱و۱۶). لاکتوباسیل‌ها تا ایجاد 10^{7}cfu/gr (بر اساس روش مک فارلند) رشد نمودند. برای جداسازی سلول‌های تازه میکروبی، بیومس تولیدی توسط سانتریفوژ (مدل Spectrafuge16M) با g ۵۰۰۰ در ۴ °C به‌مدت ۱۵ دقیقه، از محیط کشت جدا گردید (۱۲و۱۴). سپس معادل ۱/۵ ٪ وزنی نسبت به آرد از این سلول‌ها و ۰/۲۵٪ وزنی از مخمر خشک فعال ساکارومایسس سرویزیه با مقادیر یکسانی از آب و آرد مخلوط گردید (مخلوط‌کن خمیر مدل mac.pan). تأثیر فاکتور زمان تخمیر در سه سطح ۸، ۱۶ و ۲۴ ساعت، تأثیر فاکتور دمای تخمیر در سه سطح ۲۸ ، ۳۲ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد و تأثیر سه نوع کشت آغازگر ۱- *Lactobacillus plantarum* ۲- *Lactobacillus sanfransicencis* و ۳- مخلوط هر دو لاکتوباسیل به نسبت مساوی، بر تهیه خمیرترش مورد ارزیابی قرار گرفت.

تعیین اسیدیته قابل تیتر خمیرترش

بدین منظور معادل ۱۰ گرم از خمیرترش با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر، به خوبی مخلوط گردیده و محلول مذکور توسط سود ۰/۱ نرمال تا pH معادل ۸/۵ تیتر شد و اسیدیته بر حسب میلی‌لیتر سود مصرفی محاسبه گردید (۱۱).

تهیه نمونه نان شاهد

بدین منظور از مخلوط آرد و ۱/۵٪ وزنی مخمر خشک فعال حاوی ساکارومایسس سرویزیه به همراه ۰/۴٪ نمک استفاده شد، مقدار آب مورد نیاز و شرایط مخلوط کردن با استفاده از فارینوگرافی (مدل برابندر) تعیین گردید (جذب آب ۶۰٪). نمونه شاهد فاقد خمیرترش بود. تخمیر ابتدایی این مخلوط در دمای ۳۰°C به‌مدت ۳۰ دقیقه و تخمیر نهایی پس از تقسیم کردن به قطعات ۱۰۰ گرمی در دمای مشابه به‌مدت ۹۰ دقیقه صورت پذیرفت. بلافاصله نمونه‌های تولیدی در دمای ۲۲۰±۵°C و به‌مدت حدود ۱۵ دقیقه در فر پخت (مدل SINMAG)، پخته شدند (۲۲).

تهیه نان با استفاده از خمیرترش‌های تولیدی

بدین منظور نسبت ۲۵٪ وزنی از خمیرترش‌ها با خمیر مشابه نمونه شاهد (فاقد ۱/۵٪ وزنی مخمر خشک فعال حاوی ساکارومایسس سرویزیه)، جهت تهیه نان در شرایط یکسان

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

تخمیر و پخت با نمونه شاهد، استفاده گردید. مقدار خمیرترش مذکور قبل از تخمیر نهایی به خمیر افزوده شد. نان تولیدی پس از پخت حدود نیم ساعت در شرایط بهداشتی، سرد شده و برای مراحل بعدی استفاده گردید (۱۱و۱۲).

اندازه‌گیری حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نان‌های تولیدی در فواصل زمانی یک، ۲۴، ۴۸، و۷۲ ساعت پس از پخت، به‌طور جداگانه در شرایط معین (درون بسته‌های استریل پلی‌اتیلنی درب دار و دمای اینکوباسیون ۲۸°C) (اینکوباتور مدل EYELA-SLI-450D) به روش جایگزینی دانه کلزا (بر اساس استاندارد A-A-20126E METRIC) تعیین و با نمونه شاهد مقایسه گردید. نمونه‌های مورد استفاده دارای وزن‌های یکسان بوده و از مرکز هندسی نان تهیه شدند (۱۱).

اندازه‌گیری سفتی بافت نان با استفاده از دستگاه بافت سنج

بدین منظور ابتدا قطعات مکعب مستطیلی شکل با طول ۶۰، عرض ۴۰ و ضخامت۲±۱۰ میلی‌متر از مرکز هندسی نان بریده شد و سپس با استفاده از دستگاه بافت سنج مدل CNS Farnell نیروی لازم جهت ایجاد ۵۰٪ فشردگی در ضخامت اولیه به‌عنوان سفتی بافت مغز نان اندازه‌گیری گردید. سرعت پروب مورد استفاده در آزمون تراکمی ۶۰ میلی‌متر در دقیقه و نقطه شروع ۵۰ گرم بود. سفتی بافت مغز نان در تناوب‌های زمانی یک، ۲۴، ۴۸ و۷۲ ساعت پس از پخت به‌عنوان معیاری جهت تخمین بیاتی مغز نان مورد ارزیابی قرار گرفت (۲و۵).

آنالیز آماری نتایج

روش آماری مورد استفاده، روش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با چهار تکرار بود. جهت بررسی رابطه بین عوامل مؤثر در تخمیر، زمان انبارمانی و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با حجم مخصوص و سفتی بافت نان از رگرسیون چند متغیره و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها و بررسی اثرات تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد. در انتها با توجه به نتایج حاصل، مدل‌های رگرسیونی به‌منظور پیش‌بینی میزان بیاتی نان بربری با استفاده از خمیرترش مصرفی بر حسب نوع کشت آغازگر، ارائه گردید. نرم‌افزارهای آماری مورد استفاده شامل Minitab ver 13.1، MstatC، Microsoft Office Excel، CurveExpert 1.3، SlideWrite 2 و Sigma stat بودند.

نتایج و بحث

ارزیابی تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش

با افزایش زمان و دمای تخمیر در هر سه نوع کشت آغازگر مورد استفاده، اسیدیته قابل تیتر افزایش یافت که روند این افزایش (شیب منحنی) در خمیرترش تهیه شده با لاکتوباسیلوس سانفرانسیس از دو مورد دیگر بیشتر بود (شکل۱). بیشترین اسیدیته قابل تیتر در خمیرترش تهیه شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم در دمای تخمیر ۳۶°C و زمان تخمیر ۲۴ ساعت و کمترین اسیدیته قابل تیتر در خمیرترش تهیه شده با لاکتوباسیلوس سانفرانسیس در دمای تخمیر ۲۸°C و زمان تخمیر ۸ ساعت مشاهده گردید.

گل و همکاران (۱۰)، کاتینا (۱۱)، کیم و همکاران (۱۴)، میگنن و همکاران (۱۶) و تایل (۱۸) نیز نتایج مشابهی در این مورد گزارش نموده‌اند. بر اساس گزارش محققان مذکور به موازات افزایش دما و زمان تخمیر، اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، افزایش و pH آن کاهش می‌یابد. این شرایط در خصوص کشت‌های آغازگر لاکتوباسیل هوموفرمنتاتیو مشهودتر است. هم‌چنین افزایش اسیدیته در نان حاصل از خمیرترش دلیل اصلی بسیاری از تغییرات مفید بعدی عنوان شده است (۴و۱۱).

ارزیابی حجم مخصوص نان

در تناوب‌های زمانی یک و ۷۲ ساعت پس از پخت، در دو نمونه فراوری شده توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم و مخلوط دو لاکتوباسیل و در تناوب‌های زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

پخت در هر سه نمونه نان تولیدی، حجم مخصوص به‌طور معنی‌داری ($p \leq$ ۰/۰۵) از نمونه شاهد بیشتر بود (شکل۲). هم‌چنین در فاصله زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت، بیشترین افزایش حجم مخصوص در نمونه فراوری شده توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم در دمای تخمیر ۳۲ $^{\circ}C$ و زمان تخمیر ۲۴ ساعت دیده شد و نمونه فراوری شده توسط لاکتوباسیلوس سانفرانسیس در دمای تخمیر ۳۲ $^{\circ}C$ و زمان تخمیر ۸ ساعت دارای کمترین افزایش حجم مخصوص بود. در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در طول زمان انبارمانی حجم مخصوص از نمونه شاهد بیشتر بود و به موازات افزایش زمان انبارمانی حجم مخصوص کاهش یافت.

به موازات کاهش دما و افزایش زمان تخمیر خمیرترش، حجم مخصوص نان (۷۲ ساعت پس از پخت) در نمونه‌های تهیه شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم و مخلوط دو لاکتوباسیل افزایش یافت. در نمونه‌های تهیه شده با لاکتوباسیلوس سانفرانسیس نیز به موازات افزایش دما و زمان تخمیر خمیرترش این وضعیت مشاهده گردید. هم‌چنین افزایش حجم در نمونه‌های تهیه شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم از دو کشت آغازگر دیگر بیشتر بود.

رابطه رگرسیونی بین حجم مخصوص نان با متغیرهای زمان و دمای تخمیر خمیرترش و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش بر حسب نوع کشت آغازگر مصرفی پس از حذف Backward (جهت حذف متغیرهای اضافی از مدل رگرسیونی) نشان داد که تمامی متغیرهای مورد بررسی در معادله باقی ماندند. معادله‌های شماره (۱ تا ۳) نیز جهت تخمین مقدار حجم مخصوص نان بر حسب اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، دما و زمان تخمیر خمیرترش به ترتیب در محدوده‌های ۹ تا ۲۴ میلی‌لیتر بر حسب اسید لاکتیک، ۲۸ $^{\circ}C$ تا ۳۶ $^{\circ}C$ و ۸ تا ۲۴ ساعت به‌دست آمد.

[۱] کشت آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم (R^2 =۰/۹۰۹**)

حجم مخصوص نان = (۱/۳۳ − (۰/۰۳۰۸× زمان تخمیر) + (۰/۱۶۳× دمای تخمیر) + (۰/۰۷۱۶× اسیدیته قابل تیتر)

[۲] کشت آغازگر مخلوط دو لاکتوباسیل (R^2 =۰/۹۱۸**)

حجم مخصوص نان = (۰/۲۰۳ − (۰/۰۰۵۰۵× زمان تخمیر) + (۰/۰۶۷۴× دمای تخمیر) + (۰/۰۴۵۸ × اسیدیته قابل تیتر)

[۳] کشت آغازگر لاکتوباسیلوس سانفرانسیس (R^2 =۰/۹۴۸ **)

حجم مخصوص نان = (۰/۱۵۲ − (۰/۰۱۹۴× زمان تخمیر) + (۰/۰۶۸۱× دمای تخمیر) + (۰/۰۰۴۸۷× اسیدیته قابل تیتر)

آرندت و همکاران (۱)، کرستی و همکاران (۵) و کاتینا و همکاران (۱۳) نیز نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند. بر اساس گزارش‌های این محققان مهم‌ترین دلیل کاهش بیاتی نان فراوری شده توسط خمیرترش، تولید اسید است که سبب افزایش تخلخل (۱)، غیر فعال سازی آنزیم آلفا آمیلاز (۱۱و۱۳) و افزایش نرمی بافت (۵ و ۶) می‌گردد. در مجموع استفاده از دمای بالاتر تخمیر، محتوای آب بیشتر در خمیرترش و استفاده از آرد کامل، تولید اسید در حین تخمیر خمیرترش را افزایش می‌دهد (۱۱ و ۱۸).

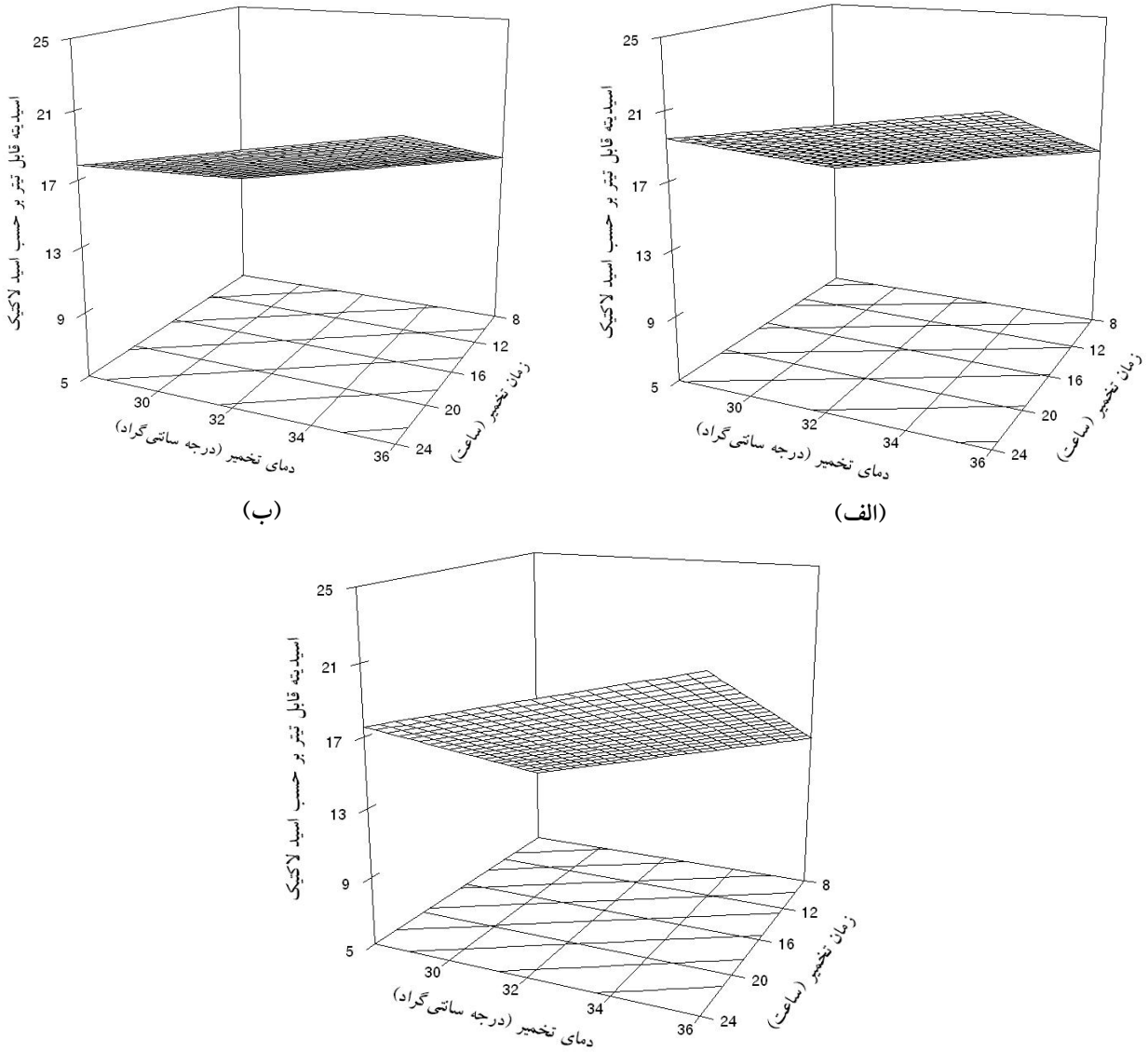
ارزیابی سفتی بافت نان

بررسی روند تغییرات سفتی بافت نان در طول زمان انبارمانی نشان داد که سفتی بافت تمام نمونه‌ها از نمونه شاهد کمتر بود و مطابق انتظار به موازات افزایش زمان انبارمانی، سفتی بافت نان افزایش یافت. در بین کشت‌های آغازگر، کمترین سفتی بافت در نمونه‌های فراوری شده توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم و بیشترین آن در نمونه‌های فراوری شده توسط لاکتوباسیلوس سانفرانسیس مشاهده گردید (شکل۳). رابطه رگرسیونی حجم مخصوص و سفتی بافت نان در فواصل زمانی یک، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت پس از پخت به ترتیب دارای ضرایب هم‌بستگی ۰/۹۳۰، ۰/۸۹۱، ۰/۹۸۶ و ۰/۹۱۶ بود و با افزایش حجم مخصوص نان، سفتی بافت آن کاهش یافت.

در نمونه‌های تهیه شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس سانفرانسیس به موازات افزایش دما و زمان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]



شکل۱. تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش تحت تأثیر دما و زمان تخمیر و نوع کشت آغازگر اختصاصی شامل الف-لاکتوباسیلوس پلانتاروم، ب- مخلوط دو لاکتوباسیل و ج- لاکتوباسیلوس سانفرانسیس (که از طریق تجزیه سطح عکس العمل برازش شده است).

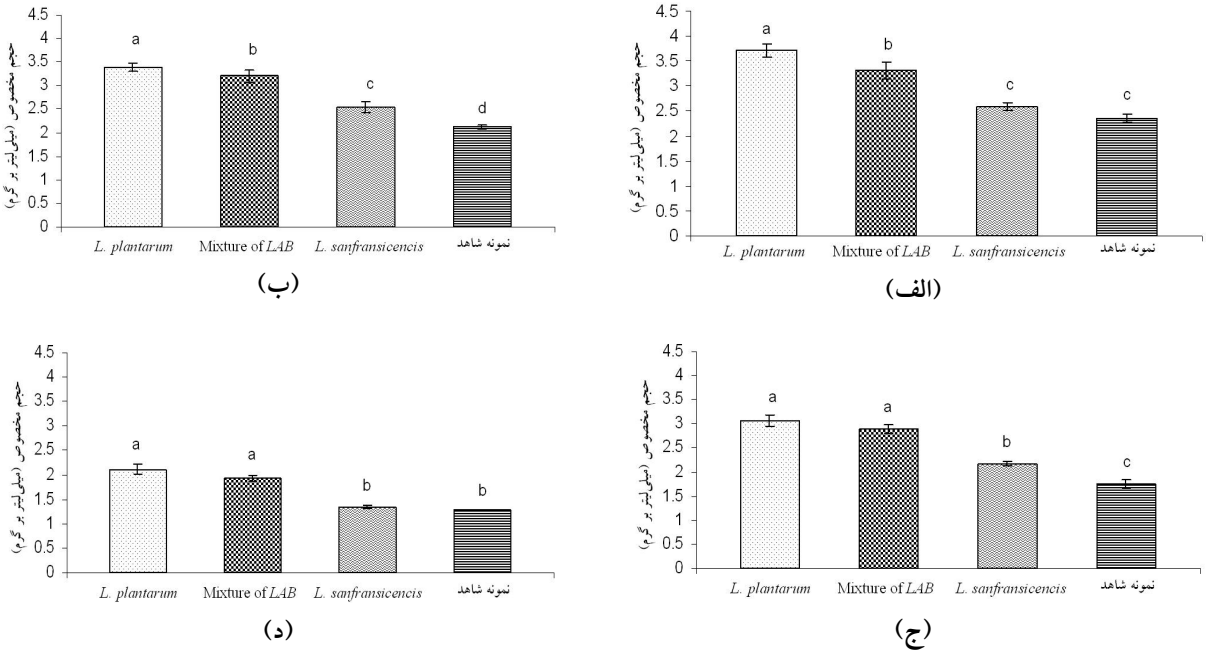
تخمیر خمیرترش، سفتی بافت نان (۷۲ ساعت پس از پخت) کاهش و در نمونه‌های تهیه شده با مخلوط دو لاکتوباسیل به موازات افزایش زمان تخمیر خمیرترش این وضعیت مشاهده گردید ولی با افزایش دمای تخمیر خمیرترش، سفتی بافت نان به مقدار کمی افزایش یافت (شکل۴).

رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با سفتی بافت و حجم مخصوص نان نیز به ترتیب دارای ضرایب هم‌بستگی۰/۵۹۴ و ۰/۵۷۰ بود و با افزایش اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، حجم مخصوص نان افزایش و سفتی بافت آن کاهش یافت (شکل۵).

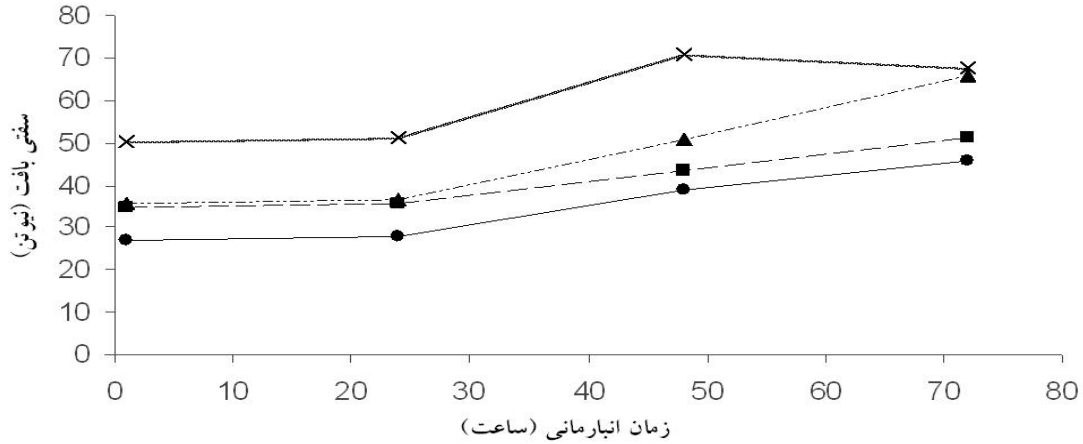
رابطه رگرسیونی بین سفتی بافت نان با متغیرهای زمان و دمای تخمیر خمیرترش و زمان انبارمانی بر حسب نوع کشت آغازگر مصرفی پس از حذف Backward (جهت حذف متغیرهای اضافی از مدل رگرسیونی) نشان داد که تمامی

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]



شکل۲. تأثیر نوع کشت آغازگر بر حجم مخصوص نان در فواصل زمانی یک (الف)، ۲۴ (ب)، ۴۸ (ج) و ۷۲ (د) ساعت پس از پخت (میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشتند).



شکل۳. بررسی روند تغییرات سفتی بافت نان دارای کشت‌های آغازگر متفاوت (● لاکتوباسیلوس پلانتاروم، ■ مخلوط دو لاکتوباسیل، ▲ لاکتوباسیلوس سانفرانسیس و × نمونه شاهد) در طول زمان انبارمانی.

متغیرهای مورد بررسی در معادله باقی ماندند. معادله‌های شماره (۴ تا ۶) نیز جهت تخمین مقدار سفتی بافت نان بر حسب زمان انبارمانی، دما و زمان تخمیر خمیرترش به ترتیب در محدوده‌های یک تا ۷۲ ساعت، ۲۸ تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد و ۸ تا ۲۴ ساعت به‌دست آمد.

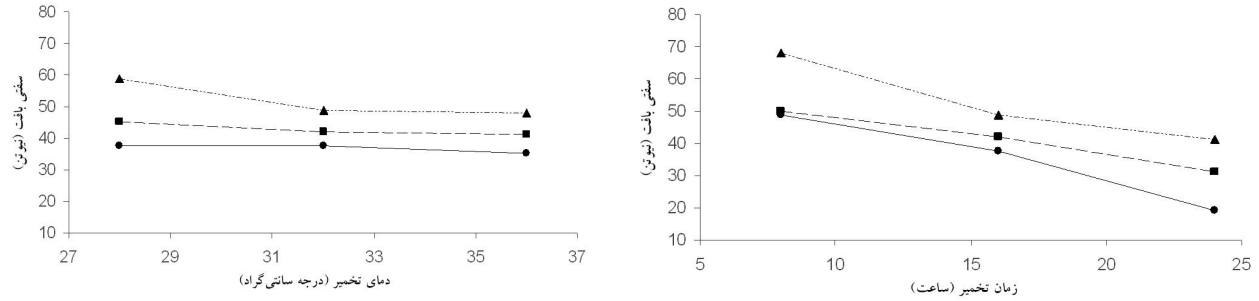
[۴] کشت آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم (R^2 =۰/۸۵۰**)

(۲/۵۳ × زمان انبارمانی) = سفتی بافت نان

۱۰۵۱/۸ + (۲/۷۱ × زمان تخمیر) + (۲۰/۸ × دمای تخمیر) +

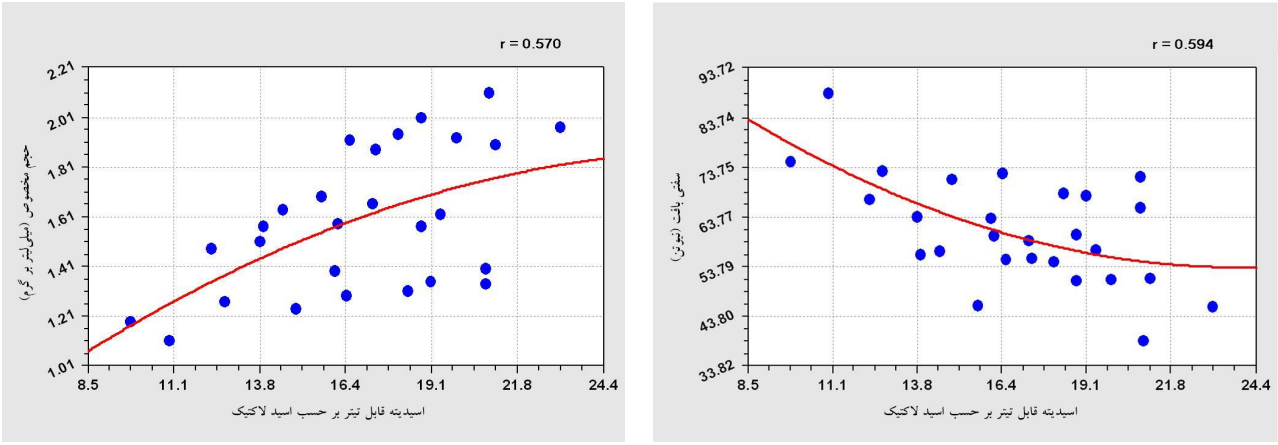
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]



(الف) (ب)

شکل۴. بررسی روند تغییرات سفتی بافت نان تحت تأثیر زمان تخمیر (الف) و دمای تخمیر خمیرترش (ب) دارای کشت‌های آغازگر متفاوت (● لاکتوباسیلوس پلانتاروم، ■ مخلوط دو لاکتوباسیل و ▲ لاکتوباسیلوس سانفرانسیس) در فاصله زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت.



(الف) (ب)

شکل۵. رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با سفتی بافت (الف) و حجم مخصوص نان (ب).

[۵] کشت آغازگر مخلوط دو لاکتوباسیل (R^2 =۰/۸۷۶**)

سفتی بافت نان = (۲/۲۹ × زمان انبارمانی) + (۱/۶۴ × زمان تخمیر) + (۱۸/۳ × دمای تخمیر) + ۱۰۱۴/۶

[۶] کشت آغازگر لاکتوباسیلوس سانفرانسیس (R^2 =۰/۸۲۷**)

سفتی بافت نان = (۲/۸۱ × زمان انبارمانی) + (۵/۲۲ × زمان تخمیر) + (۲۵/۷ × دمای تخمیر) + ۱۴۰۸/۰

کاتینا و همکاران (۱۱و۱۲) نیز نتایج مشابهی در خصوص نان حجیم گزارش کرده‌اند. بر اساس گزارش محققان مذکور به‌دلیل هم‌بستگی بالای بین حجم مخصوص و سفتی بافت نان می‌توان در ارزیابی بیاتی نان‌های تولید شده با خمیرترش به‌جای آزمون دستگاهی بافت‌سنجی از اندازه‌گیری حجم مخصوص استفاده نمود که بسیار ساده‌تر و ارزان‌تر است.

در خصوص تأثیر دما و زمان تخمیر خمیرترش بر سفتی بافت نان، آرندت و همکاران (۱)، کرستی و همکاران (۵)، کاتینا (۱۱)، لاکاز و همکاران (۱۵) و تایل (۱۸) نیز نتایج مشابهی به‌دست آورده‌اند. بر اساس گزارش‌های این محققان به دنبال افزایش دما و زمان تخمیر خصوصاً در کشت‌های آغازگر حاوی گونه‌های لاکتوباسیل هموفرمنتاتیو، سفتی بافت نان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

تولیدی به مراتب نسبت به نمونه شاهد کمتر بوده است. در کشت‌های آغازگر حاوی گونه‌های لاکتوباسیل هتروفرمنتاتیو به‌دلیل تغییر در تولید متابولیت‌های اصلی و افزایش تولید ترکیبات فرار در این شرایط در مورد گونه‌های متفاوت، تغییرات گوناگونی مشاهده شده است (۱۱و۱۹).

بر اساس نتایج واگنر (۲۰) مناسب‌ترین دما و زمان تخمیر خمیرترش حاوی کشت آغازگر لاکتوباسیلوس سانفرانسیس به ترتیب ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۲۰ ساعت گزارش شده است. هم‌چنین کاتینا و همکاران (۱۲) دما و زمان تخمیر بهینه خمیرترش حاوی کشت آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم به‌منظور تأخیر بیاتی نان گندم حجیم را به ترتیب ۲۸ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت به‌دست آورده‌اند.

جیانوتی و همکاران (۸) به مدلینگ فعالیت کشت‌های آغازگر اختصاصی در حین تخمیر خمیرترش پرداختند. بر اساس گزارش‌های محققان مذکور به موازات افزایش دما و زمان تخمیر، اسیدیته خمیرترش افزایش یافته و سبب ایجاد تغییراتی در رفتار گلوتن می‌گردد که یکی از مهم‌ترین دلایل اصلاح رئولوژی خمیر و تغییرات بافتی در نان حاصل از خمیرترش است.

نتیجه‌گیری

استفاده از کشت‌های آغازگر اختصاصی خمیرترش در فرایند تولید نان گندم نیازمند کنترل دقیق شرایط استفاده از خمیرترش جهت رسیدن به سطح مناسب اسیدیته قابل تیتر در خمیرترش است. استفاده از خمیرترش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی مورد استفاده در این پژوهش به‌طور معنی‌داری سبب بهبود زمان ماندگاری و کاهش بیاتی نان بربری گردید.

روابط رگرسیونی و هم‌بستگی مقادیر حجم مخصوص با سفتی بافت نان (معیارهای سنجش بیاتی) و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، نشان داد به‌منظور استفاده‌های خاص از خمیرترش با توجه به معادلات ارائه شده در این تحقیق، امکان ارزیابی اثر متغیرهای فرایند تولید و انبارمانی بر زمان ماندگاری و کیفیت محصول در قالب چند مدل ریاضی ممکن می‌گردد.

بر اساس نتایج این پژوهش، در فاصله زمانی ۷۲ ساعت پس از پخت، نمونه فراوری شده توسط *L. plantarum* در دمای تخمیر ۳۲ درجه سانتی‌گراد و زمان تخمیر ۲۴ ساعت دارای بیشترین مقدار افزایش حجم و کمترین میزان بیاتی بود.

منابع مورد استفاده

1. Arendt, E. K., L. A. M. Ryan and F. Dal Bello. 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. Food Microbio. 24(2): 165-174
2. Chiavaro, E., E. Vittadini, M. Musci, F. Bianchi and E. Curti. 2007. Shelf-life stability of artisanally and industrially produced durum wheat sourdough bread (''Altamura bread''). LWT 41:58-70.
3. Clarke, C. I. and E. K. Arendt. 2005. A review of the application of sourdough technology to wheat breads. Adv. in Food and Nutr. Res. 49: 137-156.
4. Clarke, C. I., T. J. Schober, P. Dockery, K. O'Sullivan and E. K. Arendt. 2004. Wheat sourdough fermentation: effects of time and acidification on fundamental rheological properties. Cereal Chem. 81: 409-417.
5. Corsetti, A., M. Gobbetti, F. Balestrieri, F. Paoletti, L. Russi and J. Rossi. 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. J. Food Sci. 63: 347-351.
6. Corsetti, A., M. Gobbetti, B. De Marco, F. Balestrieri, F. Paletti, L. Russi and J. Rossi. 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. J. Agric. Food Chem. 48: 3044-3051.
7. De Vuyst, L. and P. Neysens. 2005. The sourdough microflora: Biodiversity and metabolic interactions. Trends in Food Sci. & Technol. 16: 43–56.
8. Gianotti, A., L. Vannini, M. Gobbetti, A. Corsetti, F. Gardini and M. E. Guerzoni. 1997. Modeling of the activity of selected starters during sourdough fermentation. Food Microbiol. 14(4): 327-337.
9. Gobbetti, M. 1998. The sourdough microflora: Interactions of lactic acid bacteria and yeasts. Trends in Food Sci. & Technol. 9: 267–274.
10. Gül, H., S. Özçelik, O. Sa˘gdıç and M. Certel. 2005. Sourdough bread production with lactobacilli and S. cerevisiae

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]

isolated from sourdoughs. Proc. Biochem. 40: 691–697.
11. Katina, K. 2005. Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. VTT Biotechnology. VTT Technical Research Centre of Finland, VTT 569: 13-41, 53-75.
12. Katina, K., R. L. Heinio¨, K. Autio and K. Poutanen. 2006. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. LWT 39: 1189–1202.
13. Katina, K., M. Salmenkallio-Marttila, R. Partanen, P. Forssell and K. Autio. 2006. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. LWT 39: 479–491.
14. Kim, J. H., T. Maeda and N. Morita. 2005. Application of Polished-Graded Wheat Grains for Sourdough Bread. Cereal Chem. 82(2): 144–151.
15. Lacaze, G., M. Wick and S. Cappelle. 2007. Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdoughs. Food Microbiol. 24(2): 155-160.
16. Meignen, B., B. Onno, P. Ge¨ linas, M. Infantes, S. Guilois and B.Cahagnier. 2001. Optimization of sourdough fermentation with Lactobacillus brevis and baker's yeast. Food Microbiol. 18: 239-245.
17. Paramithiotis, S., S. Gioulatos, E. Tsakalidou and G. Kalantzopoulos. 2006. Interactions between Saccharomyces Cerevisiae and lactic acid bacteria in sourdough. Proc. Biochem. 41(12): 2429-2433.
18. Thiele, C. 2003. Hydrolysis of gluten and the formation of flavor precursors during sourdough fermentation. T. U. M. pp: 93-111.
19. Thiele, C., M. G. Gänzle and R. F. Vogel. 2002. Contribution of sourdough lactobacilli, yeast and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavour. Cereal Chem. 79: 45-51.
20. Wagner, S. C. 2005. Producing sourdough breads to illustrate the use of industrial microorganisms. The Am. Biol. Teachnol. 67(2): 96-101 .
21. Zotta, T., A. Ricciardi and E. Parente. 2007. Enzymatic activities of lactic acid bacteria isolated from Cornetto di Matera sourdoughs. Intl. J. Food Microbiol. 115: 165–172.
22. Standards of flat Barbari bread. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI number 5809.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-13]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.4.2]