مجله پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۰/۳ شماره ۲/ سال ۸۹

اثر روش « اسفنج و خمیر» و روش « مستقیم » تهیه خمیر بر خواص خمیر و کیفیت نان قالبی

نیلوفر خراسانچی[۱]، سیدهادی پیغمبردوست[۲*]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
* مسئول مکاتبه: E-mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

تخمیر خودبه‌خودی بر پایه فلور طبیعی آرد، قدیمی‌ترین روش کاربردی برای تهیه خمیرترش است. برای کاهش تنوع و بی‌ثباتی خمیرترش، استفاده از کشت‌های آغازگر برای تولید خمیرترش گسترش پیدا کرده است. امروزه از طریق آماده-سازی تجاری نژادهای باکتری‌های اسید لاکتیک به صورت تک نژادی یا مخلوطی از چندین نژاد می‌توان نانی با استاندارد بالا و کیفیت ثابت تولید کرد. در این پژوهش روش دومرحله‌ای تهیه خمیر یا روش "اسفنج و خمیر" با استفاده از آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری در مقایسه با روش تک‌مرحله‌ای تهیه خمیر یا روش "مستقیم" مقایسه و اثرات آن‌ها بر خواص خمیر و کیفیت نان قالبی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی در روش دومرحله‌ای، pH خمیر کاهش و اسیدیته قابل تیتراسیون آن افزایش نشان داد. میزان pH نان‌های تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای به‌طور معنی-داری بالاتر و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون آنها نیز پایین‌تر از نان‌های تهیه شده با روش دومرحله‌ای بود. حجم و ارتفاع نان تهیه شده در روش تک‌مرحله‌ای بیشتر از روش دومرحله‌ای بود، اما نان‌های تهیه شده با روش دومرحله‌ای حاوی رطوبت بیشتری بودند. در طی دوره نگهداری تفاوت معنی‌داری از لحاظ امتیاز حسی بین نان‌های حاصل از دو نوع روش مورد بررسی در تهیه خمیر دیده نشد. همچنین نان تهیه شده به روش تک‌مرحله‌ای در همه روزهای نگهداری نرم‌تر بود و نرخ بیاتی کمتری را به خود اختصاص داد. این امر در حالی است که کپک‌زدگی در نان تهیه شده با روش دومرحله‌ای نسبت به نان تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای به طور قابل ملاحظه‌ای به تأخیر افتاد.

کلمات کلیدی: خمیر، روش، اسفنج، مستقیم، نان، کیفیت

Effect of "Sponge-and-Dough" and "Straight" Dough Preparation Methods on Dough Properties and the Quality of Pan Bread

N Khorasanchi [1] and SH Peighambardoust [2*]

Received: 5 February, 2010 Accepted: 26 December, 2010
[1] MSc Graduated, Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
[2] Associate Prof., Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
* Corresponding author: E-mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract
Natural fermentation based on the inherent flour microflora is an ancient sourdough making process. Nowadays, selected starter cultures are used to provide quality consistency in the sourdough making process. In this study, the effects of two-stage or sponge-and-dough process using L. reuteri starter culture versus single-stage or straight dough processes on the properties of resulting dough and bread were assessed. In general, the sponge-and dough process led to lower pH and higher total titrable acidity in the resulting dough. The straight dough process resulted in breads with significantly higher pH and lower total titrable acidity than those of sponge-and-dough process. Loaf volume and bread height was increased when straight dough method was applied. However, bread moisture content remained higher for sponge-and dough process. There was no significant difference between sensory scores of breads prepared from both dough making processes. Nevertheless, sponge-and-dough process resulted in softer breads with low staling rate. Moreover, sponge-and-dough breads showed better shelf life with delayed mold growth.

Key words: Dough, Sponge, Straight, Bread, Quality

مقدمه

تخمیر خمیرترش یک فرآیند سنتی جهت بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی، ارزش تغذیه‌ای و زمان ماندگاری نان می باشد (گرز و همکاران ۲۰۰۸). باکتری-های اسید لاکتیک نقش کلیدی در فرآیند تخمیر خمیرترش برعهده دارند. این میکروارگانیسم‌ها، 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 قارچ‌ها باعث افزایش زمان ماندگاری نان می شوند (رحمان و همکاران ۲۰۰۷). در طول فرآیند تخمیر خمیرترش، میکروارگانیسم‌های موجود در آن با تولید متابولیت‌هایی باعث نرمی بافت و قابلیت جویدن بهتر نان می‌شوند (رجب‌زاده ۱۳۷۲). تولید صنعتی مخمر نانوایی توسط ماتنر[1] در سال ۱۸٤٦ میلادی منجر به کاهش استفاده از خمیرترش به منظور ایجاد حجم در نان گردید، البته بسیاری از نانواها تا ابتدای قرن بیستم از خمیرترش به دلیل ارزان بودن در تولید نان استفاده می-کردند. اولین کشت آغازگر خمیرترش درحدود سال ۱۹۱۰ میلادی در نانوایی‌ها عرضه شد. این کشت آغازگر به صورت تازه و هر هفته تهیه و در اختیار نانواها قرار می‌گرفت تا کیفیت نان تولیدی و کارایی تولید خمیرترش را ثابت نگه دارد (براندت ۲۰۰۷). در روش دومرحله‌ای تهیه خمیر یا استفاده از خمیر ترش شل، ابتدا قسمتی از آرد و آب با تمام مخمر برای تهیه اسفنج[2] مخلوط شده و به مدت یک شب اجازه تخمیر به آن داده می‌شود. اسفنج تهیه شده با بقیه آرد، آب و نمک برای رسیدن به یک

[1] Mautner
[2] Sponge

قوام مناسب مخلوط می‌گردد و سپس زمان کوتاهی برای تخمیر قبل از پخت داده می‌شود. نان تهیه شده با این روش دارای کیفیت مطلوبی است که به علت باکتری-های موجود در خمیرترش می‌باشد که همراه با فلور طبیعی آرد وارد خمیر شده است (برومر و لورنز ۱۹۹۱). با پیشرفت تکنولوژی و ابداع میکسرهای دور تند و استفاده از طیف گسترده‌ای از مواد بهبود دهنده پخت و بنا به ضرورت تولید در زمان کوتاه‌تر برای صرفه اقتصادی بیشتر، استفاده از روش تک‌مرحله‌ای جایگزین روش دومرحله‌ای گردید. روش مستقیم یا تک‌مرحله‌ای روشی نوین و متکی برکار مکانیکی ماشین‌آلات فرآورش خمیر می‌باشد که تمام مواد اولیه همزمان با یکدیگر مخلوط شده و در زمان کوتاه‌تری به محصول نهایی تبدیل می‌گردند. در این راه، نانوا بسیاری از مزایای تخمیر دومرحله‌ای نظیر بهبود خواص حسی، بهبود الاستیسیته و ایجاد خلل و فرج ریز در بافت داخلی نان، طولانی شدن زمان ماندگاری و به تعویق افتادن بیاتی نان و در نتیجه کاهش ضایعات را از دست می‌دهد. میکروارگانیسم‌های گروه تخمیر علاوه بر مخمرها، باکتری‌های اسید لاکتیک (LAB)[1] هستند که به ترتیب مسئول ورآوردن و اسیدی کردن خمیر می‌باشند (تویوساکی ۲۰۰۷). باکتری‌های اسید لاکتیک موجود در خمیرترش می‌توانند از فلور طبیعی آرد، محصولات لبنی و یا از آغازگرهای تجاری نشأت گرفته باشند (وویست و نی‌سنس ۲۰۰۵). تخمیر خودبه‌خودی بر پایه فلور طبیعی آرد، قدیمی‌ترین روش کاربردی برای تهیه خمیرترش است. افزودن قسمتی از خمیرترش رسیده از کشت قبلی به کشت جدید و تکثیر مداوم آن، یکی دیگر از روش‌های تهیه خمیرترش است که بدین ترتیب حاوی آغازگر می‌شود (اسپیشر ۱۹۸۳). برای کاهش تنوع و بی ثباتی خمیرترش، استفاده از کشت‌های آغازگر برای تولید خمیرترش گسترش پیدا کرده است. امروزه از طریق آماده‌سازی تجاری نژادهای باکتری‌های اسید لاکتیک به صورت تک نژادی یا مخلوطی از چندین نژاد می‌توان نانی با استاندارد بالا و کیفیت ثابت تولید کرد (هامس ۱۹۹۰).

هدف پژوهش حاضر مقایسه روش دومرحله‌ای با روش تک‌مرحله‌ای در تهیه خمیر و بررسی اثرات آن روی خواص خمیر و کیفیت نان قالبی تهیه شده می باشد.

مواد و روش‌ها

آرد گندم

آرد حاصله از مخلوط گندم‌های داخلی با کیفیت نانوایی خوب از شرکت آرد اطهر مراغه خریداری گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمایی آرد مزبور شامل رطوبت، خاکستر، پروتئین، گلوتن مرطوب و خواص فارینوگرفی با استفاده از روش‌های مصوب AACC به ترتیب به شماره های ۱۶-۴۴، ۰۷-۰۸، ۱۰-۴۶، ۱۱-۳۸، ۲۱-۵۴ و عدد فالینگ (فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز) با روش ICC به شماره ۱۰۷ انجام شد.

کشت آغازگر

آماده‌سازی سویه باکتریایی

باکتری لاکتوباسیلوس روتری ATCC ۱۶۵۵ (باکتری هتروفرمنتاتیو اجباری) به صورت آمپول لیوفیلیزه از مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی و عفونی ایران (PTCC)[2] تهیه شد. محیط کشت MRS broth آماده و اتوکلاو گردید. آمپول لیوفیلیزه در زیر هود بیولوژیک شکسته و باکتری در شرایط استریل به محیط کشت آماده، تلقیح و در دمای ۳۷°C به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری شد.

تهیه استوک

کشت باکتریایی ۲۴ ساعته (در محیط کشت broth MRS) در ویال‌های ۱/۵ میلی لیتری حاوی ۲۵ درصد گلیسرول و ۲۵ درصد Skim Milk (غلظت ۲۰ درصد

[1] Lactic Acid Bacteria

[2] Persian Type Culture Collection

وزنی حجمی) مخلوط و با استفاده از دستگاه ورتکس به خوبی یکنواخت گردید. استوک آماده شده در دمای ۸۰°C- نگهداری شد.

تهیه سوسپانسیون باکتریایی برای تلقیح به خمیرترش

قبل از تلقیح خمیرترش، LAB از محیط انجمادی مایع، دو بار در محیط کشت MRS broth کشت داده شد و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰°C به مدت ۲٤ ساعت انجام شد تا سلول‌ها کاملاً فعال شدند. میزان مایه تلقیح باکتریایی 10^7 CFU در یک گرم خمیرترش بود. برای آماده‌سازی مایه تلقیح اولیه، حجم مورد نیاز از کشت باکتریایی لاکتوباسیلوس روتری در دور g ۸۰۰۰ و به مدت۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در پایان باکتری ته نشین شده با استفاده از آب مقطر استریل شستشو داده و به سوبسترای خمیر اولیه اضافه شد.

تهیه و تخمیر نمونه خمیرترش

نمونه خمیرترش با استفاده از کشت باکتریایی فعال لاکتوباسیلوس روتری به عنوان آغازگر تهیه شد. سوبسترای تشکیل شده از آرد و آب با راندمان خمیر برابر ۳۰۰ با آغازگر اشاره شده به میزان 10^7 باکتری به ازای هر گرم خمیر، تلقیح شد. عملیات تخمیر در فرمنتور New Brunswick Scientific در دمای ۳۷°C (گاجیانو و همکاران ۲۰۰۷) با دور همزن ۳۰۰ rpm تا رسیدن به pH=٤/۳۳ انجام شد.

تهیه خمیر و پخت نان

برای تهیه خمیر نان بر پایه ۱۰۰ گرم آرد از فرمول ذیل استفاده شد: آرد (۱۰۰ گرم)، آب (۵۵/۵ میلی لیتر)، نمک (۱/۵ گرم)، مخمر نانوایی ساکارومایسس سرویزیه (۲ گرم)، بهبوددهنده (۱ گرم) و شکر (۱ گرم). نمونه‌های نان حاوی خمیرترش، با افزودن مقدار ۲۰ درصد خمیرترش (بر مبنای وزن آرد) (گوسمن و همکاران ۲۰۰۷) به خمیر نان بر اساس روش دومرحله‌ای تهیه شدند. مقدار آب مورد نیاز با دستگاه فارینوگراف تعیین گردید. مواد اولیه در مخلوط کن سیاره‌ای ساخت شرکت سپه کار اصفهان با ظرفیت کاری ۱۰ کیلوگرم، مخلوط شدند. برای انجام این کار از دنده شماره ۱ با سرعت ٦۰ دور در دقیقه استفاده شد. مخلوط کردن به مدت ۳ دقیقه در دمای محیط انجام شد. نان تک‌مرحله‌ای بدون تلقیح خمیرترش، توسط مخمر نانوایی آماده شد و تمام مواد به‌صورت یکجا با یکدیگر مخلوط شدند. میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون بلافاصله بعد از تهیه خمیر و همچنین بعد از تخمیر و بلافاصله قبل از پخت اندازه-گیری شد (بستتی ۲۰۰۱). تخمیر اولیه در محفظه تخمیر با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۳۰°C به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. خمیرها به چانه‌های ۵۰ گرمی تقسیم شده و در قالب‌های با ابعاد ٤ ۳/۵ ۸/۵ سانتی متر قرار داده شدند. تخمیر نهایی به مدت ٤۰ دقیقه در محفظه تخمیر با دمای ۳۰°C و رطوبت نسبی ۸۰ درصد صورت گرفت. سپس بخارزنی چند ثانیه‌ای صورت گرفت و پخت در دمای ۱۸۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. نان تولید شده پس از خنک شدن کامل در کیسه های پلی اتیلنی در بسته در دمای آزمایشگاه تا انالیزهای بعدی نگهداری گردید.

آزمون‌های فیزیکی نان

برای ارزیابی کیفیت نان، آزمون‌های اندازه‌گیری حجم به روش جابه‌جایی دانه کلزا (AACC۱۰-۰۵)، اندازه‌گیری ارتفاع و همچنین رطوبت (پیازا و مسی ۱۹۹۵) انجام شد. میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (بستتی ۲۰۰۱) نان نیز اندازه‌گیری شد. آزمون سفتی مغز نان توسط اینسترون (AACC۷٤-۰۹) و همچنین ارزیابی حسی در طی ٤ روز (روزهای صفر، ۱، ۲ و ۳) نگهداری در مای آزمایشگاه انجام گردیدند. برای ارزیابی کیفیت نان ده نفر ارزیاب آموزش دیده، خصوصیات مورد نظر را مورد ارزیابی قرار دادند. به عبارت دیگر، در مواردی که هدف تعیین میزان تفاوت و شدت صفت می‌باشد از افراد

آموزش دیده که در اصطلاح "هیئت داوران" نامیده می-شوند، بهره گرفته می‌شود. در این مطالعه از روش امتیازدهی یک ویژگی، از نوع آزمون محصول‌گرا استفاده شد. جهت تعیین نمره ارزیابی حسی، از روش امتیازدهی (جدول ۱) استفاده و ضرایب ارزشیابی برای صفات تعریف و امتیاز نهایی نان محاسبه شد. همچنین قطعات برش یافته نان پس از خنک شدن در دمای ۲۵°C گرمخانه‌گذاری شدند. زمان لازم جهت ظهور کلونی‌های کپک روی نان به عنوان زمان ماندگاری ثبت گردید.

آنالیز آماری

در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام گرفت. صفات خمیر شامل میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون و صفات نان شامل مقدار pH، اسیدیته قابل تیتراسیون، حجم، ارتفاع، سفتی و رطوبت با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با رویه GLM[1] و نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. آنالیز آماری صفات ارزیابی حسی در این تحقیق با روش لاتریل و همکاران (۲۰۰۶) بر اساس مدل خطی مختلط (MLM)[2] انجام گردید. روش مدل خطی مختلط هنگامی استفاده می‌شود که یک متغیر در طول زمان یا تحت شرایط مختلف آزمایشی، توسط یک نفر مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. با این روش می-توان اثر تیمار را بررسی نموده و تنوع بین و داخل اعضا ارزیابی حسی را به دست آورد. محاسبات با نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. کنترل کپک‌زدگی نان با رویه Life Test نرم افزار SAS توسط دو آزمون به نام Log-Rank و Wilcoxon مورد آزمون قرار گرفت. برای تعیین میزان همبستگی و رگرسیون به ترتیب از رویه Corr و Reg نرم‌افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های رئولوژیکی آرد

ترکیب شیمیایی و خواص رئولوژیکی آرد مصرفی در جدول ۲ نشان داده شده است. ارزیابی ترکیب شیمیایی نشان داد که آرد مصرفی از نوع آردهایی است که دارای درصد گلوتن مرطوب و پروتئین نسبتاً بالایی است. همچنین ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی، درصد جذب تقریباً بالای آب را توسط آرد نشان داد. مقدار جذب آب تابع عوامل مختلفی است که مهمترین آن‌ها مقدار پروتئین و درجه استخراج آرد است. بنابراین هر قدر میزان پروتئین و درجه استخراج آرد بالاتر باشد، مقدار جذب آب هم افزایش می‌یابد. میزان زمان گسترش و ثبات مقاومت خمیر همچنین میزان نرم شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه مخلوط شدن، حاکی از قوت نسبی خمیر بود. عدد فالینگ آرد مصرفی بسیار بالا بود، که می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فعالیت آمیلازی آن بسیار پایین بوده و خطر کوچک شدن و کاهش حجم و سفت شدن نان حاصل به دلیل عدم وجود قندهای قابل تخمیر به مقدار زیاد، وجود دارد.

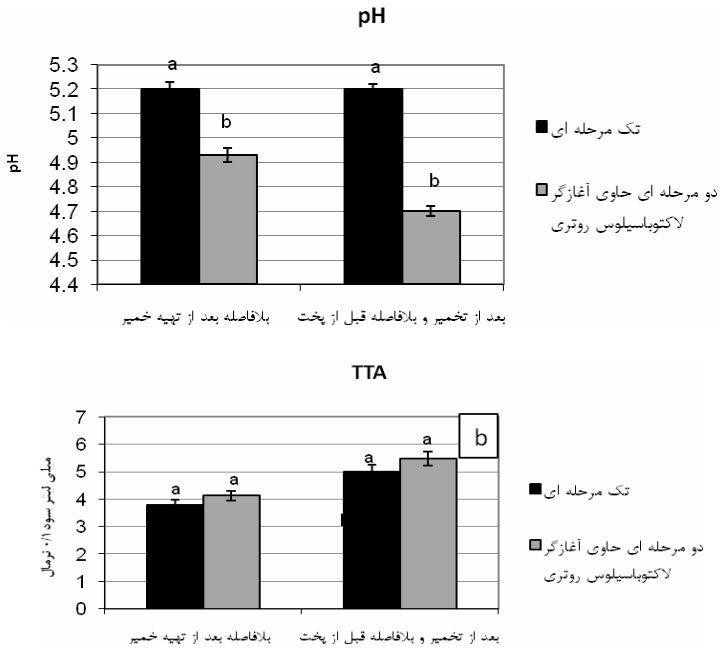
[1] General Linear Model
[2] Mixed Linear Model

جدول ۱- فرم ارزیابی حسی نان

ویژگی	نام ارزیاب		تاریخ ارزیابی					ضرایب
رنگ پوسته	طلایی پر رنگ	۵	٤	۳	۲	۱	رنگ پریده	۱
رنگ بافت	کرمی	۵	٤	۳	۲	۱	رنگ پریده	۱
خاصیت ارتجاعی	ارتجاعی	۵	٤	۳	۲	۱	عدم ارتجاعی	۲
تخلخل	متخلخل	۵	٤	۳	۲	۱	عدم تخلخل	۲
نرمی بافت	نرم	۵	٤	۳	۲	۱	سفت	٤
طعم اسیدی	عدم طعم اسیدی	۵	٤	۳	۲	۱	اسیدی	۳
قابلیت جویدن (احساس دهانی)	مطلوب	۵	٤	۳	۲	۱	ضعیف	۳
نمره نهایی نان	نمره نهایی = مجموع امتیازات حسی بدست آمده تقسیم بر مجموع ضرایب							

جدول ۲- خواص شیمیایی و رئولوژیکی آرد مصرفی

رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	گلوتن مرطوب (٪)	پروتئین خام (٪)	عدد فالینگ (ثانیه)	جذب آب (٪)	ویژگی‌های فارینوگرافی		
						زمان گسترش خمیر (دقیقه)	زمان ثبات خمیر (دقیقه)	درجه نرم شدن پس از ۱۰ دقیقه (واحد برابندر)
۱۱/۸۸	۰/۸۸	۲۹/۹۰	۱۱/۵	٤۱۱	۵۵/۵	۲/۲	٦/٤	۵٤



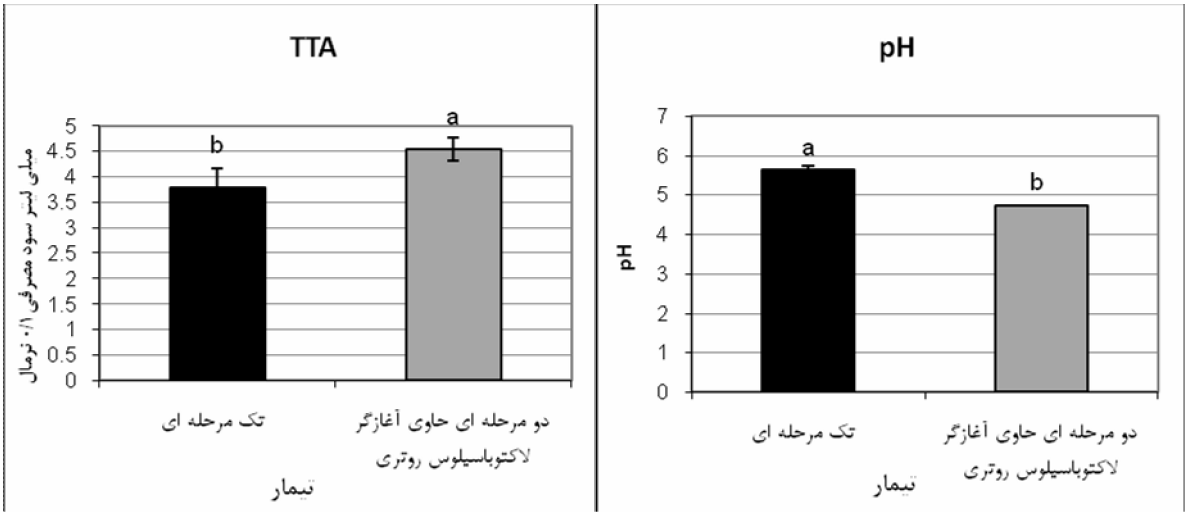
شکل ۱ میزان pH (a) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TTA) (b) درخمیر بلافاصله بعد از تهیه و بعد از تخمیر و بلافاصله قبل از پخت تهیه شده از تیمارهای متفاوت. ستون‌های با حروف لاتین غیرمشابه، حداقل در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون خمیر و نان

خمیرترش حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری جهت آماده‌سازی خمیر به روش دومرحله‌ای مورد استفاده قرار گرفت و تهیه خمیر به روش تک‌مرحله‌ای بر اساس روش صنعتی تهیه آن و بدون افزودن خمیرترش انجام گرفت. تغییرات میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون خمیر بلافاصله بعد از تهیه و نیز بعد از تخمیر و بلافاصله قبل از پخت با توجه به روش‌های مختلف تهیه خمیر در شکل ۱ نشان داده شده است.

همان‌طور که انتظار می‌رفت خمیر تهیه شده به روش مستقیم بلافاصله بعد از تهیه، بالاترین pH و کمترین اسیدیته قابل تیتراسیون را نشان داد، علت این امر عدم تولید اسیدهای آلی به میزان لازم در طی فرآیند تخمیر است. همان‌طور که در شکل ۱-الف مشاهده می‌شود، در انتهای فرآیند تخمیر و بلافاصله قبل از پخت، میزان pH در خمیر تهیه شده به روش دو مرحله‌ای حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از خمیر تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای بود. علت این امر می‌تواند بالاتر بودن نرخ تولید اسید در تیمارحاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری باشد.

شکل ۲ میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون نان‌های تهیه شده با روش‌های مختلف مخلوط کردن را نشان می‌دهد.



شکل ۲. میزان pH (شکل الف) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TTA) (شکل ب) در نان‌های تهیه شده با روشهای مخلوط کردن متفاوت. حروف لاتین غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

pH نان تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای۵/۶۳ بود که به‌طور معنی‌داری بالاتر و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون آن نیز پایین‌تر از نان حاصل از روش دومرحله‌ای بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود نان حاصل از روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری به‌طور معنی‌داری میزان pH پایین‌تر (٤/٧٣) و اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری (٤/٥٣) را نسبت به نان حاصل از روش تک‌مرحله‌ای نشان داد که علت آن به دلیل فعالیت بالای لاکتوباسیلوس تلقیحی به خمیرترش و تولید اسیدهای آلی شامل اسید استیک و اسید لاکتیک نسبت به خمیر تهیه شده به روش تک‌مرحله‌ای می‌باشد.

ویژگی‌های فیزیکی نان

در جدول ۳ نتایج حاصل از مقایسه میانگین ویژگی‌های نان آورده شده است.

همان‌طور که در شکل ۳-الف مشاهده می‌شود حجم نان در تیمار تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای ۲۲٤/۱۱ سانتیمتر مکعب بود که به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$)

بیشتر از حجم نان بدست آمده از روش دومرحله‌ای می-باشد. در اکثر مطالعات استفاده از خمیرترش و تهیه خمیر به‌صورت دومرحله‌ای به عنوان عاملی برای افزایش حجم نان گزارش گردیده است، اگرچه یافته‌هایی نیز بر خلاف آن منتشر شده است (رابرت و همکاران ۲۰۰٦). هاگمن و سالووارا (۲۰۰۸) عنوان کردند فعالیت مخمر ساکارومایسس سرویزیه برای عمل‌آوری خمیر در حضور باکتری‌های اسید لاکتیکی ۲۰ الی ۳۵ درصد کاهش یافت. همچنین این محققین عنوان کردند که نوع آغازگر تفاوت معنی‌داری در میزان حجم نان‌های تهیه شده از خمیرترش ایجاد نکرد

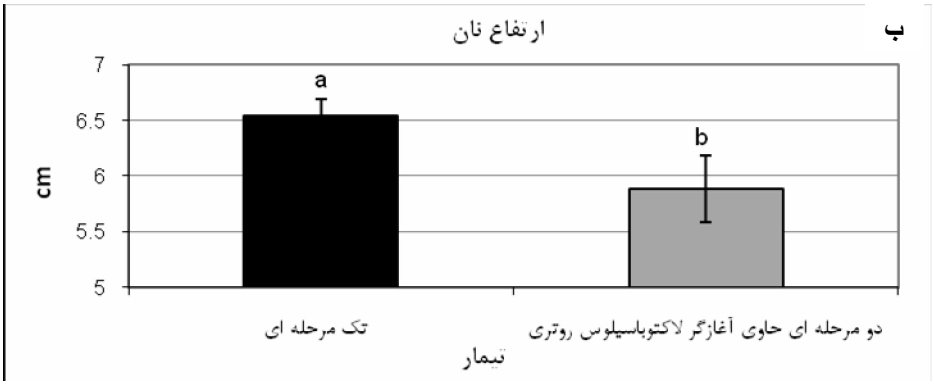
جدول ۳. تأثیر روش های تک مرحله ای و دو مرحله ای روی ویژگی های فیزیکی نان قالبی

تیمار	ویژگی‌های فیزیکی نان		
	حجم (cm^3)	ارتفاع (cm)	رطوبت (٪)
تک‌مرحله‌ای	$۲۲٤/۱۱^{a} \pm ۸/۸۲$	$٦/٥٤^{a} \pm ۰/۱٥$	$۳۱/۱٤^{b} \pm ۰/۰۱$
دومرحله‌ای حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری	$۲۰۲/٤٤^{b} \pm ۷/۷٦$	$٥/۸۸^{b} \pm ۰/۱۷$	$۳۲/۲۸^{a} \pm ۰/۱۳$

اعداد جدول میانگین اندازه گیری ها ± انحراف معیار می باشند. حروف لاتین غیرمشابه در هر ستون، حداقل در سطح احتمال ٥ درصد دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

هامس و گنزل (۱۹۹۸) عنوان کردند هنگام استفاده از مخمر، تشکیل گاز به‌وسیله میکروفلورای خمیرترش اهمیت کمتری دارد. در این مطالعه انتظار می‌رفت نان تهیه شده از خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس روتری (هتروفرمنتاتیو) به دلیل تولید گاز دی‌اکسید کربن بیشترین حجم را نشان دهد. در این رابطه قابلیت نگهداری گاز ممکن است تحت تأثیر قرار گرفته باشد که این نتایج مطابق با یافته‌های کلارک و همکاران (۲۰۰۲) است.

همچنین احتمالاً کاهش pH به دلیل تولید اسیدهای آلی باعث فعال شدن آنزیم‌های پروتئاز آرد می‌شود که این امر تجزیه پروتئینی زیرواحدهای گلوتن را در پی داشته و موجب تضعیف شبکه گلوتنی می‌گردد که در نتیجه قابلیت نگهداری گاز توسط آن کاهش می‌یابد



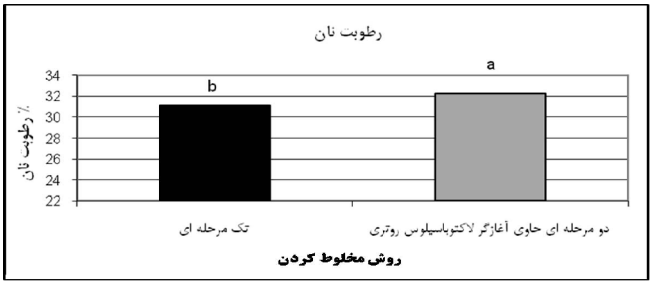
شکل ۳- حجم (الف) و ارتفاع (ب) نان‌های تهیه شده از روش‌های مختلف تهیه خمیر. حروف لاتین غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

ارتفاع نان (شکل ۳-ب) تولید شده با روش تک‌مرحله‌ای نیز به‌طور معنی داری بیشتر از نان‌های حاصل از روش دومرحله‌ای بود که مطابق با داده‌های حاصل از حجم می‌باشد. در این مطالعه ضریب همبستگی بالایی بین دو ویژگی حجم و ارتفاع نان دیده شد (ρ=۰/۰۰۰۱، r=۰/۸۱).

رطوبت یکی از ویژگی‌های کیفی نان است که بر بیاتی و زمان ماندگاری محصول تأثیر دارد. همان‌طور که در شکل ٤ ملاحظه می‌شود بیشترین میزان رطوبت نان مربوط به تیمار تهیه شده با روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری بود. نمونه‌های نان تهیه شده با روش‌های مختلف، در پایان خنک کردن محتوای رطوبت متفاوتی را نشان دادند. این امر احتمالاً به دلیل تفاوت در میزان جذب و قابلیت نگهداری آب توسط اجزاء تشکیل دهنده نان تهیه شده از خمیرترش (روش دومرحله‌ای) می باشد (کالپ و همکاران ۱۹۸۵). احتمال تولید دکسترین های با وزن ملکولی بالا و اگزوپلی ساکاریدهای مختلف در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌های خمیرترش می تواند بر توانایی حفظ آب مؤثر باشد. این امر باعث گردیده تا محتوای رطوبتی نان‌های تولید شده با روش دومرحله‌ای نسبت به روش تک مرحله‌ای (با دوره تخمیر کوتاه) بالاتر باشد (پیازا و مسی ۱۹۹۵، کرستی ۱۹۹۸، تایکینگ و همکاران ۲۰۰۳).

ارزیابی حسی نان

امتیاز کلی ارزیابی حسی (شدت رنگ پوسته، رنگ بافت، خاصیت ارتجاعی، تخلخل، نرمی بافت، طعم اسیدی و قابلیت جویدن) نان‌های حاصله در تیمارهای مورد بررسی در طول دوره نگهداری کاهش یافت



شکل ۴. رطوبت نان‌های تهیه شده به روشهای مختلف تهیه خمیر. حروف لاتین غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

شکل ۵. میانگین امتیازات ارزیابی حسی نان در دوره نگهداری (در دمای آزمایشگاه). ستون‌های با حروف لاتین مشابه مربوط به روزهای یکسان در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در طی دوره نگهداری نان‌ها، تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارزیابی حسی بین تیمارها در روزهای یکسان نگهداری دیده نشد. عدم مشاهده تفاوت در طی نگهداری در صفات ارزیابی حسی بین تیمار تهیه شده به روش تک‌مرحله‌ای و تیمار تهیه شده با خمیرترش و آماده شده با روش دومرحله‌ای، می‌تواند به دلیل عدم توانایی ارزیاب‌ها در تشخیص تفاوت‌های ناچیز و جزئی در ویژگی‌های حسی در این تیمارها باشد. به‌طور کلی ارزیابی ویژگی حسی نان‌های تهیه شده از این دو تیمار نشان داد با وجود پایین بودن میزان مواد مولد عطر و طعم در نان‌های تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای، این نان به دلیل داشتن بافت مطلوب، از نظر ویژگی‌های حسی تفاوت معنی‌داری با نان‌های حاصل از روش دومرحله‌ای ندارد. نتیجه حاصل از رگرسیون خطی بین صفت مقبولیت و خصوصیات حسی نان در رابطه زیر آمده است.

مقبولیت کلی = ۰/۸۰− + ۰/۱۳ رنگ بافت +/۳۷ تخلخل +
۰/۱ + طعم اسیدی ۰/۵۳ + نرمی

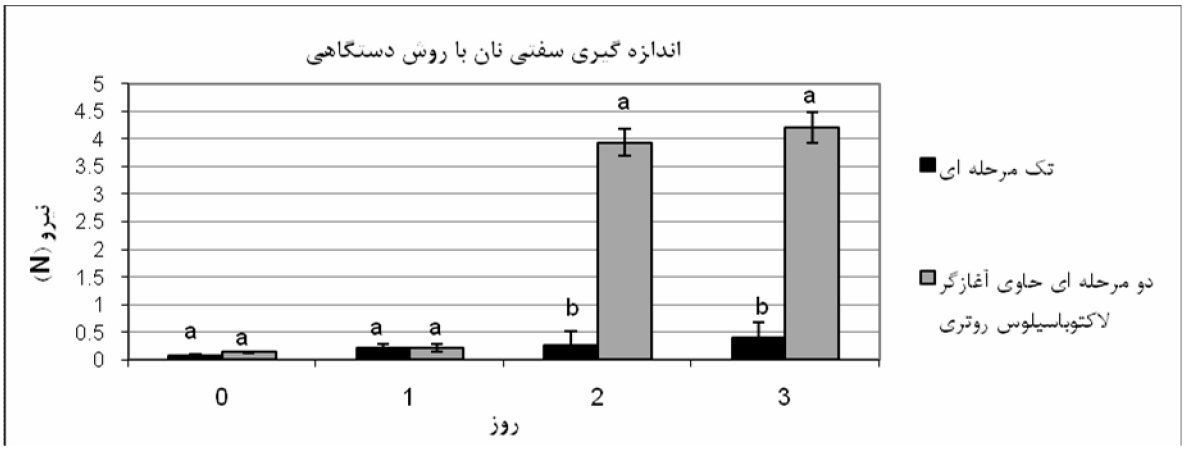
همان‌طور که مشاهده می‌شود در این مطالعه صفت نرمی ضریب بیشتری در معادله فوق به خود اختصاص داده است لذا یک صفت مؤثر در مقبولیت کلی نان بشمار می‌رود. این امر مبین این مطلب است که ارزیابان صفت نرمی را به عنوان یک فاکتور مهم در کیفیت محصول نانوایی انتخاب می‌کنند.

ارزیابی دستگاهی سفتی بافت مغز نان

شکل ٦ نتایج حاصل از آزمون اندازه‌گیری سفتی مغز نان با دستگاه اینستران در مورد نان‌های تهیه شده از تیمارهای متفاوت در روزهای مختلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نیروی لازم برای فشردن نان‌ها که معیاری از سفت شدن آن‌ها و بیاتی مغز نان طی زمان است، با گذشت زمان زیاد شد.

در طی دوره نگهداری کمترین میزان بیاتی را ، نان‌های حاصل از خمیر تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای نشان دادند و نان‌های تهیه شده با روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری بیاتی بیشتری را به خود اختصاص دادند. همان‌طور که دیده می‌شود در روز صفر (پس از پخت) و یک نگهداری تفاوت معنی-داری بین دو روش تهیه خمیر وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$). در روز دو و سه نگهداری تفاوت معنی داری بین دو روش مورد بررسی دیده شد و نان‌های تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای نسبت به روش دومرحله‌ای نرم‌تر بودند ($P < ۰/۰۵$). احتمالاً حجم کمتر نان‌های حاصل از تیمار دومرحله‌ای ناشی از اثر منفی اسیدهای آلی تولید شده در حین فرآیند تخمیر بر فعالیت مخمر نانوایی،

می تواند دلیل این امر باشد. نان‌های با حجم بیشتر، دارای بافت نرم‌تری بودند که در توافق با یافته های ملکی و همکاران (۱۹۸۰) بود.



شکل ۶. مقایسه میانگین سفتی مغز نان در دوره نگهداری (در دمای اتاق). ستون‌های با حروف لاتین مشابه مربوط به روزهای یکسان در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

به‌طور کلی نتایج حاصل از اندازه‌گیری سفتی مغز نان نشان داد که افزودن خمیرترش و آماده‌سازی خمیر به روش دومرحله‌ای باعث گردید تا سفتی مغز نان افزایش یابد در صورتی‌که نان بدون خمیرترش و تهیه شده به روش تک‌مرحله‌ای در همه روزهای نگهداری نرم بود. علت این امر را می‌توان به عدم تولید اسیدهای آلی مهار کننده فعالیت عمل‌آوری مخمر نانوایی در روش تک-مرحله‌ای نسبت داد. نتایج به دست آمده مغایر با یافته های کورستی و همکاران (۱۹۹۸a) بود.

کنترل کپک‌زدگی در نان

در جدول ٤ زمان ماندگاری نان‌های حاصل از تیمارهای مختلف آورده شده است. شروع کپک زدگی در نان تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای سریع‌تر بود و پس از ٤ روز دچار کپک‌زدگی شد.

جدول ۴. زمان ماندگاری نان‌های حاصل از تیمارهای متفاوت

تیمار	تک‌مرحله‌ای	دومرحله‌ای حاوی آغازگر لاکتوباسیلوس روتری
زمان ماندگاری (روز)	٤	۱۳

تیمار تهیه شده با روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری نسبت به تیمار تهیه با وجود محتوای بالای رطوبت نان‌های حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری این تیمار زمان ماندگاری طولانی‌تری نسبت به تیمار تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای نشان داد، این امر را می‌توان به pH پایین‌تر شده به روش تک‌مرحله‌ای دارای زمان ماندگاری طولانی‌تری (۱۳ روز) بود و دیرتر کپک زد. به‌طور کلی نان‌های تهیه شده از خمیرترش نسبت به تیمارهای تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای نسبت داد. همچنین تولید ترکیبات باکتریوسین و ضد کپک در طی فرآیند تخمیر توسط باکتری‌های اسید لاکتیک می‌تواند از دلایل تأخیر

کپک‌زدگی در نان‌های تهیه شده با خمیرترش باشد. اسید استیک ترکیب اصلی ضد میکروبی در خمیرترش می‌باشد که توسط باکتری لاکتوباسیلوس روتری (هتروفرمنتاتیو اجباری) در مقادیر بالا تولید می‌شود. اسید لاکتیک تولید شده در طی فرآیند تخمیر باعث کاهش pH شده و بدین وسیله درصد اسید استیک غیر یونیزه افزایش یافته (راسن کوییست و هنسن ۱۹۹۸) که بدین ترتیب وارد سیتوپلاسم میکروارگانیسم عامل فساد شده و اسیدی شدن سیتوزول را موجب می‌گردد.

نتیجه‌گیری

میزان pH در نان‌های تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای به‌طور معنی‌داری بالاتر و میزان اسیدیته قابل تیتراسیون نیز پایین‌تر از نان‌های تهیه شده با روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری بود. میزان حجم و ارتفاع نان‌های تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای بیشتر و رطوبت نان حاصل از روش دومرحله‌ای بود. در طی دوره نگهداری، تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارزیابی حسی بین نان‌های حاصل از دو روش تهیه خمیر دیده نشد. همچنین نان بدون خمیرترش و تهیه شده به روش تک‌مرحله‌ای در همه روزهای نگهداری نرم‌تر بود و نرخ بیاتی کمتری را به خود اختصاص داد. این امر در حالی است که کپک‌زدگی در نان تهیه شده از روش دومرحله‌ای حاوی آغازگر خمیرترش لاکتوباسیلوس روتری نسبت به نان تهیه شده با روش تک‌مرحله‌ای به‌طور قابل ملاحظه‌ای به تأخیر افتاد. استفاده از خمیرترش تهیه شده از یک نژاد یا مخلوطی از چندین نژاد بر خواص خمیر گندم و نان حاصل از آن اثرگذار است. اگرچه در این مطالعه استفاده از خمیرترش بر خصوصیات کیفی نان از جمله حجم و ارتفاع و نرخ بیاتی اثر مطلوبی نداشت ولی کپک‌زدگی نان را به تأخیر انداخت.

سپاسگزاری

از دانشگاه تبریز به جهت حمایت مالی و از پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی شمال‌غرب و غرب کشور به جهت همکاری در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

رجب زاده ن، ۱۳۷۲. تکنولوژی نان. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

Bastetti G, 2001. Breads produced in Italy. Part I: Sours, preferments and starters. American Institute of Baking, Technical Bulletin 23: 1-5.

Brandt MJ, 2007. Sourdough products for convenient use in baking. Food Microbiology 24: 161-164.

Bruemmer JM and Lorenz K, 1991. European development in wheat sourdoughs. Cereal Food World 36: 310-312.

Clarke CI, Schober TJ and Arendt EK, 2002. Effect of single strain and traditional mixed strain starter cultures on rheological properties of wheat dough and on bread quality. Cereal Chemistry 79: 640-647.

Corsetti A, Gobbetti M, Bolestrieri F, Paoletti F, Russi L and Rossi J, 1998. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. Journal of Food Science 63: 347-351.

Gaggiano M, Di Cagno R, De Angelis M, Arnault P, Tossut P, Fox PF and Gobbetti M, 2007. Defined multi-species semi-liquid ready-to-use sourdough starter. Food Microbiology 24: 15-24.

Gerez CL, Cuezzo S, Rollan G and Font de Valdez G, 2008. Lactobacillus reuteri CRL 1100 as starter culture for wheat dough fermentation. Food Microbiology 25: 253-259.

Gocmen D, Gurbuz O, Kumral AY, Dagdelen AF and Sahin I, 2007. The effects of wheat sourdough on glutenin patterns, dough rheology and bread properties. European Food Research and Technology 225: 821-830

Haggman M and Salovaara H, 2008. Microbial re-inoculation reveals differences in the leavening power of sourdough yeast strains. LWT - Food Science and Technology 41: 148-154.

Hammes WP and Ganzle MG, 1998. Sourdough breads and related products. 2nd ed. Microbiology of Fermented Foods, ed. BJB Woods, Vol. 2., London, Blackie Academic & professional 199-216.

Hammes WP, 1990. Bacterial starter cultures in food production Food Biotechnology 4: 383-397.

Kulp K, Chung H, Martinez-Anaya MA and Doerry W, 1985. Fermentation of water ferments on bread quality. Cereal Chemistry 62: 55-59.

Latreille J, Mauger E, Ambroisine L, Tenenhaus M, Vincent M, Navarro S and Guinot C, 2006. Measurement of the reliability of sensory panel performances. Food Quality Preference 17: 369-375.

Maleki M, Hoseney RC and Mattern PJ, 1980. Effects of loaf volume, moisture content and protein quality on the softness and staling rate of bread. Cereal Chemistry 57: 138–140.

Piazza L and Masi P, 1995. Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. Cereal Chemistry 72: 320-325.

Rehman SU, Nawaz H, Hussain S, Mushtaq Ahmad M, Anjum Murtaza M and Saeed Ahmad M, 2007. Effect of sourdough bacteria on the quality and shelf life of bread. Pakistan Journal of Nutrition 6: 562-565.

Robert H, Gabriel V, Lefebvre D, Rabier P, Vayssier Y and Fontagné-Faucher C, 2006. Study of the behaviour of Lactobacillus plantarum and Leuconostoc starters during a complete wheat sourdough breadmaking process. LWT - Food Science and Technology 39: 256-265.

Rosenquist H and Hansen A, 1998. The antimicrobial effect of organic acids, sour dough and nisin against Bacillus subtilis and B. licheniformis isolated from wheat bread. Journal of Applied Microbiology 85: 621-631.

Spicher G, 1983. Baked goods. Biotechnology, ed. H.-J. Rehm, G. Reed, and eds. Vol. 5., Weinheim: Verlag Chemie. 1-80.

Tieking M, Korakli M, Ehrmann MA, Gänzle MG, and Vogel RF. 2003. In situ production of exopolysaccharides during sourdough fermentation by cereal and intestinal isolates of lactic acid bacteria. Applied environmental Microbiology 69: 945-952.

Toyosaki T, 2007. Effects of hydroperoxide in lipid peroxidation on dough fermentation. Food Chemistry 104: 680-685.

Vuyst LD and Neysens P, 2005. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. Trends in Food Science and Technology 16: 43-56.