

اثر خمیرترش خشک شده حاوی مخلوط گونه‌های لاکتوباسیلوس بر کیفیت آرد گندم و خواص رئولوژیکی خمیر

سیده‌های پیغمبردوست^{۱*}، نرگس رئیسی کاهوری^۲ و اورنگ عیوض زاده^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۳

^۱ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین پیشوا، ورامین

^۳ استادیار دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ورامین پیشوا، ورامین

* مسئول مکاتبه: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

چکیده

یکی از مسائل مهم در رابطه با تولید نان در کشور، پائین بودن کیفیت و زمان ماندگاری آن است که منجر به ضایعات نان می‌گردد. هدف از پژوهش اخیر، خشک کردن خمیرترش حاوی سه لاکتوباسیل با روش پاششی و بررسی اثر افزودن درصد‌های مختلف از خمیرترش خشک به آرد بر خواص رئولوژیکی خمیر بود. خمیرترش تازه نوع اول حاوی باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم، کورواتوس و پارالیمنتاریوس (جداسازی شده از خمیرترش نان‌های سنتی) تهیه و با روش خشک کردن پاششی خشک گردید. پودر خمیرترش حاوی سه نوع باکتری لاکتوباسیلوس با درصد‌های ۳، ۶، ۹ و ۱۵ به آرد اضافه شد. خواص رئولوژیکی خمیر حاصله با آزمون‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف مورد بررسی قرار گرفت. همچنین فعالیت آنزیمی، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون آردهای حاصل اندازه‌گیری شد. برای انجام آزمون‌ها از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال $\alpha=95\%$ انجام گردید. نتایج نشان داد که افزودن خمیرترش خشک حاوی سه نوع آغازگر منجر به کاهش میزان pH و افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون خمیر شد و با توجه به نتایج آزمون فارینوگراف، میزان جذب آب، درجه سست شدن خمیر، عدد کیفی فارینوگراف و زمان گسترش خمیر با افزایش میزان خمیرترش، افزایش و زمان پایداری خمیر کاهش یافت. در نهایت جهت تولید نان قالبی حاوی خمیرترش خشک شده که خصوصیات رئولوژیکی مطلوب آن را نیز حفظ کند، آرد گندم حاوی ۱۵ درصد خمیرترش حاوی باکتری لاکتوباسیلوس کورواتوس پیشنهاد گردید.

واژگان کلیدی: آرد گندم، خمیرترش خشک، لاکتوباسیلوس، خشک کردن پاششی، خواص رئولوژیکی

مقدمه

خمیرترش در حقیقت خمیر حاصل از مخلوط فرآورده‌های غلات، آب و میکروارگانیزم‌های فعال است. نان تهیه شده از خمیرترش، نتیجه یک اتفاق غیرمنتظره بوده است. نانوی فرعون به دلیل فراموشی، خمیر مانده از روز قبل (ترش شده) را به خمیر تازه اضافه می‌کند و بدین ترتیب، کیفیت نان بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. در طول فرآیند تخمیر خمیرترش، میکروارگانیزم‌های موجود در خمیرترش با تولید متابولیت‌هایی باعث نرمی بافت و قابلیت جویدن بهتر نان حاصل می‌شوند. میکروارگانیزم‌های تخمیر علاوه بر مخمرها، باکتری‌های اسید لاکتیک هستند که به ترتیب مسئول وراوردن و اسیدی کردن خمیر می‌باشند (تویوساکی ۲۰۰۷). اکولوژی میکروبی خمیرترش با بیش از ۵۰ گونه از باکتری‌های اسید لاکتیک (عمدتاً جنس لاکتوباسیلوس) و بیش از ۲۵ گونه از انواع مخمر (مخصوصاً جنس‌های ساکارومایسس وکانیدیا) بسیار پیچیده است.

باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در خمیرترش می‌توانند از فلور طبیعی آرد، محصولات لبنی و یا از آغازگرهای تجاری نشأت گرفته باشند (دی‌وست و همکاران ۲۰۰۵) که غیراز جنس لاکتوباسیلوس، جنس‌های پدیوکوکوس، انتروکوکوس، لاکتوکوکوس و لوکونستوک را نیز شامل می‌شوند. باکتری‌های اسیدلاکتیک در نحوه متابولیسم کربوهیدرات بسیار متنوع عمل کرده ولی عمده‌تاً به دو گروه هموفرمنتاتیو و هتروفرمنتاتیو طبقه‌بندی می‌شوند. باکتری‌های هموفرمنتاتیو عمده‌تاً اسید لاکتیک تولید کرده ولی انواع هتروفرمنتاتیوها علاوه بر اسید لاکتیک مقادیر قابل توجهی اسید استیک نیز تولید می‌کنند (اورا و همکاران ۱۹۸۲).

گونه‌های هموفرمنتاتیو باکتری‌های اسید لاکتیک برای تولید اکثر مواد غذایی تخمیری مورد استفاده قرار

گرفته‌اند. البته در تولید نان، باکتری‌های لاکتوباسیل هتروفرمنتاتیو نیز دارای نقش اساسی بوده و با تولید اسید استیک در عطر و طعم و زمان ماندگاری نان تأثیر دارند (سالمینن و همکاران ۲۰۰۴). لزوم داشتن دانش فنی برای تولید و فرآوری خمیرترش، نیاز به فضا و امکانات تولید و نیروی کارگری برای جابجایی خمیر ترش از جمله عوامل محدود کننده استفاده از خمیرترش تازه محسوب می‌شوند. لذا بررسی امکان تهیه خمیرترش خشک به عنوان یک راه حل جایگزین که معایب و محدودیت‌های فوق را مرتفع نموده و مزایای متعدد استفاده از خمیرترش را به نان می‌دهد، ارزشمند خواهد بود. در پژوهش‌های قبلی نسبت به شناسایی انواع لاکتوباسیل‌های موجود در خمیر ترش نان‌های سنتی ایران در منطقه آذربایجان شرقی اقدام گردیده است (گلشن تفتی و همکاران ۲۰۱۴). ویژگی‌های بیوشیمیایی و تکنولوژیکی این سویه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفته است (گلشن تفتی و همکاران ۲۰۱۳-الف). در مطالعه دیگر خواص نانویی و فیزیکیوشیمیایی خمیرترش‌های حاوی لاکتوباسیل‌های جدا شده در نان‌های حجیم و مسطح متداول در ایران مورد بررسی قرار گرفته است (گلشن تفتی و همکاران ۲۰۱۳-ب). نهایتاً اثر افزودن خمیرترش مایع حاوی لاکتوباسیلوس پارالیمنتاریوس بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت نانهای مسطح ایرانی مطالعه گردید (گلشن تفتی و همکاران ۲۰۱۳-ج). اما در پژوهش حاضر سه گونه متفاوت لاکتوباسیل شامل گونه‌های پلانناروم، کورواتوس و پارالیمنتاریوس بطور جداگانه برای تهیه خمیر ترش استفاده و خمیر ترش‌های حاصله با روش خشک کردن پاششی خشک گردید. هدف تحقیق حاضر مقایسه اثرات سه نوع گونه متفاوت لاکتوباسیل در خمیر ترش خشک بر خواص آرد و ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر بود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های خمیر ترش و خشک کردن پاششی

برای تهیه خمیرترش مایع (نوع اول) سه سویه لاکتوباسیلوس (پلانتاروم، کورواتوس و پارالیمنتاریوس) قبلاً جداسازی شده از خمیر ترش نان‌های سنتی استان آذربایجان شرقی (گلشن تفتی و همکاران ۲۰۱۳-الف، ب، ج) مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا محیط کشت MRS Broth آماده و اتوکلاو گذاری شد. باکتری‌هایی که قبلاً جداسازی و در شرایط انجماد نگهداری شده بودند در شرایط استریل به مقدار یک درصد وزنی به محیط کشت آماده تلقیح شده و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد. کشت‌های باکتریایی ۲۴ ساعته (در محیط کشت MRS Broth) در ویال‌های ۱/۵ میلی لیتری حاوی ۲۵ درصد گلیسرول و ۲۵ درصد شیر پس چرخ (با غلظت ۲۰ درصد وزنی/حجمی) مخلوط و با استفاده از ورتکس میکسر به خوبی یکنواخت گردید. استوک‌های آماده شده در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از تلقیح خمیر ترش، لاکتوباسیلوس از محیط انجمادی مایع خارج گردید و دو بار در محیط کشت MRS Broth کشت داده شد و گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انجام شد تا سلول‌ها کاملاً فعال شدند. میزان مایه تلقیح باکتریایی ۱۰^۷ باکتری به ازای هر گرم خمیرترش بود. برای آماده سازی مایه‌های تلقیحی اولیه، حجم مورد نیاز از کشت‌های باکتریایی لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس کورواتوس و لاکتوباسیلوس پارالیمنتاریوس سانتریفیوژ گردید.

تهیه خمیرترش خشک

باکتری‌های ته نشین شده با استفاده از آب مقطر استریل شستشو گردید و به سوبسترای خمیر اولیه اضافه شد تا میزان تلقیح ۱۰^۷ باکتری به ازای هر گرم خمیر به دست آید و به این صورت نمونه‌های

خمیرترش تازه با استفاده از کشت‌های باکتریایی فعال سه سویه لاکتوباسیلوس (پلانتاروم، کورواتوس، پارالیمنتاریوس) به عنوان آغازگر به‌طور جداگانه تهیه شد. به منظور تهیه سوبسترای تشکیل شده از آرد و آب با راندمان خمیر برابر ۳۵۰ نسبت به وزن آرد، با سه نوع آغازگر اشاره شده، به میزان ۱۰^۷ باکتری به ازای هر گرم خمیر تلقیح شد. فرآیند تخمیر خمیرترش در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲۰ ساعت صورت گرفت. در مرحله بعد از خشک‌کن پاششی آزمایشگاهی (شرکت مهام صنعت، نیشابور) برای خشک کردن خمیرترش حاوی لاکتوباسیل‌های انتخابی استفاده شد. خمیرترش مایع به دستگاه خشک‌کن انتقال داده شده و با روش اتمیزه کردن چرخان در دمای هوای ورودی ۱۸۰-۱۸۵ درجه سانتی‌گراد با جریان هوای موازی تا رسیدن به رطوبت کمتر از ۵ درصد و به مدت ۱ دقیقه خشک گردید. خمیر ترش‌های خشک در کیسه‌های پلاستیکی در دمای یخچال تا انجام آزمون‌های بعدی نگهداری شدند.

ویژگی‌های آرد مصرفی و تهیه مخلوط آرد با پودر خمیرترش

در این تحقیق از آرد نول تجاری با کیفیت نانویی با درجه استخراج ۷۸٪، رطوبت ۱۰/۹٪، خاکستر ۶۵/۶٪ و گلوتن مرطوب ۲۷/۲٪ که از شرکت آرد باختر تهران تهیه گردید، استفاده شد. برای تهیه نمونه‌های مخلوط آرد با پودر خمیر ترش خشک شده از سه گونه باکتریایی (پلانتاروم، کورواتوس و پارالیمنتاریوس) در هر مورد از ۳، ۶، ۹ و ۱۵ درصد وزنی پودر خمیرترش نسبت به آرد استفاده شد. جدول ۱ تمیازهای آزمایشی را نشان می‌دهد.

اندازه گیری اسیدیته و pH

pH و اسیدیته قابل تیتراژ (TTA) تیمارها در سوسپانسیون ۱۰ گرم مخلوط آردی و ۹۰ میلی لیتر آب مقطر اندازه گیری شد (هاگمن و سالووارا ۲۰۰۸). عمل تیتراسیون مخلوط با NaOH یک نرمال با

ارزیابی خواص رئولوژیکی خمیر با آزمون فارینوگرافی و اکستنسوگرافی

خواص رئولوژیکی نمونه‌های آرد حاوی درصد‌های مختلف خمیرترش خشک و باکتری‌های مختلف مورد استفاده شامل درصد جذب آب و زمان گسترش یا توسعه خمیر با دستگاه فارینوگراف (شرکت برابندر، آلمان) با روش AACC به شماره 21-54 انجام شد. حداکثر مقاومت خمیر به کشش، کشش پذیری و عدد نسبت با استفاده از دستگاه اکستنسوگراف (شرکت برابندر، آلمان) انجام شد.

نتایج و بحث

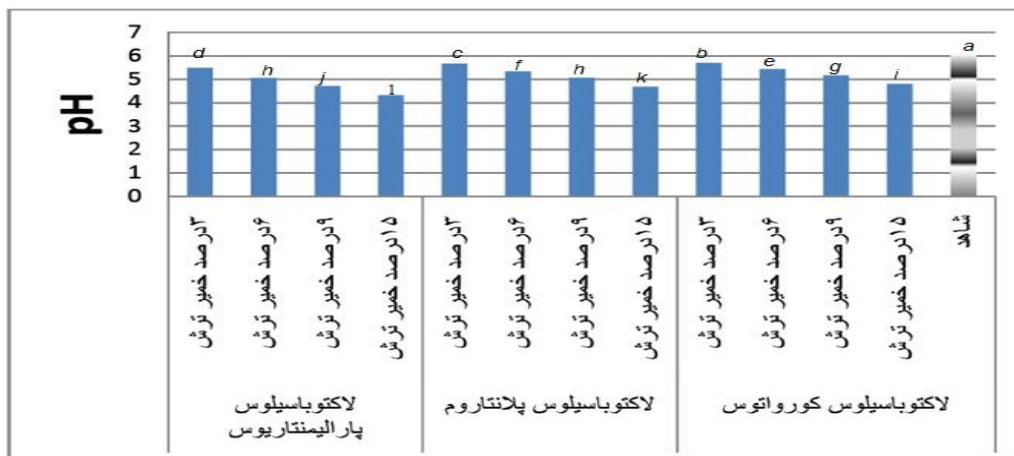
اندازه‌گیری pH و اسیدیت

نتایج اندازه‌گیری pH برای تیمارهای آزمایشی در شکل ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج جدول تجزیه واریانس مشخص گردید که تاثیر مقدار خمیرترش و نوع باکتری و اثر متقابل آنها بر pH کاملاً معنی دار است ($p < 0.01$). با توجه به مقایسه میانگین‌های pH بین کلیه تیمارها و تیمار شاهد اختلاف کاملاً معنی دار وجود دارد، به طوری که کمترین میزان pH متعلق به تیمار A4 B1 حاوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پارالیمنتاریوس است و بیشترین مقدار pH را تیمار شاهد به خود اختصاص داد (شکل ۱).

استفاده از معرف رنگی فنل فتالین انجام شد. pH نمونه‌ها نیز با استفاده از pH متر (Hanna Instruments، پرتغال) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- کدبندی تیمارهای آزمایشی

کد تیمار	گونه باکتری	درصد خمیر ترش
C	کنترل	صفر
A ₁ B ₁	پارالیمنتاریوس	۳
A ₂ B ₁	پارالیمنتاریوس	۶
A ₃ B ₁	پارالیمنتاریوس	۹
A ₄ B ₁	پارالیمنتاریوس	۱۲
A ₁ B ₂	پلانتاروم	۳
A ₂ B ₂	پلانتاروم	۶
A ₃ B ₂	پلانتاروم	۹
A ₄ B ₂	پلانتاروم	۱۲
A ₁ B ₃	کوراتوس	۳
A ₂ B ₃	کوراتوس	۶
A ₃ B ₃	کوراتوس	۹
A ₄ B ₃	کوراتوس	۱۲

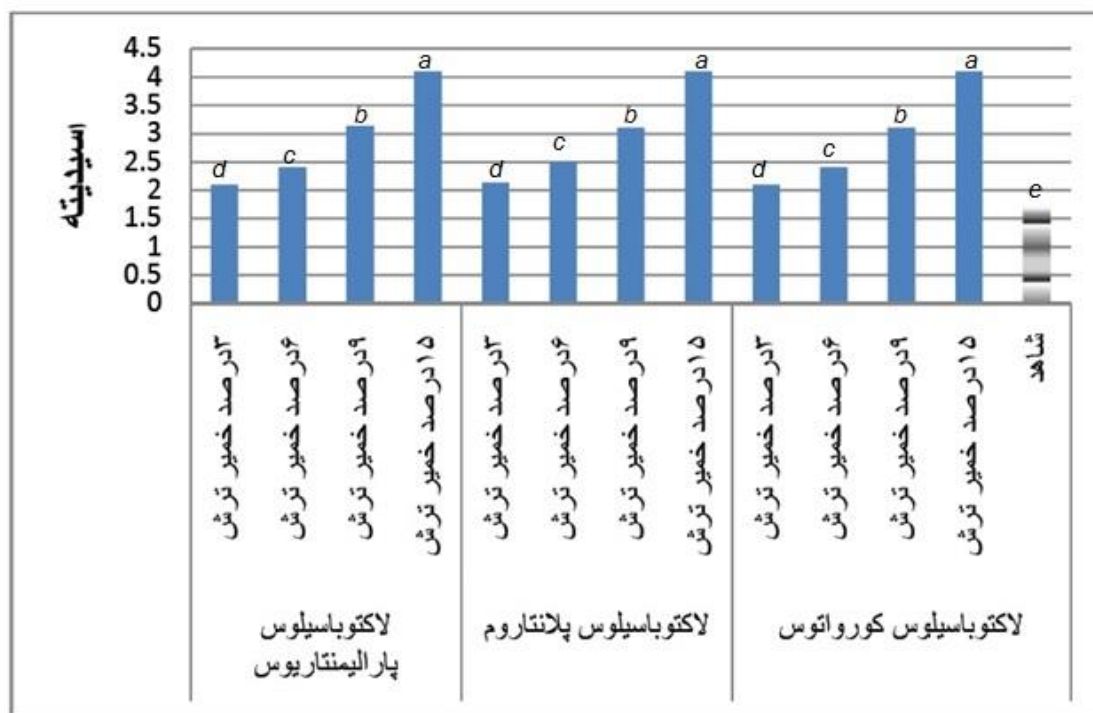


شکل ۱- اثرات مقدار خمیر ترش و نوع باکتری بر pH

آن آزمایش اسیدیته نامیده می‌شود که از نظر فساد ماده غذایی و غیر قابل مصرف بودن مهم و حائز اهمیت است.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اسیدیته مشخص شد که تاثیر مقدار خمیر ترش بر اسیدیته کاملاً معنی دار ($p < 0.01$) است و با مقایسه میانگین‌های اسیدیته تیمار شاهد با تمامی تیمارها اختلاف معنی دارد به طوری که کمترین میزان اسیدیته را به خود اختصاص داده است. در واقع با اضافه کردن خمیر ترش، اسیدیته بطور معنی داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (شکل ۲).

اثر خمیر ترش روی حجم نان عمدتاً به علت واکنش‌های آنزیمی است که در طول فرآیند تخمیر صورت می‌گیرد. کاهش تدریجی pH در طول فرآیند تخمیر در افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک، آمیلولیتیک، پراکسیداز، لیپوکسیژناز، کاتالاز و پلی فنل اکسیداز بر اجزاء خمیر در دوره زمانی ۲۰-۸ ساعت نقش دارد (کاتینا ۲۰۰۵). فعل و انفعالات شیمیایی در آرد گاهی موجب هیدرولیز چربی‌های موجود در آرد و تولید اسیدهای چرب در آن می‌شود و یا فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تولید مواد اسیدی می‌گردد که باعث طعم و بوی نامطبوع در آرد می‌گردند که کنترل



شکل ۲- اثرات مقدار خمیر ترش و نوع باکتری بر اسیدیته قابل تیتراژ

آب، فاکتور مهم در تولید محصولات به دلایل اقتصادی، بهبود کیفیت نگهداری محصول و مشکلات فراوری خمیرهای سفت یا شل است (اگنان و همکاران ۲۰۰۶).

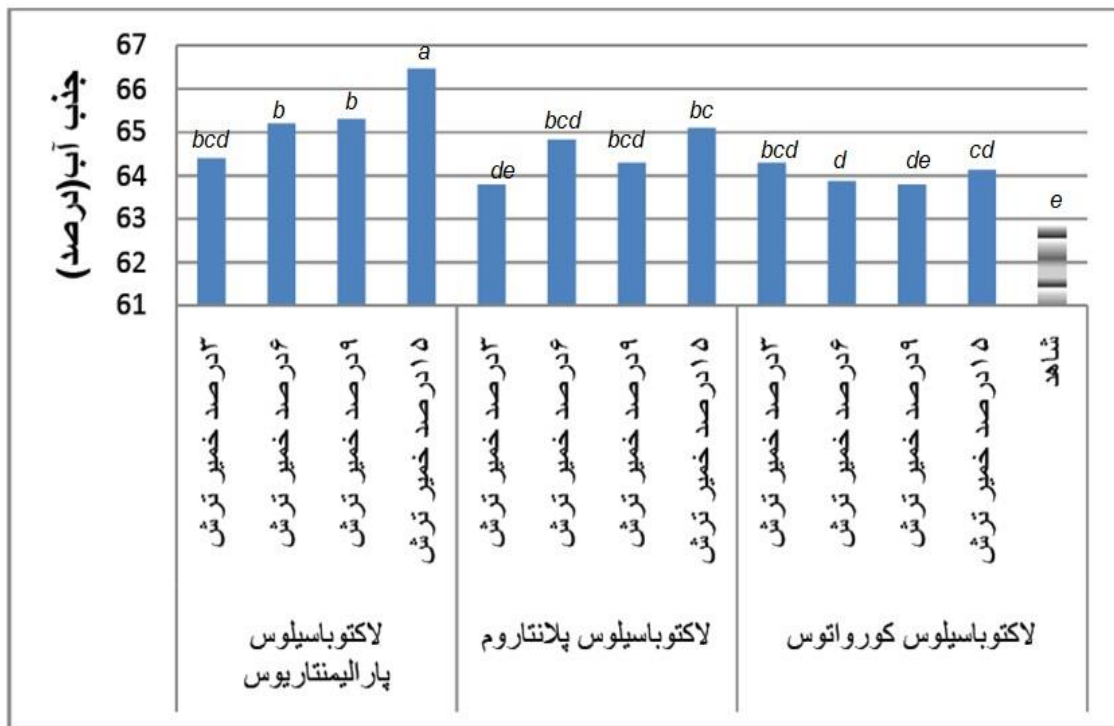
بر اساس نتایج تجزیه واریانس جذب آب مشخص گردید که تاثیر مقدار خمیر ترش و نوع باکتری بر

نتایج آزمون فارینوگرافی

یکی از شاخص‌های نتایج ارزیابی خواص رئولوژیکی خمیر با آزمون فارینوگراف، درصد جذب آب است که عبارت است از حجم آب بر حسب میلی لیتر که جهت تولید خمیر اضافه می‌گردد تا بیشینه قوام آن در دستگاه فارینوگراف به ۵۰۰ واحد برابندر برسد. جذب

خمیرترش در هر سه سویه باکتریایی بیشتر گردد درصد جذب آب نیز به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ($p < 0.01$).

درصد جذب آب تیمارها کاملاً معنی‌دار است. شکل ۳ میزان جذب آب آرد برای تیمارهای آزمایشی را نشان می‌دهد. مقایسه بین مقدار ۳، ۶، ۹ و ۱۵ درصد خمیرترش خشک، نشان داد که هر چقدر میزان



شکل ۳- اثرات مقدار خمیر ترش و نوع باکتری بر درصد جذب آب

تازگی محصول استفاده می‌شوند. همچنین نگهداری گاز دی اکسیدکربن در خمیر تقویت شده و حجم نان حاصله از خمیر حاوی خمیرترش افزایش می‌یابد (لاکارو همکاران ۲۰۰۷). علت دیگر افزایش جذب آب احتمالاً مربوط به فنیل لاکتیک اسید (PLA) موجود در لاکتوباسیلوس پلاننتاروم می‌باشد که دارای فعالیت آمیلولیتیک و پروتئولیتیک و نیز دارای اثر ضد کپکی بوده و در نهایت باعث به تأخیر انداختن بیاتی، تازگی محصول و افزایش زمان ماندگاری نان می‌گردد (لاورمیکوکا و همکاران ۲۰۰۳). خمیرترش در افزایش قابلیت دسترسی مواد معدنی (آهن، کلسیم، منیزیم و روی) و نهایتاً در افزایش جذب آب مؤثر است (لوپز و همکاران ۲۰۰۱).

در واقع با اضافه کردن خمیرترش، درصد جذب آب به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است، بطوری‌که بیشترین درصد جذب آب را تیمار A4 B1 محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پارالیمنتاریوس به خود اختصاص داد. حضور اگزوپلی ساکاریدهای تولید شده توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در طی تخمیر خمیرترش در آرد سبب افزایش فعالیت آبی آرد شده و به همین دلیل خمیر حاصل از آرد حاوی خمیرترش برای آماده سازی نیاز به آب بیشتری داشته و جذب آب آن بیشتر می‌شود. اگزوپلی ساکاریدها معمولاً به عنوان صمغ شناخته شده و در محصولات نانوائی به عنوان بافت دهنده، ضد بیاتی یا افزودنی پری‌بیوتیک به‌منظور

جدول ۲- تغییرات زمان گسترش خمیر زمان گسترش خمیر

در تیمارهای آزمایشی تیمارها	(دقیقه)
C	۴/۰±۱/۶۶ ^c
A ₁ B ₁	۴/۸±۰/۴۵ ^{bc}
A ₂ B ₁	۵/۱±۰/۲۵ ^b
A ₃ B ₁	۵/۳±۰/۵۸ ^b
A ₄ B ₁	۴/۹±۰/۲۵ ^{bc}
A ₁ B ₂	۴/۹±۰/۱۵ ^{bc}
A ₂ B ₂	۴/۶±۰/۱۵ ^{bc}
A ₃ B ₂	۵/۱±۰/۲۵ ^b
A ₄ B ₂	۴/۸±۰/۱۰ ^{bc}
A ₁ B ₃	۶/۴±۰/۳۶ ^a
A ₂ B ₃	۵/۳±۰/۱۵ ^b
A ₃ B ₃	۴/۹±۰/۱۵ ^{bc}
A ₄ B ₃	۵/۰±۰/۲۶ ^b

اعداد جدول: میانگین ± انحراف معیار، مقادیر موجود در یک ستون و دارای حروف لاتین مشابه اختلاف معنی داری ندارند ($p < 0.05$).

نتایج آزمون اکستنسوگراف

آزمایش اکستنسوگراف برای پیش بینی نیازهای اکسیداسیون آرد انجام می‌شود اما به اندازه فارینوگراف در آزمایشگاه‌ها رایج نیست، حداکثر نقطه ارتفاع منحنی یا مقاوت به کشش (R_{max}) برای گندم‌های ضعیف، متوسط، نسبتاً قوی، قوی و فوق العاده قوی در اکستنسوگراف به ترتیب ۱۲۰، ۱۵۰، ۳۵۰، ۴۵۰، ۶۳۰ واحد برابندر می‌باشد و با توجه به نتایج، پس از افزودن پودر خمیرترش به آرد خمیر حاصله از مقاوت به کشش بیشتری نشان داده است (هریداس وهمکاران ۱۹۹۱).

میزان مقاوت خمیر در برابر کشش، یعنی بالاترین نقطه منحنی اکستنسوگراف بعد از ۵۰ میلی متر جابجایی روی منحنی، که بر حسب واحد برابندر^۱ بیان می‌شود. توسط منحنی‌های اکستنسوگرام، رفتار الاستیک خمیر در قالب ویژگی مقاوت به کشش قابل

زمان گسترش خمیر عبارت است از زمان لازم به دقیقه از شروع اضافه کردن آب به آرد تا لحظه‌ای که قوام خمیر شروع به کاهش می‌نماید. زمان گسترش خمیر در نمونه‌های مختلف آرد با هم اختلاف نشان می‌دهند. زمان گسترش بسیار کوتاه نشان دهنده جذب آب بسیار سریع آرد و زمان طولانی نمایانگر جذب کند آب اجزاء مختلف آرد است (ویلیامز و همکاران ۱۹۸۸) و تیمار شاهد با کمترین زمان گسترش خمیر در این پژوهش جزء خمیرهای با کیفیت متوسط و تیمار محتوی ۳ درصد خمیرترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس با بیشترین زمان گسترش خمیر جزء خمیرهای با کیفیت قوی محسوب می‌شوند. براساس نتایج تجزیه واریانس زمان گسترش خمیر مشخص شد که تاثیر مقدار خمیر ترش و نوع باکتری و اثر متقابل آنها بر زمان گسترش خمیر کاملاً معنی دار ($p < 0.01$) است. تغییرات زمان گسترش یا توسعه خمیر در اثر افزودن نمونه‌های مختلف خمیرترش خشک در درصدهای مختلف به آرد در جدول ۲ نشان داده شده است.

همانطور که از جدول ۲ نیز ملاحظه می‌شود، کمترین زمان گسترش خمیر مربوط به تیمار شاهد و بیشترین زمان گسترش خمیر مربوط به تیمار A₁B₃ محتوی ۳ درصد خمیرترش گونه کورواتوس بود. با مقایسه میانگین‌های زمان گسترش خمیر در جدول ۲ مشخص گردید که تیمار شاهد با تیمارهای A₂ B₁، A₃ B₁، A₁B₃، A₃B₂ و A₂B₃ اختلاف معنی‌دار و با بقیه تیمارها اختلاف معنی دار مشاهده نشد.

²Brabender unit

تیمارشاهد و تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد به گونه‌ای که تیمار A4B3 محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین مقاومت به کشش خمیر در زمان ۴۵ دقیقه و تیمار A1B2 محتوی ۳ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم کمترین مقاومت را به خود اختصاص داد. نتایج در مقاومت به کشش خمیر در زمان ۹۰ دقیقه نشان داد که بین تیمارهای A1 و A1 B1 و B2 با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما بقیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف کاملاً معنی‌دار در مقاومت به کشش در زمان ۹۰ دقیقه داشتند بطوری‌که تیمار A4 B3 محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین مقاومت به کشش خمیر در زمان ۹۰ دقیقه و تیمار A3 B2 محتوی ۹ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم کمترین مقاومت را به خود اختصاص داد. با مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ مشخص گردید که در مقاومت به کشش خمیر در زمان ۱۳۵ دقیقه بین تیمارهای A1B3 و A1B2 A1B1 با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد، اما بقیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف کاملاً معنی‌دار در مقاومت به کشش در زمان ۱۳۵ دقیقه داشتند بطوری‌که تیمار A4B3 محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین مقاومت به کشش خمیر در زمان ۱۳۵ دقیقه و تیمار A3 B2 محتوی ۹ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانتاروم کمترین مقاومت را به خود اختصاص داد.

عدد نسبت^۳، بیانگر نسبت مقاومت کشش به میزان کشش پذیری و بدون واحد می‌باشد و فاکتوری برای ارزیابی کیفیت خمیر می‌باشد. فاکتورهایی از جمله مقاومت خمیر در برابر تغییر شکل، کشش و انرژی لازم برای پاره نمودن خمیر و همچنین درجه رسیدگی خمیر (ورآمدن خمیر) را نشان می‌دهد.

بررسی است. داده‌های استخراج شده از منحنی اکستنسوگرام در هر سه زمان ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ دقیقه با اعمال بازه‌های اطمینان در سطح آماری ۹۵ درصد در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- تغییرات مقاومت خمیر در برابر کشش در

تیمارهای آزمایشی

تیمارها	مقاومت خمیر به کشش R _{max} (واحد برابندر)		
	۴۵ دقیقه	۹۰ دقیقه	۱۳۵ دقیقه
C	۳۱۲±۱۷/۰ ^g	۳۵۷±۱۳/۱ ^f	۳۵۹±۱۶/۰ ^{gh}
A1 B1	۲۵۳±۴/۶ ⁱ	۳۲۲±۵/۵ ^{fgh}	۳۲۵±۸/۵ ^{hi}
A2 B1	۴۰۸±۳/۰ ^c	۴۸۳±۳۵/۱ ^d	۵۲۲±۲۷/۱ ^c
A3 B1	۴۰۳±۹/۵ ^c	۵۶۴±۱۹/۵ ^{bc}	۵۷۳±۱۸/۲ ^b
A4 B1	۳۶۵±۳/۵ ^d	۵۲۳±۲۴/۱ ^c	۴۸۰±۱۴/۶ ^d
A1 B2	۲۳۴±۱۳/۶ ⁱ	۳۴۶±۲۷/۷ ^{fg}	۳۸۳±۲۶/۲ ^{fg}
A2 B2	۳۲۷±۹/۶ ^f	۴۰۹±۱۱/۲ ^e	۴۱۷±۲۱/۵ ^{ef}
A3 B2	۲۹۰±۲/۰ ^h	۲۸۸±۱۱/۰ ^h	۳۰۰±۱۴/۰ ⁱ
A4 B2	۴۶۳±۳/۱ ^b	۶۰۱±۳۶/۲ ^b	۵۴۹±۱۱/۵ ^{bc}
A1 B3	۲۶۰±۵/۰ ⁱ	۳۰۹±۱۴/۲ ^{gh}	۳۶۰±۲۷/۶ ^{gh}
A2 B3	۳۴۵±۷/۰ ^e	۴۲۶±۸/۱ ^e	۴۵۲±۱۷/۱ ^{de}
A3 B3	۳۹۷±۴/۶ ^c	۵۴۰±۴/۵ ^c	۵۵۴±۲۲/۱ ^{bc}
A4 B3	۵۲۵±۲/۰ ^a	۶۷۰±۴۶/۴ ^a	۶۶۳±۱۱/۸ ^a

اعداد جدول: میانگین ± انحراف معیار، مقادیر موجود در یک ستون و دارای حروف لاتین مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند (p < ۰/۰۵).

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مقاومت به کشش مشخص شد که اثرات مقدار خمیر ترش، نوع باکتری و اثر متقابل آنها بر مقاومت به کشش در هر سه زمان ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه کاملاً معنی‌دار است (p < ۰/۰۱). با مقایسه میانگین‌ها در جدول ۳ مشخص گردید که در مقاومت به کشش خمیر در زمان ۴۵ دقیقه بین

³Ratio Number

نتایج عدد نسبت در زمان ۹۰ دقیقه نشان داد که بین تیمارهای $A_1 B_1$ و $A_1 B_3$ ، $A_2 B_2$ و $A_1 B_2$ با تیمار شاهد اختلاف معنی دار وجود ندارد اما بقیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف کاملاً معنی دار در عدد نسبت در زمان ۹۰ دقیقه داشتند بطوری‌که تیمار $A_4 B_3$ محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین عدد نسبت را در زمان ۹۰ دقیقه و تیمار $A_3 B_2$ محتوی ۹ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانناروم کمترین عدد را به خود اختصاص داد.

بررسی نتایج عدد نسبت در زمان ۱۳۵ دقیقه نشان داد که بین تیمارهای $A_1 B_1$ و $A_1 B_3$ با تیمار شاهد اختلاف معنی دار وجود ندارد اما بقیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف کاملاً معنی دار در عدد نسبت در زمان ۱۳۵ دقیقه داشتند بطوریکه تیمار $A_4 B_3$ محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین عدد نسبت در زمان ۱۳۵ دقیقه و تیمار $A_3 B_2$ محتوی ۹ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانناروم کمترین عدد را به خود اختصاص داد، بنابراین با افزایش میزان خمیرترش درجه رسیدگی خمیر (ورآمدن خمیر) بیشتر می‌شود.

نتیجه گیری

با توجه به این پژوهش با افزودن خمیرترش خشک شده به آرد، جذب آب آرد، زمان گسترش خمیر و قابلیت کشش افزایش و زمان پایداری خمیر که از جمله شاخص‌های مهم برای بررسی قوام خمیر است کاهش می‌یابد. دلایل اصلی تغییرات رئولوژیکی در خمیرترش و خمیر نهایی، فعالیت آنزیمی (مخصوصاً آنزیم پروتئاز) و تشکیل اسیدها است. در فرآیند تخمیر خمیرترش، میزان اسیدیته با گذشت زمان در حال افزایش است و در نتیجه این امکان را برای آنزیم‌های غلات و میکروبی فراهم می‌کند تا روی بافت خمیر تأثیر داشته باشند. از آنجا که در خمیرهای حاوی

داده‌های استخراج شده از منحنی اکستنسوگرام در هر سه زمان ۱۳۵، ۹۰، ۴۵ دقیقه با اعمال بازه‌های اطمینان در سطح آماری ۹۵ درصد در جدول ۴ آمده است. با توجه به نتایج عدد نسبت مشخص شد که اثرات مقدار خمیر ترش، نوع باکتری و اثر متقابل آنها بر عدد نسبت در هر سه زمان ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ دقیقه کاملاً معنی‌دار است ($p < 0.01$).

جدول ۴- تغییرات عدد نسبت (R/E) در تیمارهای

آزمایشی

تیمارها	عدد نسبت در ۴۵ دقیقه	عدد نسبت در ۹۰ دقیقه	عدد نسبت در ۱۳۵ دقیقه
C	۲/۱۶۶±۰/۲۵۱ ^g	۲/۱۰۰±۰/۲۰۰ ^{fg}	۲/۱۳۳±۰/۳۰۵ ^{gh}
$A_1 B_1$	۱/۵۲۳±۰/۰۵۷ ^f	۲/۲۶۶±۰/۰۵۷ ^{fg}	۲/۳۰۰±۰/۱۰۰ ^{hi}
$A_2 B_1$	۳/۵۰۰±۰/۱۰۰ ^d	۳/۷۰۰±۰/۱۵۳ ^d	۴/۴۶۶±۰/۲۵۱ ^d
$A_3 B_1$	۳/۸۳۳±۰/۲۵۱ ^c	۵/۵۳۳±۰/۳۰۵ ^c	۶/۱۳۳±۰/۳۰۵ ^b
$A_4 B_1$	۴/۴۶۶±۰/۰۵۷ ^b	۶/۳۰۰±۰/۱۰۰ ^b	۶/۳۳۳±۰/۰۵۷ ^b
$A_1 B_2$	۱/۴۶۶±۰/۰۵۷ ^f	۲/۷۶۶±۰/۳۵۱ ^{ef}	۳/۰۶۶±۰/۴۰۴ ^{fg}
$A_2 B_2$	۲/۴۶۶±۰/۰۵۷ ^f	۳/۴۰۰±۰/۱۰۰ ^{de}	۳/۳۳۳±۰/۱۵۳ ^f
$A_3 B_2$	۱/۹۳۳±۰/۱۵۳ ^{gh}	۱/۹۰۰±۰/۱۰۰ ^b	۲/۰۶۶±۰/۲۵۱ ⁱ
$A_4 B_2$	۴/۴۶۶±۰/۲۵۱ ^b	۶/۱۳۳±۰/۸۰۸ ^b	۵/۴۳۳±۰/۵۰۳ ^c
$A_1 B_3$	۱/۷۰۰±۰/۰۰۰ ^{hi}	۲/۲۳۳±۰/۲۰۸ ^{fg}	۲/۷۳۳±۰/۳۰۵ ^{gh}
$A_2 B_3$	۲/۷۰۰±۰/۱۰۰ ^f	۳/۷۳۳±۰/۵۷۷ ^d	۳/۹۰۰±۰/۱۰۰ ^e
$A_3 B_3$	۳/۱۶۶±۰/۱۰۰ ^e	۵/۱۰۰±۰/۱۰۰ ^c	۵/۱۰۰±۰/۲۰۰ ^c
$A_4 B_3$	۵/۲۳۳±۰/۱۵۳ ^a	۷/۷۳۳±۰/۵۷۷ ^a	۷/۹۶۶±۰/۴۱۶ ^a

اعداد جدول: میانگین ± انحراف معیار، مقادیر موجود در یک ستون و دارای حروف لاتین مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند ($p < 0.05$).

با مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ مشخص گردید که عدد نسبت در زمان ۴۵ دقیقه تیمار شاهد بجز با تیمار $A_3 B_2$ با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد به گونه‌ای که تیمار $A_4 B_3$ محتوی ۱۵ درصد خمیر ترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس کورواتوس، بیشترین عدد نسبت در زمان ۴۵ دقیقه و تیمار $A_1 B_2$ محتوی ۳ درصد خمیرترش تلقیح شده با لاکتوباسیلوس پلانناروم کمترین مقاومت را به خود اختصاص داد.

می‌یابد. در نهایت جهت تولید نان قالبی حاوی خمیرترش خشک شده که خصوصیات رئولوژیکی مطلوب آن را نیز حفظ کند، آرد گندم حاوی ۱۵ درصد لاکتوباسیلوس کورواتوس پیشنهاد می‌شود. در صورت استفاده از مقادیر بالای خمیرترش خشک برای بهره‌مندی بیشتر از مزایای تغذیه‌ای آن لازم است از مواد و عوامل بهبود دهنده کیفیت آرد نیز در فرمولاسیون محصول استفاده شود.

خمیرترش تضعیف شبکه گلوتمی صورت می‌گیرد، احتمالاً حلالیت پنتوزان‌ها و تشکیل آگزوپلی ساکاریدها می‌تواند در ایجاد بافت در خمیر و نان نقش عمده‌ای داشته باشد. وجود انواع لاکتوباسیلوس‌ها، لوکونستوک‌ها و استرپتوکوکوس‌های حاوی آنزیم دکستران ساکاراز در خمیر، موجب تولید آگزوپلی ساکارید دکستران می‌شود که در نهایت تازگی محصول را در پی دارد. همچنین نگهداری گاز دی اکسیدکربن در خمیر تقویت شده و حجم نان افزایش

منابع مورد استفاده

- AACC, 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, The American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN.
- De Vuyst, L. Neysens P, 2005. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. Trends in Food Sci Technol 16: 43-56.
- Golshan Tafti A, Peighambaroust SH, Hejazi MA, Moosavy MH. 2014. Diversity of Lactobacillus strains in Iranian traditional wheat sourdough. Journal of Food Quality and Hazards Control 1: 41-45.
- Golshan Tafti A, Peighambaroust SH, Hejazi MA, 2013. Biochemical characterization and technological properties of predominant Lactobacilli isolated from East-Azərbayjan sourdoughs (Iran). International Food Research Journal 20: 3293-3298.
- Golshan Tafti A, Peighambaroust SH, Hesari J, Bahrami A, Shakuoie Bonab A. 2013. Physico-chemical and functional properties of spray-dried sourdough in breadmaking. Food Science and Technology International 19:271-278.
- Golshan Tafti A, Peighambaroust SH, Behnam F, Bahrami A, Aghagholizadeh R, Ghamari M, Rafat SA. 2013. Effects of spray-dried sourdough on flour characteristics and rheological properties of dough.
- Grosch W, Schieberle P. 1997. Flavor of cereal products -a review. Cereal Chem. 74:91-97.
- Haggman M, Salovaara H. 2008. Effect of fermentation rate on endogenous leavening of Candida milleri in sour rye dough. Food Research International, 41: 266-273
- Haridas RP, and Malini RH, 1991. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour. Journal of Food Science and Technology. 28: 92-97.
- Katina K. 2005. Sourdough: A tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. VTT Publications.569:13-41
- Lacaze G, Wick M. and Cappelle S, 2007. Emerging fermentation technologies: Development of novel sourdoughs. Food Microbiology. 24:155-160.
- Lavermicocca P, Valerio F, Visconti A. 2003. Antifungal activity of phenyllactic acid against molds isolated from bakery products. Applied and Environmental Microbiology. 69: 634-640.
- Lopez HW, Krespine V, Guy G, Messenger A, Demigne C, Remesy C. 2001. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. Journal of Agricultural and Food Chemistry.49: 2657-2662.
- Ognean, C.F, Daivie N, ognean M. 2006. Fat replacers- Review. Journal of Agroalimentary processes and Technologies. 7: 433-442.
- Oura E, Suomalainen E, and Viskari R, 1982. Breadmaking. In: Rose, A.H. (1th ed). Economic Microbiology. New York: Academic Press:87-146.
- Salminen S, Wright AV, and Ouwehand A, 2004. Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects. New York: Marcel Dekker Inc.
- Toyosaki T, 2007. Effects of hydroperoxide in lipid peroxidation on dough fermentation. Food Chemistry. 104: 680-685.

Williams P, El-Haramein F, Nakkoul H, and Rahawi S, 1988. Crop quality evaluation Methods and guidelines: International center for agricultural research in dry areas (ICARDA). Tech Manual No 14 Aleppo. Syria.

Effect of spray dried sourdough containing a mixture of *Lactobacillus* species on flour quality and dough rheological properties

S H Peighambardoust^{1*}, N Raiesi Kahory², and O Eyvaz zadeh³

Received: November 01, 2014 Accepted: February 22, 2015

¹Associate Professor, Department of Food Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

²MSc Graduated, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

³Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran

*Corresponding Author: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir

Abstract

Low quality and shorter shelf life of the bread in our country is a major issue leading to bread wastage. The aim of the present study was to spray dry sourdoughs containing three *Lactobacilli* species and to investigate the effect of addition of different percentages of dehydrated sourdoughs to flour quality and rheological properties of dough. Fresh sourdough containing *Lactobacillus plantarum*, *corwatus* and *paralimentarius* (isolated from sourdough of traditional breads) was first prepared followed by dehydrating through spray drying. Finally, dried sourdough containing three *Lactobacillus* species at concentrations of 3, 6, 9 and 15 % (w/w) were added to the flour. Rheological properties were then investigated by Farinograph and Extensograph tests. Also, pH and titratable acidity of obtained flours were measured. In this research, a fully randomized block design followed by mean comparison using Duncan's multiple range at probability level of $\alpha = 95\%$. Results showed that addition of sourdough containing three kinds of starters decreased pH and increased titratable acidity. Regarding Farinograph results such water absorption and dough development time were increased with sourdough addition. However dough stability time was decreased. Ultimately in order to prepare molded bread containing dried sourdough which can retain its desirable rheological properties, wheat flour containing 15% of *L.corwatus* is recommended.

Keywords: Wheat flour, Dehydrated sourdough, *Lactobacillus*, Spray drying, Rheological properties