

*Effect of Controlled Fermentation of Sourdough Containing *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis* on Phytate Content in Dough and Bread*

Alireza Sadeghi¹,
Mojtaba Raeisi²,
Maryam Ebrahimi³,
Abbas Abedfar⁴,
Yousef Dadban Shahamat⁵

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

² Assistant Professor, Cereal Health Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

³ MSc in Food Sciences and Technology, Faculty of Food Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

⁴ MSc in Food Sciences and Technology, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

⁵ Assistant Professor, Environmental Health Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran

(Received May 8, 2016 ; Accepted July 10, 2016)

Abstract

Background and purpose: Phytic acid plays a major role in reducing the bioavailability of minerals in food. The aim of this study was to evaluate the effect of controlled sourdough fermentation on reduction of phytate content in dough and bread produced by whole wheat flour containing *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis*.

Materials and methods: This experimental study was carried out as a joint project in Golestan University of Medical Sciences and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. After isolation of two dominant lactobacillus isolates from whole wheat sourdough and their molecular identification, the effect of controlled sourdough fermentation (dominant isolates were used as starter culture, under treatments (as separate or mixed with equal proportions) of 28, 32, 36 °C fermentation temperatures and 16, 24, 32 h fermentation times) was examined on phytate content of produced dough and bread, using a spectrophotometric assay based on the measurement of iron.

Results: Sequencing of PCR products led to identification of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis* as the dominant lactobacillus isolates from whole wheat sourdough. According to statistical analysis, by increasing fermentation time and temperature, the amount of phytate significantly decreased in dough and bread produced by each of dominant isolates ($P \leq 0.05$). Furthermore, mixture of lactobacillus as starter culture was more effective on phytate reduction compared with using them separately.

Conclusion: Our results showed that controlled fermentation of whole wheat sourdough have significant effect on reduction of phytate and increasing the bioavailability of bread minerals.

Keywords: *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, phytic acid, sourdough

تأثیر تخمیر کنترل شده خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس برویس بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان تولیدی

علیرضا صادقی^۱
مجتبی رئیسی^۲
مریم ابراهیمی^۳
عباس عابدفر^۴
یوسف دادبان شهامت^۵

چکیده

سابقه و هدف: اسید فیتیک نقش زیادی در کاهش دسترسی به املاح موجود در مواد غذایی دارد. این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر تخمیر کنترل شده خمیر ترش آرد گندم حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس برویس بر کاهش اسید فیتیک خمیر و نان تولیدی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی که در دو دانشگاه علوم پزشکی گلستان و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۴ انجام گردید، پس از جداسازی دو لاکتوباسیلوس غالب خمیر ترش آرد کامل گندم و شناسایی مولکولی آن‌ها، تأثیر تخمیر کنترل شده خمیر ترش حاوی جدایه‌های مذکور به صورت جداگانه و مخلوط با نسبت مساوی با اعمال محدودده‌های دمایی ۲۸، ۳۲، ۳۶ درجه سانتی‌گراد و زمانی ۱۶، ۲۴، ۳۲ ساعت مختلف تخمیر، بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان تولیدی به روش جذب سنجی مبتنی بر تعیین میزان آهن مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: توالی‌یابی محصولات PCR منجر به شناسایی لاکتوباسیلوس پلانتاروم و برویس به عنوان دو جدایه لاکتیکی غالب خمیر ترش آرد کامل گندم شد. آنالیز آماری نشان داد که میزان اسید فیتیک خمیر و نان تولید شده با هر یک از این جدایه‌ها با افزایش دما و زمان تخمیر، به شکل معنی‌داری کاهش یافت ($p \leq 0/05$). به علاوه، تأثیر مخلوط جدایه‌های مذکور نسبت به هر یک از آن‌ها به طور مستقل، تأثیر بیش‌تری بر کاهش اسید فیتیک داشت.

استنتاج: نتایج این مطالعه نشان داد که تخمیر کنترل شده خمیر ترش گندم به نحو چشم‌گیری در کاهش اسید فیتیک و متعاقباً افزایش دسترسی به املاح موجود در خمیر و نان تولیدی موثر است.

واژه‌های کلیدی: لاکتوباسیلوس برویس، لاکتوباسیلوس پلانتاروم، اسید فیتیک، خمیر ترش

مقدمه

نان، قوت غالب مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل داده و بخش زیادی از نیاز روزانه به پروتئین و املاح این جوامع را تامین می‌کند. نان‌های حاصل از آرد کامل غلات نیز به لحاظ محتوای بالای املاح، پروتئین،

E-mail: drmracsi@goums.ac.ir

مؤلف مسئول: مجتبی رئیسی - گرگان: دانشگاه علوم پزشکی گلستان، دانشکده بهداشت

۱. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲. استادیار، مرکز تحقیقات سلامت غلات، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

۳. کارشناس ارشد صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴. کارشناس ارشد صنایع غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

۵. استادیار، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۱۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۵/۲/۲۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۴/۲۰

ویتامین و ترکیبات زیست فعال از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردار هستند اما به دلیل وجود اسید فیتیک، جذب املاح این فرآورده‌های رژیمی غالباً با اختلال همراه بوده و حتی ممکن است تشدید فقر آهن را نیز در پی داشته باشد. اگر چه مراحل پخت و تخمیر مخمیری می‌تواند میزان اسید فیتیک این محصولات را کاهش دهند اما پژوهش‌های اخیر نشان داده است که تخمیر کنترل شده خمیرترش در این مورد به مراتب موثرتر می‌باشد (۲۰۱). خمیرترش شامل مخلوطی از آرد یا اجزاء آن و آب است که به وسیله مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک تخمیر شده باشد. این میکروارگانیسم‌ها خصوصیات نان از جمله حجم، خصوصیات پوسته، دانه‌بندی و رنگ مغز نان، طعم، آروما و بافت آن را بهبود بخشیده و با جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های موکد فساد باعث افزایش زمان ماندگاری نان نیز می‌شوند (۴،۳). خمیرترش به عنوان یک اکوسیستم طبیعی دارای محتوای بالایی از باکتری‌های اسید لاکتیک می‌باشد که نه تنها قابلیت بهبود ویژگی‌های کیفی نان توسط آن‌ها به اثبات رسیده بلکه تجزیه فیتات به عنوان یک عامل ضد تغذیه‌ای و متعاقباً افزایش میزان دسترسی به املاح توسط فعالیت فیتازی این فلور میکروبی نیز گزارش شده است (۲،۱). به کمک برخی از آنزیم‌های تولید شده توسط آغازگرهای لاکتیکی خمیرترش می‌توان اثرات نامطلوب عوامل ضد تغذیه‌ای فرآورده‌های حاصل از آرد کامل غلات هم‌چون اسید فیتیک را برطرف کرده و حتی کمبود اسیدهای آمینه نظیر لیزین را نیز جبران نمود (۶،۵). در مطالعات متعددی تأثیر تخمیر بر کاهش میزان فیتات نان مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال شیخ الاسلامی و همکاران دریافته‌اند که فرآیندهای تخمیر مخمیری و پخت، تأثیر چندانی بر کاهش اسید فیتیک نان‌های سنگک و لواش ماشینی تولیدی در ایران ندارند (۷). ارشادی نژاد و همکاران نیز با بررسی تأثیر نوع و مقدار ماده عمل آورنده مانند مخمر خشک، خمیر مایه تازه و خمیرترش و هم‌چنین

زمان و دمای تخمیر بر میزان اسید فیتیک خمیر نان بربری مشاهده نمودند که استفاده از ۳ درصد خمیر مایه تازه و به کارگیری زمان ۲/۵ ساعت تخمیر در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بهترین تیمارها در کاهش اسید فیتیک هستند (۸). دیدار و همکاران با مطالعه استفاده از انواع مختلف خمیرترش تهیه شده توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس روتری با مقادیر متفاوت بازدهی خمیر و نسبت‌های مختلف جایگزینی در میزان اسید فیتیک نان لواش دریافته‌اند که بیش‌ترین کاهش اسید فیتیک هنگام استفاده از خمیرترش حاصل از لاکتوباسیلوس پلانتاروم با بازدهی خمیر ۲۰۰ و ۳۰ درصد جایگزینی به دست می‌آید (۹). بر اساس گزارش گرگری و همکاران نیز میزان اسید فیتیک موجود در نان سنگک حاصل از آرد کامل گندم در مقایسه با سایر نان‌های رایج تولیدی در ایران بیش‌تر است. نتایج محققین مذکور هم چنین نشان داد که فرآوری این نان به کمک تخمیر کنترل شده خمیرترش که فلور میکروبی آن دارای قابلیت آبکافت آنزیمی فیتاز باشند می‌تواند میزان دسترسی به املاح موجود در آن را افزایش دهد (۱۰).

Leenhardt و همکاران نیز تغییر میزان هیدرولیز فیتات به واسطه تخمیر خمیرترش را مورد ارزیابی قرار داده‌اند. نتایج مطالعات این محققین نشان داد که میزان اسید فیتیک در خمیرهای دارای pH حدود ۴ تا ۴/۵ نسبت به خمیرهای دارای pH بالاتر به مراتب کم‌تر است و افت جزئی pH تا حدود ۵/۵ منجر به کاهش چشم‌گیر مقدار فیتات تا حدود ۳۵ درصد در محصول تولیدی می‌گردد (۱۱).

De Angelis و همکاران نیز قابلیت تجزیه فیتات توسط دوازده جنس از باکتری‌های اسید لاکتیک خمیرترش را مورد مطالعه قرار دادند. محققین مذکور دریافته‌اند که این ویژگی با توجه به جنس و نژاد آغازگر لاکتیکی بسیار متفاوت است (۶).

هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تأثیر تخمیر

کنترل شده خمیر ترش دارای کشت‌های آغازگر اختصاصی تحت تیمارهای دما و زمان تخمیر بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان حجیم تولیدی و هم چنین تعیین رابطه بین اسیدیته قابل تیتراژ خمیر ترش با محتوای اسید فیتیک بود.

مواد و روش ها

این مطالعه تجربی در سال ۱۳۹۴ و در قالب یک طرح مشترک در مرکز تحقیقات سلامت غلات دانشگاه علوم پزشکی گلستان و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد.

تهیه خمیر ترش آرد کامل گندم

ابتدا برای تهیه خمیر ترش، آرد کامل گندم که ویژگی‌های آن بر اساس روش‌های مدون AACC تعیین شده بود (۱۲) از کارخانه آرد زاهدی گرگان تامین گردید. برای شروع تخمیر تصادفی خمیر ترش، آرد گندم با آب استریل با نسبت یک به چهار وزنی حجمی، مخلوط و سپس در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری گردید. برای دستیابی به لاکتوباسیلوس‌های غالب این خمیر ترش، تخمیر در روزهای بعد با افزودن ۲۰ درصد وزنی از خمیر ترش روز قبل، مایه‌گیری و به مخلوط آب و آرد گندم در شرایط تخمیر مذکور و تعیین مقدار اسیدیته قابل تیتراژ در هر روز تداوم یافت. برای تعیین اسیدیته قابل تیتراژ خمیر ترش بر حسب اسید لاکتیک نیز معادل ۱۰ گرم از خمیر ترش با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر، مخلوط و سپس توسط NaOH با نرمالیه ۰/۱ تا pH معادل ۸/۵ تیتراژ شد و اسیدیته بر حسب میلی‌لیتر NaOH مصرفی گزارش گردید (۱۳، ۱۴).

جداسازی و شناسایی لاکتوباسیلوس‌های غالب خمیر ترش آرد کامل گندم

با حصول اطمینان از غالب شدن فلور لاکتیکی در تخمیر خمیر ترش با ثبات نسبی مقدار اسیدیته قابل تیتراژ

در دو فرآیند مایه‌گیری متوالی از تک پرگنه خالص جدایه لاکتیکی حاصل از کشت خطی سوسپانسیون خمیر ترش آرد کامل گندم در محیط کشت Agar MRS (مرک، آلمان)، پس از شناسایی اولیه با استفاده از آزمون‌های کاتالاز و رنگ آمیزی گرم، DNA استخراج (بیونیر، AccuPrep K-3032، کره جنوبی) شد و توالی هدف توسط واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (Polymerase Chain Reaction: PCR) دارای پرایمر اختصاصی، تکثیر و متعاقباً محصولات PCR، توالی‌یابی (MWG، آلمان) گردید. پرایمرهای مورد استفاده در این واکنش در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱: پرایمرهای اختصاصی مورد استفاده برای آزمون PCR شناسایی جدایه‌های لاکتیکی غالب خمیر ترش آرد کامل گندم

سطح اختصاصیت پرایمر	توالی پرایمر ۵' به ۳'	طول توالی هدف مرجع
باکتری‌های اسید لاکتیک (جایگاه tDNA ۱۶S)	F: GAACGCGAAGAACCITAC R: GCGTGTGTACAAGACCC	۵۰۰ جفت باز (۱۵)

مقادیر واکنش‌گرهای PCR (روبوست، فرانسه) و چرخه‌های دمایی تکثیر (ترموسایکلر کوربت، مدل CG1-96، استرالیا) نیز مطابق فرآیند بهینه‌سازی شده Ferchichi و همکاران مورد استفاده قرار گرفتند (۱۵).

تهیه نان فاقد خمیر ترش (شاهد)

برای تهیه نمونه نان شاهد از مخلوط آرد، آب و ۱/۵ درصد وزنی از مخمر خشک فعال حاوی ساکارومایسس سرویزیه (ایران ملاس، فریمان) استفاده شد. خمیر نان شاهد فاقد خمیر ترش بود و تخمیر اولیه آن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه و تخمیر نهایی نیز در دمای مشابه به مدت ۹۰ دقیقه صورت پذیرفت. برای پخت این نان نیز از دمای 220 ± 5 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه (فرانواپی لیشور، ایتالیا)، استفاده گردید (۱۶).

تهیه نان با استفاده از خمیر ترش‌های تولیدی

برای تهیه نان خمیر ترشی، نسبت ۲۰ درصد وزنی از

LTD T80، انگلستان) در مقایسه با منحنی استاندارد حاصل از خوانش جذب رقت‌های مختلف محلول استاندارد اسید فیتیک تعیین گردید (۱۸).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج حاصل از این مطالعه با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه با مقایسات زوجی حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ با سه تکرار و به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای Design expert و Curve expert استفاده شد.

یافته‌ها

جداسازی و شناسایی مولکولی دو لاکتوباسیلوس غالب خمیرترش آرد کامل گندم

پس از چهار روز تکرار فرآیند مایه‌گیری با ثبات نسبی اسیدیته قابل تیتراژ خمیرترش، دو آغازگر لاکتیکی غالب خمیرترش آرد کامل گندم با کشت سطحی سوسپانسیون آن جدا گردیدند. جدایه‌های مذکور دو باسیل گرم مثبت و کاتالاز منفی بودند. ارزیابی اولیه تکثیر توالی هدف DNA تک پرگنه خالص جدایه‌های مذکور با ژل الکتروفورز محصولات تولیدی نیز نشان داد که این جدایه‌ها به خانواده باکتری‌های اسید لاکتیک (با توجه به سطح اختصاصیت پرایمر مورد استفاده) تعلق دارند (تصویر شماره ۱).

نتایج توالی‌یابی محصولات PCR دارای پرایمر اختصاصی از DNA تک پرگنه این جدایه‌ها نیز پس از مقایسه توالی‌های مذکور با داده‌های موجود در پایگاه اطلاعاتی NCBI (National Center for Biotechnology Information) با استفاده از رویه BLASTn منجر به شناسایی لاکتوباسیلوس پلانتروم (*Lactobacillus plantarum*) و لاکتوباسیلوس برویس (*Lactobacillus brevis*) به ترتیب با ۹۹ و ۹۷ درصد هم‌پوشانی گردید.

خمیر ترش حاصل از تخمیر کنترل شده آرد کامل گندم با استفاده از دو جدایه لاکتیکی غالب جدا شده از آن به عنوان آغازگر اختصاصی به صورت جداگانه و مخلوط با نسبت مساوی و محدوده‌های دمایی ۲۸، ۳۲ و ۳۶ درجه سانتی‌گراد و زمان‌های ۱۶، ۲۴ و ۳۲ ساعت تخمیر به خمیر مشابه نمونه شاهد افزوده شد و سپس تحت شرایط یکسان با نمونه شاهد در شرایط آزمایشگاهی فرآوری گردید (۱۶، ۱۷).

تعیین میزان اسید فیتیک نمونه‌های خمیر و نان

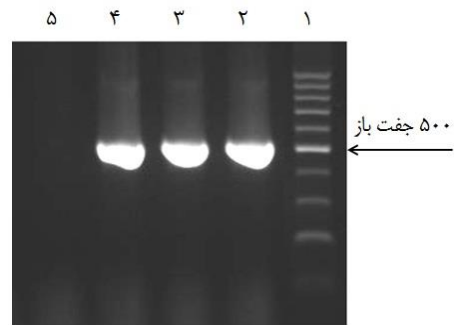
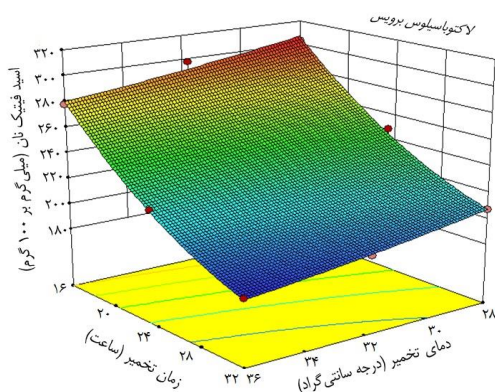
پس از تولید خمیر نان که شامل خمیر حاوی تیمارهای خمیرترش قبل از مرحله پخت نان است و نان‌های خمیرترشی، مقدار اسید فیتیک آن‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد بر اساس آزمون جذب‌سنجی مبتنی بر تعیین میزان آهن در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش، اسید فیتیک با محلول آهن سه ظرفیتی با محتوای آهن مشخص رسوب داده شد و کاهش میزان آهن در مایع رویی به عنوان معیاری از میزان اسید فیتیک تعیین گردید. بدین منظور محلول استاندارد اسید فیتیک که شامل محلول هیدراته نمک اسید فیتیک برنج می‌باشد، محلول سولفات آهن آمونیومی و محلول ۲-۲ بی‌پیریدین از شرکت سیگما آلد ریچ ساخت کشور آمریکا تهیه شدند. ابتدا برای استخراج اسید فیتیک از نمونه‌های خمیر و نان از هضم با اسید کلریدریک نیم مولار (مرک، آلمان) به مدت سه ساعت و سپس سانتریفوژ (هرمل، مدل Z-323K، آلمان) در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه استفاده شد. در مرحله بعد به ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول استخراج شده، یک میلی‌لیتر از محلول سولفات آهن آمونیومی افزوده شد و این مخلوط پس از ۳۰ دقیقه گرمخانه‌گذاری در حمام آب جوش تا رسیدن به دمای محیط روی یخ قرار گرفت. سپس ۱/۵ میلی‌لیتر از محلول یک درصد ۲-۲ بی‌پیریدین به محلول قبلی اضافه گردید و جذب نمونه بلافاصله در طول موج ۵۱۹ نانومتر (اسپکتروفتومتر PG اینسترومنتز، مدل

آغازگر، تاثیر معنی داری ($p \leq 0.05$) بر میزان تغییرات اسید فیتیک نان داشتند. هم چنین از بین کشت‌های آغازگر، مخلوط دو جدایه، لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس برویس به ترتیب تاثیر بیش تری در کاهش میزان اسید فیتیک نان داشتند. علاوه بر این از بین عوامل موثر بر تخمیر، تاثیر زمان تخمیر در روند کاهش اسید فیتیک به مراتب بیش تر از دمای تخمیر و هم چنین اثر متقابل دما و زمان تخمیر بود. محتوای اسید فیتیک نمونه شاهد نیز $421/75$ میلی گرم بر 100 گرم بود که به ترتیب در نان‌های فرآوری شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس برویس، لاکتوباسیلوس پلانتروم و مخلوط این دو جدایه به میزان 28 تا 57 ، 30 تا 58 و نهایتاً 35 تا 62 درصد در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافت.

جدول شماره ۲: ارزیابی تغییرات اسید فیتیک خمیر نان تحت تاثیر زمان تخمیر و دمای تخمیر در آغازگرهای مختلف خمیر ترش

دمای تخمیر (درجه سانتی گراد)	زمان تخمیر (ساعت)	اسید فیتیک خمیر (میلی گرم بر ۱۰۰ گرم)	
		لاکتوباسیلوس برویس	لاکتوباسیلوس پلانتروم
۰	۰	$516/183 \pm 1/640^a$	$516/183 \pm 1/640^a$
۱۶	۲۸	$398/126 \pm 0/872^b$	$379/173 \pm 0/834^b$
۱۶	۲۴	$376/96 \pm 0/914^c$	$349/173 \pm 0/205^e$
۱۶	۲۲	$359/86 \pm 0/341^d$	$322/413 \pm 0/414^h$
۱۶	۲۲	$376/59 \pm 1/589^{db}$	$367/166 \pm 0/306^c$
۱۶	۲۴	$362/79 \pm 0/397^d$	$338/70 \pm 0/232^f$
۱۶	۲۲	$342/86 \pm 0/456^f$	$328/33 \pm 0/528^g$
۱۶	۲۶	$369/56 \pm 0/449^{dc}$	$357/90 \pm 0/329^{mh}$
۱۶	۲۴	$352/22 \pm 0/465^e$	$330/423 \pm 0/427^g$
۲۲	۲۲	$317/61 \pm 0/628^e$	$296/553 \pm 0/525^h$

مقدار اسید فیتیک نمونه شاهد در ردیف نخست، گزارش شده است و حروف n,m,h,g,f,e,d,c,b,a در هر ستون، نشانگر تفاوت معنی دار در سطح $\alpha=0.05$ می باشد.



تصویر شماره ۱: ژل الکتروفورز محصولات PCR دارای پرایمر اختصاصی با توالی هدف ۵۰۰ جفت بازی جهت شناسایی دو لاکتوباسیلوس غالب خمیر ترش آرد کامل گندم (لاین ۲ و ۳) در مجاورت مارکر صد جفت بازی (لاین ۱) و هم چنین نمونه های کنترل مثبت حاوی DNA حاصل از کشت خالص *Lactobacillus sp.* (PTCC 1332) (لاین ۴) و کنترل منفی یا فاقد باکتری (لاین ۵).

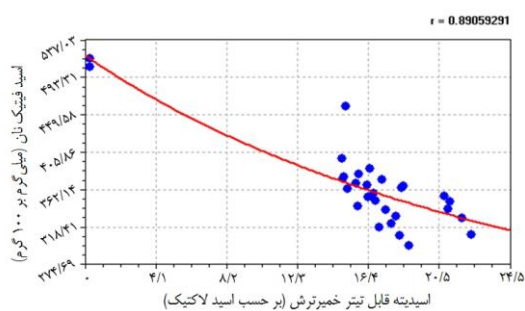
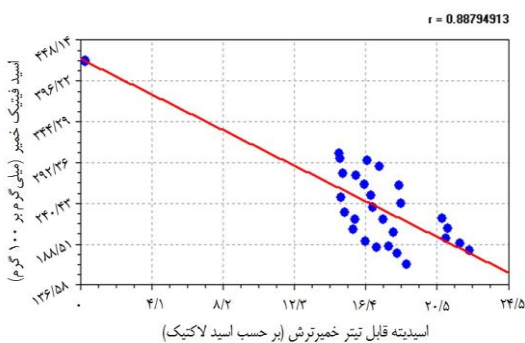
مقایسه تغییرات اسید فیتیک در خمیر نان‌های فرآوری شده با تیمارهای مختلف خمیر ترش

مقایسه مقادیر اسید فیتیک خمیر نان‌های تولیدی در این مطالعه نشان داد که عموماً با افزایش زمان و دمای تخمیر خمیر ترش در مورد هر کشت آغازگر، میزان اسید فیتیک نیز بیش تر کاهش یافت (جدول شماره ۲). بر این اساس کم ترین مقدار اسید فیتیک در نمونه حاصل از ۳۲ ساعت تخمیر در ۳۶ ساعت توسط مخلوط دو جدایه لاکتیکی مشاهده گردید (معادل ۴۳ درصد کاهش در مقایسه با نمونه شاهد) و مخلوط این دو جدایه (لاکتوباسیلوس برویس و لاکتوباسیلوس پلانتروم) نسبت به هر سویه به طور جداگانه سبب کاهش بیش تر میزان اسید فیتیک خمیر شد.

مقایسه تغییرات اسید فیتیک در نان‌های فرآوری شده با تیمارهای مختلف خمیر ترش

بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش مدت زمان و دمای تخمیر، کاهش میزان اسید فیتیک در مورد هر کشت آغازگر بیش تر بود (تصویر شماره ۲). آنالیز واریانس و مقایسه میانگین تغییرات اسید فیتیک نان‌های فرآوری شده در سطح ۵ درصد نیز نشان داد که در سطوح مختلف دمای تخمیر، زمان تخمیر و نوع کشت

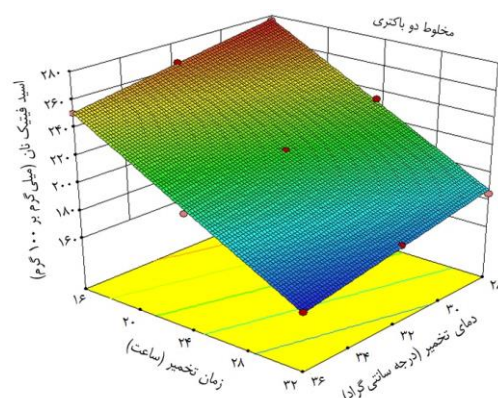
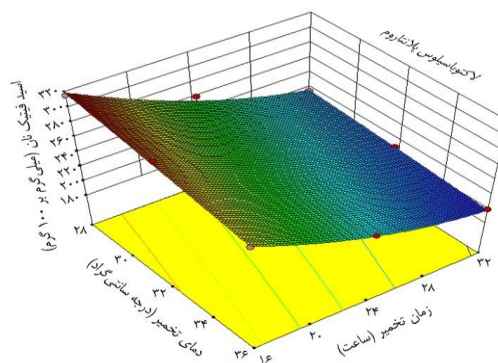
نزولی داشت (تصویر شماره ۳). بالا بودن ضرایب همبستگی بین پارامترهای مذکور نشان دهنده وجود ارتباط بین اسید تولیدی در حین تخمیر خمیرترش با میزان اسید فیتیک خمیر و نان حاصل از آرد کامل گندم است.



تصویر شماره ۳: ارزیابی رابطه بین اسیدیته قابل تیتر خمیرترش آرد کامل گندم با میزان اسید فیتیک خمیر و نان قالبی تولیدی

بحث

در فرآورده‌های حاصل از آرد کامل غلات، حضور اسید فیتیک یا فیتات به واسطه ایجاد کمپلکس با املاح ضروری تغذیه‌ای مانع از جذب آن‌ها می‌شود. اما تجزیه فیتات به میو اینوزیتول فسفات توسط فیتاز، اثرات سلامتی بخشی نظیر کاهش آرتروز مفاصل، پایداری بافت‌های عصبی، ممانعت از بروز سرطان روده بزرگ و بیماری‌های قلبی را در پی دارد (۱۹). استفاده از آغازگرهای لاکتیکی انتخابی در خمیرترش با قابلیت تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده فیتات به عنوان یک روش موثر جهت کاهش محتوای فیتات و بر خورداری از اثرات مفید تغذیه‌ای و سلامتی بخش نان‌های حاصل از آرد کامل غلات مطرح می‌باشد (۲۰، ۲۱). خمیرترش دارای کشت‌های



تصویر شماره ۲: بررسی تغییرات اسید فیتیک در نان‌های فرآوری شده تحت تاثیر دمای تخمیر، زمان تخمیر و نوع آغازگر اختصاصی خمیرترش آرد کامل گندم

بر اساس این نتایج، محتوای اسید فیتیک خمیر نمونه شاهد (۵۱۶/۱۸۳) پس از مرحله پخت نان (۴۲۱/۷۵)، معادل ۱۹ درصد کاهش یافت. با توجه به یکسان بودن مراحل فرآوری نمونه‌های مورد ارزیابی در این مطالعه با نمونه شاهد، اثر مرحله پخت نیز بر کاهش اسید فیتیک در تمامی نمونه‌ها یکسان بوده و به تیمار خمیرترش مورد استفاده بستگی نخواهد داشت.

ارزیابی رابطه تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با اسید فیتیک خمیر و نان تولیدی

رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش‌های تولیدی با میزان اسید فیتیک خمیر (مدل خطی) و نان تولیدی (مدل لجستیک) به ترتیب دارای توان دوم ضریب همبستگی ۰/۸۸ و ۰/۸۹ بود و با افزایش اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، میزان اسید فیتیک آن‌ها نیز روند

آغازگر اختصاصی با کنترل محدوده‌های دمایی و زمانی تخمیر می‌تواند به طور کاملاً موثر، هیدرولیز اسید فیتیک و دسترسی به املاحی هم‌چون آهن، کلسیم، منیزیم و فسفر را افزایش دهد (۲۲، ۲۱). بر اساس نتایج این مطالعه، تخمیر کنترل شده خمیر ترش آرد کامل گندم با استفاده از کشت‌های آغازگر لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و لاکتوباسیلوس برویس تحت تیمار دمای تخمیر و زمان تخمیر به نحو بارزی دارای قابلیت کاهش میزان اسید فیتیک خمیر و نان حجیم تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد بود.

فعالیت فیتازی جدایه‌های لاکتیکی خمیر ترش در مطالعات De Angelis و همکاران (۶) در خصوص جدایه لاکتوباسیلوس سانفرانسینسیس و همچنین Palacios و همکاران (۱۹) برای جدایه لاکتوباسیلوس روتری گزارش شده است. نتایج Lopez و همکاران نیز نشان داد که خمیر ترش حاصل از تلفیق دو آغازگر لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و لوکونوستوک مزترئوئیدیس با کنترل شرایط تخمیر، سبب کاهش چشم‌گیر میزان اسید فیتیک می‌شود (۲۰). بر اساس نتایج این محققین، باکتری‌های اسید لاکتیکی خمیر ترش با تولید اسیدهای آلی، pH را به محدوده بهینه فعالیت آنزیم فیتاز (حدود ۴/۵) می‌رسانند. البته نتایج سایر محققین نیز نشان داد که افت شدید pH به دلیل انباشتگی بیش از حد فسفر غیر آلی ناشی از فسفریلاسیون مجدد اسید فیتیک می‌تواند منجر به کاهش فعالیت فیتاز و متعاقباً کاهش هیدرولیز اسید فیتیک در نان‌های خمیر ترشی گردد (۲۴، ۲۳). در بخش دیگری از این مطالعه نیز مشخص شد که با افزایش زمان و دمای تخمیر هر کشت آغازگر اختصاصی و به موازات افزایش اسیددیده قابل تیترا خمیر ترش، قابلیت فیتازی خمیر ترش آرد کامل گندم نیز افزایش یافت و رابطه مشخصی بین میزان اسیددیده قابل تیترا خمیر ترش و محتوای فیتات خمیر و نان تولیدی وجود داشت.

بر اساس یافته‌های Leenhardt و همکاران نیز افزایش اسیددیده قابل تیترا خمیر ترش به واسطه تشکیل

کمپلکس‌های محلول از اسید فیتیک توسط اسیدهای آلی تولیدی سبب تجزیه قابل ملاحظه اسید فیتیک می‌شود. محققین مذکور دریافتند که به جز فعالیت فیتازی آغازگرهای لاکتیکی خمیر ترش، اثر متقابل pH پایین ناشی از تولید اسیدهای آلی بر فعالیت فیتازی دانه غلات و مخمر نانویی نیز در کاهش اسید فیتیک نقش دارد (۱۱).

نتایج پژوهش Chaoui و همکاران و هم‌چنین Lopez و همکاران نیز نشان داد که استفاده از نان خمیر ترشی در وعده‌های غذایی موش آزمایشگاهی سبب افزایش میزان آهن سرم، هموگلوبین و هماتوکریت نسبت به رژیم غذایی حاوی نان غیر خمیر ترشی می‌شود که دلیل آن فعالیت بالای فیتازی باکتری‌های اسید لاکتیکی خمیر ترش اعلام شد (۲۵، ۲۶). در مجموع و بر اساس یافته‌های مطالعات مذکور، فعالیت فیتازی آغازگرهای لاکتیکی و تاثیر کاهش pH ناشی از تولید اسیدهای آلی توسط آن‌ها بر فعالیت آنزیم فیتاز، مهم‌ترین دلایل کاهش اسید فیتیک در نان‌های خمیر ترشی هستند. البته برای حذف مناسب اسید فیتیک باید شرایط تخمیر با انتخاب بهترین محدوده‌های دمایی و زمانی و هم‌چنین سطح اسیددیده قابل تیترا خمیر ترش با انتخاب مخلوطی از آغازگرهای همو و هتروفرمنتاتیو کنترل گردد.

در مطالعه حاضر نیز تمامی تیمارهای خمیر ترش مورد استفاده به شکل معنی‌داری از قابلیت بیش‌تری در کاهش میزان اسید فیتیک در مقایسه با نمونه شاهد برخوردار بودند و بیش‌ترین فعالیت فیتازی نیز در تخمیر خمیر ترش حاوی مخلوط آغازگرهای لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و لاکتوباسیلوس برویس در دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد پس از ۳۲ ساعت تخمیر مشاهده شد. بر این اساس سویه‌های آغازگر میکروبی مورد استفاده در این مطالعه در صورت کنترل شرایط تخمیر خمیر ترش می‌توانند به نحو موثری، محتوای اسید فیتیک خمیر و نان حاصل از آرد کامل گندم را کاهش داده و منجر به

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و هم‌چنین معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی گلستان که هزینه‌های اجرای این پژوهش را در قالب یک طرح مشترک بین دانشگاهی تامین نمودند، قدردانی می‌گردد.

افزایش دسترسی به املاح موجود در آن شوند. با توجه به سرانه مصرف نان در کشور و ضرورت افزایش ارزش تغذیه‌ای آن با استفاده از آرد کامل گندم می‌توان از نتایج این مطالعه برای حذف اسید فیتیک نان تولیدی و مقابله با فقر املاح معدنی خصوصاً آهن چلاته شده با اسیدفیتیک استفاده نمود. البته تعمیم این نتایج به حالت واقعی، مستلزم انجام مطالعات بیش تر خصوصاً به شکل *in vivo* است.

References

- Katina K, Arendt E, Liukkonen K-H, Autio K, Flander L, Poutanen K. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends Food Sci Tech* 2005; 16(1-3): 104-112.
- Poutanen K, Flander L, Katina K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiol* 2009; 26(7): 693-699.
- Chavan RS, Chavan SR. Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review. *Comp Rev Food Sci Food Saf* 2011; 10(3): 169-182.
- Corsetti A, Settanni L. Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Res Int* 2007; 40(5): 539-558.
- Reale A, Konietzny U, Coppola R, Sorrentino E, Greiner R. The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. *J Agric Food Chem* 2007; 55(8): 2993-2997.
- De Angelis M, Gallo G, Corbo MR, McSweeney PL, Faccia M, Giovine M, et al. Phytase activity in sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. *Int J Food Microbiol* 2003; 87(3): 259-270.
- Sheikh-ol-Eslami Z, Jamalian J. Investigation of Phytic acid contents of wheat flour, dough and Lavash and Sangak breads. *JWSS-Isfahan University of Technology* 2003; 7(2): 185-192 (Persian).
- Arshadinezhad S, Azizi MH, Hamidi EZ. Effect of different fermentation conditions on phytic acid content of Barbary dough. *Journal of Food Science & Technology* 2005; 2(5): 1-12 (Persian).
- Didar Z, Seyedin AS, Mizani M, Hadad KMH. Comparison application of different sourdough on phytic acid content of traditional iranian bread (lavash). *Iranian Food Science and Technology Research Journal* 2008; 4(2): 19-31 (Persian).
- Gargari B, Mahboob S, Razavieh S. Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran. *Food Chem* 2007; 100(3): 1115-1119.
- Leenhardt F, Levrat-Verny M-A, Chanliaud E, Rémésy C. Moderate decrease of pH by sourdough fermentation is sufficient to reduce phytate content of whole wheat flour through endogenous phytase activity. *J Agric Food Chem* 2005; 53(1): 98-102.
- AACC International. *Approved methods of Analysis*. 11th ed. USA. The American association of cereal chemists. 2010.
- Katina K, Sauri M, Alakomi H-L, Mattila-Sandholm T. Potential of lactic acid bacteria to inhibit rope spoilage in wheat sourdough bread.

- LWT-Food Sci Tech 2002; 35(1): 38-45.
14. Lioger D, Leenhardt F, Demigne C, Remesy C. Sourdough fermentation of wheat fractions rich in fibres before their use in processed food. *J Sci Food Agric* 2007; 87(7): 1368-1373.
 15. Ferchichi M, Valcheva R, Prévost H, Onno B, Dousset X. Molecular identification of the microbiota of French sourdough using temporal temperature gradient gel electrophoresis. *Food Microbiol* 2007; 24(7): 678-686.
 16. Meignen B, Onno B, Gélinais P, Infantes M, Guilois S, Cahagnier B. Optimization of sourdough fermentation with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. *Food Microbiol* 2001; 18(3): 239-245.
 17. Dal Bello F, Clarke C, Ryan L, Ulmer H, Schober T, Ström K, et al. Improvement of the quality and shelf life of wheat bread by fermentation with the antifungal strain *Lactobacillus plantarum* FST 1.7. *J Cereal Sci* 2007; 45(3): 309-318.
 18. Haug W, Lantzsch HJ. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *J Sci Food Agric* 1983; 34(12): 1423-1426.
 19. Palacios MC, Haros M, Sanz Y, Rosell CM. Selection of lactic acid bacteria with high phytate degrading activity for application in whole wheat breadmaking. *LWT-Food Sci Technol* 2008; 41(1): 82-92.
 20. Lopez H, Krespine V, Guy C, Messenger A, Demigne C, Remesy C. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. *J Agric Food Chem* 2001; 49(5): 2657-2662.
 21. Frontela C, Ros G, Martínez C. Phytic acid content and "in vitro" iron, calcium and zinc bioavailability in bakery products: The effect of processing. *J Cereal Sci* 2011; 54(1): 173-179.
 22. Buddrick O, Jones OA, Cornell HJ, Small DM. The influence of fermentation processes and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content. *J Cereal Sci* 2014; 59(1): 3-8.
 23. Sanz-Penella JM, Tamayo-Ramos JA, Haros M. Application of bifidobacteria as starter culture in whole wheat sourdough breadmaking. *Food Bio Technol* 2012; 5(6): 2370-2380.
 24. Di Cagno R, Rizzello CG, De Angelis M, Cassone A, Giuliani G, Benedusi A, et al. Use of selected sourdough strains of *Lactobacillus* for removing gluten and enhancing the nutritional properties of gluten-free bread. *J Food Prot* 2008; 71(7): 1491-1495.
 25. Chaoui A, Faid M, Belahsen R. Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice. *J Trace Elem Med Biol* 2006; 20(4): 217-220.
 26. Lopez HW, Duclos V, Coudray C, Krespine V, Feillet-Coudray C, Messenger A, et al. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. *Nutrition* 2003; 19(6): 524-530.