ارزیابی تأثیر تخمیر خمیرترش آرد جو حاوی کشت آغازگر *پدیوکوکوس استیلسی* بر میزان اسید فیتیک نان بربری

علی‌اکبر غلامحسین‌پور[*1]، مریم ابراهیمی ۲، مجتبی رئیسی ۲

[1] گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران
[2] مرکز تحقیقات سلامت غلات، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

چکیده

در این پژوهش، تأثیر استفاده از خمیرترش آرد جو حاوی کشت آغازگر *پدیوکوکوس استیلسی* در سه بازده خمیر ۱۶۰، ۲۷۰، ۴۵۰ و با اعمال محدوده‌های دمایی ۲۸، ۳۲، ۳۶ درجه سانتی‌گراد و زمانی ۱۶، ۲۴، ۳۲h تخمیر، بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان بربری به روش جذب سنجی مبتنی بر تعیین میزان آهن، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش دما و زمان تخمیر، اسیدیته قابل تیتر به‌طور معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۵$) افزایش و مقدار اسید فیتیک و pH خمیر و نان بربری تولیدشده از آن به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) کاهش می‌یابد. علاوه بر این، افزایش بازده خمیر از ۱۶۰ تا ۴۵۰ نیز باعث افزایش معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) اسیدیته قابل تیتر و کاهش معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) اسید فیتیک و pH در خمیر و نان‌های تولیدشده از آن گردید. رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با میزان اسید فیتیک خمیر نان و نان بربری تولیدی به ترتیب دارای ضرایب همبستگی ۰/۹۴۷ (مدل خطی) و ۰/۸۴۲ (مدل توان لجستیک) بود و با افزایش اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، مقدار اسید فیتیک کاهش یافت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان با کنترل شرایط تخمیر خمیرترش، میزان اسید فیتیک نان بربری تولیدی را به شکل مؤثری در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داد.

کلمات کلیدی: نان بربری، خمیرترش آرد جو، *پدیوکوکوس استیلسی*، اسید فیتیک.

Archive of SID

* gh_ali58@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

نان، به‌عنوان غذای اصلی اکثر مردم جهان، احتمالاً قدیمی‌ترین غذای فرآوری شده است (۱). نان حاصل از آرد کامل غلات، در مقایسه با نان تهیه‌شده از آرد سفید، به سبب داشتن مقادیر بالای پروتئین، فیبر، املاح، ویتامین‌ها و ترکیبات زیست‌فعال از ارزش غذایی بالایی برخوردار است؛ اما وجود اسید فیتیک، جذب املاح را مختل نموده به‌گونه‌ای که می‌تواند کمبودهایی همچون فقر آهن و روی را به همراه داشته باشد (۲). در ایران انواع مختلف نان سنّتی تولید می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نان بربری، نان سنگک، نان تافتون و نان لواش اشاره نمود (۳). نان بربری نان سنّتی مسطحی است که از آرد ستاره، آرد معمولی (سبوس گرفته) و یا مخلوطی از این دو به همراه آب، نمک، مخمر صنعتی و یا خمیرترش، طی فرآیندهای تخمیر تهیه‌شده و پس از شکل‌دهی به‌صورت خاص خود، بر روی سطح داغ پخته می‌شود (۴).

تولید نان‌های خمیرترشی باکیفیت بالا، مستلزم استفاده از کشت‌های آغازگر مناسب به‌منظور کنترل تخمیر و بهینه-یابی شرایط فرآوری نان می‌باشد. استفاده از آغازگرهای لاکتیکی انتخابی در خمیرترش باقابلیت تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده فیتات، به‌عنوان یک روش مؤثر جهت دستیابی به نان‌های باکیفیت حاصل از آرد گندم و کاهش محتوای فیتات آن‌ها مطرح می‌باشد (۵).

خمیرترش، شامل مخلوطی از آرد (یا اجزاء آن) و آب است که به‌وسیله مخمرها و باکتری‌های اسیدلاکتیک، تخمیر شده باشد. این میکروارگانیسم‌ها، ویژگی‌های نان ازجمله حجم، خصوصیات پوسته، دانه‌بندی و رنگ مغز نان، طعم، آروما و بافت آن را بهبود بخشیده و با جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های مولّد فساد، باعث افزایش زمان ماندگاری نان می‌شوند. کنترل شرایط تخمیر (دما، زمان و آغازگر میکروبی) جهت رسیدن به سطح مناسبی از pH و اسیدیته قابل تیتر خمیرترش به‌منظور بهره‌مندی از آثار مفید آن در فرآوری نان اهمیت بالایی دارد (۶ و ۷).

اسید فیتیک نوعی ترکیب فسفره موجود در سلول و لایه آلرون غلات، باقابلیت تشکیل کمپلکس‌های غیرمحلول با فلزات و املاح معدنی نظیر آهن، کلسیم، روی و غیره است که هرچند مراحل پخت و تخمیر مخمری می‌توانند تا حدی میزان آن را در نان کاهش دهند اما بر اساس مطالعات اخیر، تخمیر کنترل‌شده خمیرترش در کاهش مقدار آن در فراورده تولیدی به‌مراتب مؤثرتر است (۸ و ۹). گزارش‌هایی نیز در خصوص تجزیه فیتات به‌عنوان یک عامل ضد تغذیه‌ای و افزایش میزان دسترسی به املاح توسط فعالیت فیتازی فلور میکروبی خمیرترش وجود دارد. به کمک برخی از آنزیم‌های تولیدشده توسط جدایه‌های لاکتیکی خمیرترش می‌توان اثرات نامطلوب عوامل ضد تغذیه‌ای فراورده‌های غلات همچون اسید فیتیک را برطرف کرده و حتی کمبود اسیدهای آمینه نظیر لیزین را جبران نمود (۱۰ و ۱۱).

استفاده از آرد جو در فرآوری نان، مشکلات تکنولوژیکی خاصی نظیر کاهش رطوبت و کشش‌پذیری خمیر، کاهش قابلیت تخمیر، ایجاد پوسته سخت و حجم نامناسب را در پی خواهد داشت. تخمیر خمیرترش در تولید این فراورده‌ها نیز می‌تواند با تولید آنزیم‌هایی نظیر آمیلازها و پروتئازها و یا با کاهش pH سبب بهبود حجم، افزایش میزان رطوبت خمیر، فعال شدن آنزیم لیپوکسیژناز و همچنین انحلال بخشی از فیبرهای رژیمی گردد (۱۲ و ۱۳).

در پژوهش‌های متعددی تأثیر تخمیر خمیرترش بر کاهش میزان اسید فیتیک انواع نان موردبررسی قرارگرفته است. به‌عنوان‌مثال، تخمیر خمیرترش سنّتی در فرآوری نان بربری (۱۴)، تخمیر خمیرترش حاوی کشت‌های آغازگر

Archive of SID

www.SID.ir

لاکتوباسیلوس پلانتاروم[1] و *لاکتوباسیلوس روتری*[2] در تولید نان لواش (۱۵)، تخمیر خمیرترش حاوی کشت‌های آغازگر *لاکتوباسیلوس روتری* (۱۶) و همچنین *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لوکونستوک مزنتروئیدیس*[3] (۶) در فرآوری نان-های حجیم حاصل از آرد گندم نشان داد که در صورت کنترل شرایط تخمیر خمیرترش می‌توان مقدار اسید فیتیک نان تولیدی را در مقایسه با تخمیر مخمری به نحو چشمگیری کاهش داد. باکتری‌های اسیدلاکتیک خمیرترش با کاهش pH به محدوده بهینه فعالیت آنزیم فیتاز (حدود ۴ تا ۴/۵) در کاهش اسید فیتیک مؤثر هستند. علاوه بر این، برخی از باکتری‌های مذکور از قابلیت آبکافت فیتات نیز برخوردارند (۱۱ و ۱۶).

هدف از اجرای این پژوهش، ارزیابی تأثیر شرایط مختلف دما و زمان تخمیر خمیرترش آرد جو حاوی کشت آغازگر *پدیوکوکوس استیلسی*[4] حاصل از سه بازده خمیر متفاوت بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان بربری تولیدی بود.

مواد و روش‌ها

مواد خام و تجهیزات مورداستفاده

آرد گندم مصرفی در این پژوهش که از کارخانه آرد زاهدی گرگان تهیه گردید، دارای ۷۶ درصد استخراج، ۱۰/۹۰ درصد پروتئین، ۲۵/۸۵ درصد گلوتن مرطوب، ۱۳/۸۰ درصد رطوبت و ۰/۷۵ درصد خاکستر و آرد جو پوشینه‌دار مورداستفاده که از بازار محلی تهیه‌شده بود، نیز دارای ۱۱/۶ درصد پروتئین، ۶۱/۷ درصد کربوهیدرات و ۱/۹ درصد خاکستر بود. این ویژگی‌ها بر اساس روش‌های مدوّن AACC تعیین‌شده بود (۱۷). کشت آغازگر خمیرترش از جدایه‌های لاکتیکی غالب خمیرترش آرد کامل جو (۱۸)، مخمر خشک فعال *ساکارومایسس سرویزیه* از شرکت ایران ملاس فریمان، محیط کشت MRS Broth از شرکت مرک آلمان و مواد شیمیایی مورداستفاده در این پژوهش نیز از شرکت سیگمای آمریکا تهیه گردیدند. تجهیزات مورداستفاده نیز شامل سانتریفوژ (هانیل Combi 514R، کره جنوبی)، گرمخانه (بهداد، ایران)، اسپکتروفوتومتر (PG اینسترومنتز LTD T80، انگلستان) بودند و پخت نان در فر پخت یک نانوایی بربری مطابق با استاندارد ملی ایران انجام شد.

فرآوری خمیرترش

کشت آغازگر *پدیوکوکوس استیلسی* از تک پرگنه کشت خطی یکی از جدایه‌های لاکتیکی غالب خمیرترش آرد کامل جو که با توالی‌یابی محصولات PCR دارای پرایمر اختصاصی، تائید شناسایی گردیده بود، تأمین شد (۱۸). برای فرآوری خمیرترش، پس از فعال‌سازی آغازگر اختصاصی مذکور در محیط کشت MRS broth و رسیدن به جمعیت 10^8 CFU/gr، سلول‌های تازه میکروبی با سانتریفوژ کردن زیست‌توده تولیدی در سرعت g ۵۰۰۰ و دمای $4\ ^oC$ به مدت ۱۵ دقیقه، از محیط کشت جدا گردید و به میزان ۱/۵ درصد نسبت به وزن آرد در تولید خمیرترش مورداستفاده قرار گرفت (۱۹). برای فرآوری خمیرترش، بازده خمیر (نسبت خمیر به آرد، ضرب‌در صد) در نسبت‌های ۱۶۰، ۲۷۰ و ۴۵۰ تنظیم شد. سپس خمیرترش‌های تولیدی در محدوده‌های دمایی (۲۸، ۳۲، $36\ ^oC$) و زمانی (۱۶، ۲۴، ۳۲ h) مختلف تخمیر گردیدند. برای تعیین اسیدیته قابل تیتر خمیرترش (برحسب اسیدلاکتیک) نیز معادل ۱۰g از هر تیمار خمیرترش با ml ۹۰ آب مقطر، مخلوط و یکنواخت شد. سپس مخلوط مذکور توسط سود با نرمالیته ۰/۱ تا pH معادل ۸/۵ تیتر شد و اسیدیته برحسب حجم سود صرفی گزارش گردید (۲۰).

تهیه نان بربری فاقد خمیرترش (شاهد)

برای تهیه نمونه نان شاهد از مخلوط آرد، آب، یک درصد وزنی نمک و یک درصد وزنی از مخمر خشک فعال حاوی *ساکارومایسس سرویزیه* استفاده شد. میزان آب موردنیاز و همچنین شرایط مخلوط کردن برای تهیه خمیر نان

[1]. *Lactobacillus plantarum*

[2]. *Lactobacillus reuteri*

[3]. *Lactobacillus mesenteroides*

[4]. *Pediococcus stilesii*

www.SID.ir
Archive of SID

بربری مطابق با روش استاندارد ملی ایران صورت گرفت. خمیر نان شاهد، فاقد خمیرترش بود و مرحله نخست تخمیر این مخلوط در دمای ۳۰ °C به مدت ۳۰ دقیقه و تخمیر نهایی آن پس از تقسیم کردن و شکل دادن در دمای ۴۲ °C به مدت ۹۰ min صورت پذیرفت. سپس نمونه‌های تولیدی در فر پخت یک نانوایی بربری پخته شدند (۴).

تهیه نان بربری با استفاده از خمیرترش‌های تولیدی

برای تهیه نان بربری خمیرترشی، نسبت ۲۰ درصد وزنی از هر یک از تیمارهای خمیرترش به خمیر مشابه نمونه شاهد افزوده شد و سپس تحت شرایط یکسان تخمیر و پخت با نمونه شاهد، فرآوری گردید. مقدار خمیرترش مذکور قبل از تخمیر نهایی به خمیر افزوده شد و نان تولیدی پس از پخت، حدود یک ساعت در شرایط بهداشتی، سرد و برای مراحل بعدی مورداستفاده قرار گرفت (۴ و ۸).

تعیین میزان اسید فیتیک نمونه‌های خمیر و نان تولیدی

پس از تولید خمیر نان بربری (منظور خمیر نان تهیه‌شده با تیمارهای مختلف خمیرترش و قبل از مرحله پخت نان می‌باشد) و نان‌های بربری خمیرترشی، مقدار اسید فیتیک آن‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد بر اساس آزمون جذب سنجی مبتنی بر تعیین میزان آهن مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش، اسید فیتیک با محلول آهن سه‌ظرفیتی (با محتوای آهن مشخص)، رسوب داده شد و کاهش میزان آهن در مایع رویی به‌عنوان معیاری از میزان اسید فیتیک سنجیده گردید. برای استخراج اسید فیتیک از نمونه‌های خمیر و نان از هضم با اسیدکلریدریک ۰/۵ M به مدت ۳ h و سپس سانتریفوژ در ۳۰۰۰ rpm به مدت ۳۰ min استفاده شد. در مرحله بعد به ۰/۵ ml از محلول استخراج‌شده، ۱ ml از محلول سولفات آهن آمونیومی افزوده شد و این مخلوط پس از ۳۰ min گرمخانه گذاری در حمام آب جوش تا رسیدن به دمای محیط بر روی یخ قرار گرفت. سپس ۱/۵ ml از محلول یک درصد ۲-۲ بی‌پیریدین به محلول قبلی اضافه گردید و جذب نمونه بلافاصله با اسپکتروفوتومتر در طول‌موج ۵۱۹ nm در مقایسه با منحنی استاندارد حاصل از خوانش جذب رقت‌های مختلف محلول استاندارد اسید فیتیک (محلول هیدراته نمک اسید فیتیک برنج)، تعیین گردید (۲۱).

تجزیه‌وتحلیل آماری

نتایج حاصل از این پژوهش در قالب طرح آماری پایه کاملاً تصادفی به روش فاکتوریل با سه تکرار و به کمک نرم-افزار Minitab نسخه 16.2.3 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Office Excel, 2013 و CurveExpert نسخه 2.4 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح ۹۵درصد صورت گرفت.

نتایج

تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش آرد جو

تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش به‌عنوان تابعی از زمان و دمای تخمیر در بازده‌های مختلف خمیر در شکل ۱ نشان داده‌شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، بیشترین مقدار اسیدیته در محدوده ۱۶ تا ۲۰ درصد قرار دارد. بر اساس نتایج، افزایش زمان تخمیر، در تمام دماها و بازده‌های خمیر، میزان اسیدیته قابل تیتر خمیرترش را به‌طور معنی‌داری افزایش داد ($P \leq ۰/۰۵$). بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتر خمیرترش (۲۱/۳۳ درصد) مربوط به شرایط دمایی ۳۶ °C، زمان تخمیر ۳۲ h و بازده خمیر ۴۵۰ و کمترین مقدار آن (۱۴/۵۴ درصد) مربوط به شرایط دمایی ۱۶ °C، زمان تخمیر ۱۶ h و بازده خمیر ۱۶۰ بود. به‌عبارت‌دیگر، تغییر شرایط دمایی و بازده خمیر از کمترین به بیشترین مقادیر خود باعث افزایش ۴۶/۷۳ درصدی در مقدار اسیدیته قابل تیتر گردید. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، در تمام دماهای تخمیر و مقادیر مختلف بازده خمیر، با افزایش زمان تخمیر از ۱۶ به ۳۲ h، مقدار اسیدیته قابل تیتر افزایش یافت که شیب صفحات قرارگرفته در بازده ۴۵۰ به‌خوبی بیانگر این واقعیت است. کمترین مقدار این افزایش مربوط به بازده خمیر ۱۶۰ و دمای تخمیر ۲۸ °C به میزان ۷/۵۴ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط به بازده خمیر ۴۵۰ و دمای تخمیر ۳۲ °C به میزان ۲۵/۰۳ درصد بود. علاوه بر این در هر سه

Archive of SID

www.SID.ir

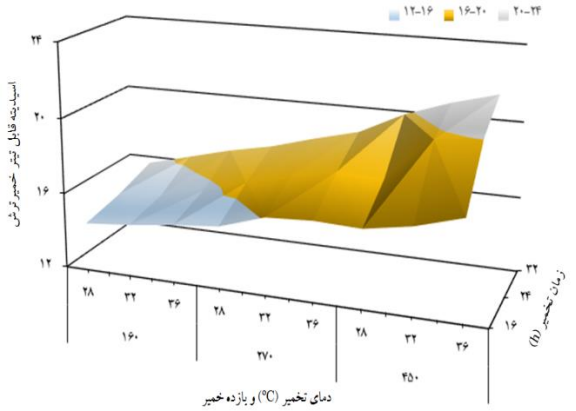
بازده خمیر، با افزایش دما از ۲۸ °C به ۳۶ °C، مقدار اسیدیته قابل تیتر در هر سه زمان تخمیر، افزایش پیدا کرد که کمترین مقدار این افزایش (۳/۶۰ درصد) مربوط به بازده خمیر ۱۶۰ و زمان تخمیر ۱۶ h و بیشترین مقدار آن (۱۵/۳۲ درصد) مربوط به بازده خمیر ۴۵۰ و زمان تخمیر ۲۴ h بود. به طور کلی، در تمام بازده‌های خمیر، اثر زمان تخمیر برافزایش اسیدیته قابل تیتر خمیرترش در مقایسه با اثر دمای تخمیر بیشتر بود و مقدار آن را بیشتر افزایش داد. در ارتباط با اثر بازده خمیر نیز نتایج حاکی از افزایش معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) مقادیر اسیدیته قابل تیتر با افزایش مقادیر بازده خمیر بود. بیشترین مقدار اسیدیته قابل تیتر نیز به بازده خمیر ۴۵۰ در تمام شرایط دمایی و زمانی تعلق داشت. همچنین مقدار اسیدیته قابل تیتر خمیرترش در شرایط فرایند به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) از مقدار اسیدیته قابل تیتر نمونه شاهد (۰/۲۸۳) بیشتر بود.

تغییرات pH خمیر نان فرآوری شده با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

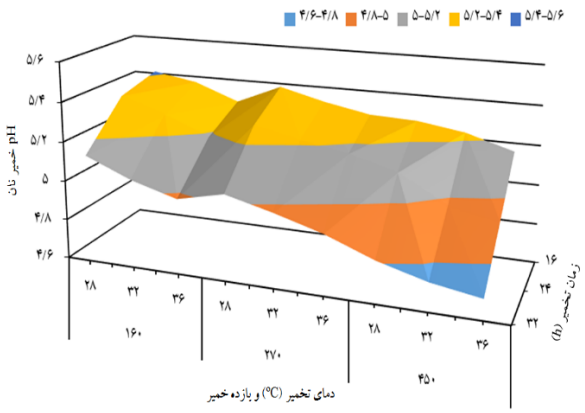
در شکل ۲، تغییرات pH خمیر نان به‌عنوان تابعی از بازده‌های مختلف خمیر، زمان و دمای تخمیر خمیرترش آرد جو نشان داده‌شده است. استفاده از خمیرترش تهیه‌شده در دمای ۲۸ °C، زمان ۱۶ h و بازده خمیر ۱۶۰ بالاترین مقدار pH را ایجاد نمود (۵/۴۱)، درحالی‌که کمترین مقدار pH (۴/۷۰) مربوط به استفاده از خمیرترش تهیه‌شده در دمای ۳۶ °C، زمان ۳۲ h و بازده خمیر ۴۵۰ بود که حدود ۱۳/۰۷ درصد کاهش را نشان می‌داد. بر اساس این نتایج، با افزایش زمان تخمیر، میزان pH خمیر نان در تمام دماهای تخمیر و بازده‌های خمیر، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P \leq ۰/۰۵$) که بیشترین مقدار این کاهش مربوط به بازده خمیر ۴۵۰ با دمای تخمیر ۳۲ °C به میزان ۹/۳۱ درصد بود. افزایش دمای تخمیر از ۲۸ °C تا ۳۶ °C نیز باعث کاهش معنی‌دار ($P \leq ۰/۰۵$) pH خمیر نان در تمام مقادیر بازده خمیر گردید. همچنین با افزایش بازده خمیر، مقادیر pH در تمام زمان‌ها و دماهای تخمیر به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) کاهش یافت به‌نحوی‌که کمترین مقدار pH مربوط به بازده خمیر ۴۵۰ بود. pH نمونه‌های حاوی خمیرترش در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد خمیرترش) نیز به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) پایین‌تر بود، به‌گونه‌ای که مقدار میانگین pH برای نمونه شاهد ۵/۵۶ و برای نمونه‌های حاوی خمیرترش (در شرایط مختلف) ۵/۱۳ بود.

تغییرات اسید فیتیک خمیر نان فرآوری شده با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱)، با افزایش زمان و دمای تخمیر، میزان اسید فیتیک خمیر نان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P \leq ۰/۰۵$) که این کاهش در تمام بازده‌های خمیر نیز مشاهده گردید. بیشترین مقدار اسید فیتیک مربوط



شکل ۱. تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش (برحسب اسیدلاکتیک) در بازده‌های مختلف خمیر تحت تأثیر دما و زمان تخمیر.



شکل ۲. تغییرات pH خمیر نان در بازده‌های مختلف خمیر تحت تأثیر دما و زمان تخمیر.

Archive of SID

www.SID.ir

به خمیرترش فرآوری شده در دمای ۲۸ °C، زمان ۱۶ h و بازده خمیر ۱۶۰ به میزان ۴۰۰/۲۵۷ mg در هر ۱۰۰g خمیر بود، درحالی‌که کمترین مقدار آن در دمای ۳۶ °C، زمان ۳۲ h و بازده خمیر ۴۵۰ به میزان ۲۹۹/۹۲۰ mg بر ۱۰۰ g خمیر اندازه‌گیری شد که تغییر شرایط مذکور باعث کاهش ۲۵ درصدی اسید فیتیک در خمیر نان گردید. با افزایش بازده خمیر، مقدار اسید فیتیک خمیر نان در تمامی دماها و زمان‌های تخمیر خمیرترش به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) کاهش یافت. طی افزایش زمان از ۱۶ به ۳۲ h، نرخ کاهش اسید فیتیک در خمیر نان در بازده خمیر ۴۵۰ حدود ۱۴/۸۸ درصد بود درحالی‌که این کاهش در بازده‌های خمیر ۲۷۰ و ۱۶۰ به‌ترتیب ۱۲/۶۴ و ۸/۸۳ درصد بود. افزایش دما نیز اگرچه باعث کاهش مقدار اسید فیتیک در تمامی مقادیر بازده خمیر گردید اما در مقایسه با متغیر زمان، تأثیر کمتری نشان داد. اثرات متقابل دما و زمان‌بر کاهش مقدار اسید فیتیک نیز در اکثر موارد معنی‌دار بود ($P \leq ۰/۰۵$). در شکل ۳ نیز میانگین تغییرات اسید فیتیک خمیر نان (میانگین همه بازده‌ها) تحت تأثیر دما و زمان تخمیر خمیرترش نشان داده‌شده است. همان‌گونه که مشخص است افزایش زمان و دمای تخمیر در حالت کلی نیز باعث کاهش میزان اسید فیتیک خمیر نان می‌گردد. میزان اسید فیتیک خمیر نان در شرایط فرایند از مقدار آن در نمونه شاهد (۵۰۷/۱۶۷ mg در ۱۰ g) نیز به شکل معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) کمتر بود.

تغییرات اسید فیتیک در نان‌های بربری تولیدی با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

نتایج حاصل از تغییرات اسید فیتیک در نان‌های بربری تولیدی در جدول ۲ نشان داده‌شده است. بر اساس نتایج حاصل، میزان اسید فیتیک نان‌ها به‌طور معنی‌داری ($P \leq ۰/۰۵$) طی افزایش زمان و دمای تخمیر خمیرترش در تمام مقادیر بازده خمیر اولیه کاهش یافتند.

جدول ۱. تغییرات میزان اسید فیتیک خمیر نان تولیدی با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

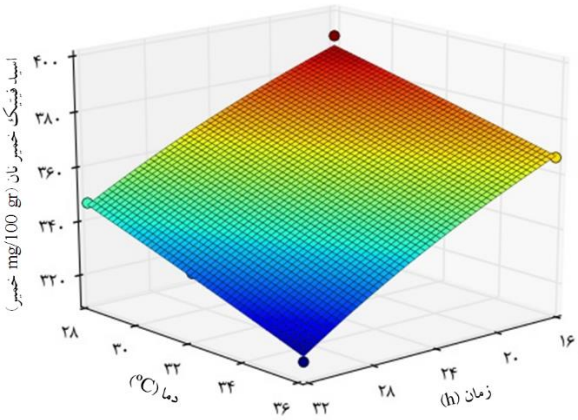
بازده خمیر	دما (°C)	زمان (h) ۱۶	زمان (h) ۲۴	زمان (h) ۳۲	میانگین
۱۶۰	۲۸	۴۰۰/۲۵۷±۰/۴۱۸^{a}	۳۷۸/۱۵۷±۰/۲۴۲^{d}	۳۶۹/۴۷۰±۰/۵۹۹^{g}	۳۸۲/۶۲۸±۱۵/۸۷۳^{A}
	۳۲	۳۷۹/۰۸۷±۰/۷۸۲^{d}	۳۷۲/۵۶۰±۰/۴۶۵^{f}	۳۵۲/۴۴۷±۰/۵۱۵^{k}	۳۶۸/۰۳۱±۱۳/۸۸۵^{B}
	۳۶	۳۷۱/۵۷۷±۰/۷۱۲^{f}	۳۶۰/۰۷۷±۰/۲۴۴^{i}	۳۲۷/۴۲۳±۰/۲۸۳^{q}	۳۵۳/۰۲۶±۲۲/۹۰۶^{F}
	میانگین	۳۸۳/۶۴۰±۱۴/۸۷۲^{A}	۳۷۰/۲۶۵±۹/۲۵۶^{D}	۳۴۹/۷۸۰±۲۱/۱۵۰^{F}	میانگین
۲۷۰	۲۸	۳۸۹/۳۶۰±۰/۰۴۶^{r}	۳۶۸/۳۳۷±۰/۴۵۸^{gh}	۳۴۱/۶۳۳±۰/۰۴۰^{n}	۳۶۶/۴۴۳±۲۳/۹۲۰^{C}
	۳۲	۳۷۵/۶۲۳±۰/۲۳۹^{e}	۳۵۵/۸۸۷±۰/۲۱۰^{j}	۳۲۹/۸۵۷±۰/۰۴۰^{p}	۳۵۳/۷۸۹±۲۲/۹۵۵^{E}
	۳۶	۳۶۷/۲۸۰±۰/۲۹۵^{h}	۳۵۰/۱۳۰±۰/۲۰۰^{l}	۳۱۷/۶۴۷±۰/۱۲۷^{r}	۳۴۵/۰۱۹±۲۵/۲۰۸^{G}
	میانگین	۳۷۷/۴۲۱±۱۱/۱۴۹^{B}	۳۵۸/۱۱۸±۹/۳۰۶^{E}	۳۲۹/۷۱۲±۱۱/۹۹۴^{H}	میانگین
۴۵۰	۲۸	۳۸۳/۶۹۰±۰/۸۷۰^{c}	۳۵۱/۹۵۰±۰/۲۲۵^{k}	۳۲۹/۶۵۳±۰/۲۲۹^{p}	۳۵۵/۰۹۸±۲۷/۱۵۶^{D}
	۳۲	۳۶۹/۳۴۰±۰/۴۵۵^{g}	۳۴۳/۱۰۰±۰/۲۶۳^{m}	۳۱۷/۷۶۳±۰/۶۴۷^{r}	۳۴۳/۴۰۱±۲۵/۷۹۰^{H}
	۳۶	۳۵۹/۹۶۷±۰/۱۹۹^{i}	۳۳۵/۴۰۷±۰/۴۴۹^{o}	۲۹۹/۹۲۰±۰/۲۳۳^{s}	۳۳۱/۷۶۵±۳۰/۱۸۹^{I}
	میانگین	۳۷۰/۹۹۹±۱۱/۹۴۸^{C}	۳۴۳/۴۸۶±۸/۲۷۸^{G}	۳۱۵/۷۷۹±۱۴/۹۶۵^{I}	

میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت در هر سطر و ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P \leq ۰/۰۵$).

میانگین‌های دارای حروف بزرگ متفاوت در هر سطر و ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P \leq ۰/۰۵$).

Archive of SID

www.SID.ir



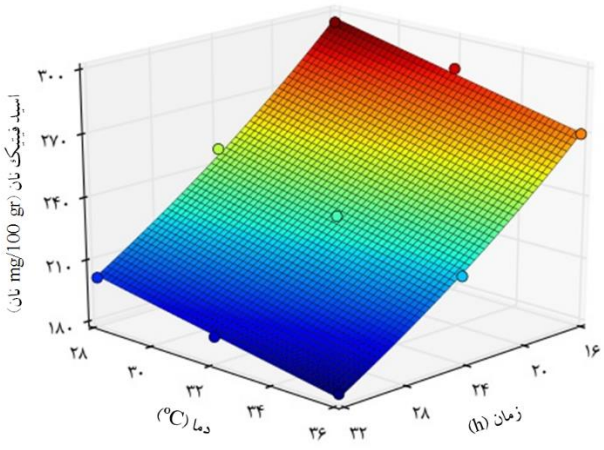
شکل ۳.تغییرات اسید فیتیک خمیر نان به‌عنوان تابعی از دما و زمان تخمیر خمیرترش آرد جو.

تغییرات اسید فیتیک در نان‌های بربری تولیدی با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

نتایج حاصل از تغییرات اسید فیتیک در نان‌های بربری تولیدی در جدول ۲ نشان داده‌شده است. بر اساس نتایج حاصل، میزان اسید فیتیک نان‌ها به‌طور معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۵) طی افزایش زمان و دمای تخمیر خمیرترش در تمام مقادیر بازده خمیر اولیه کاهش یافتند. بیشترین مقدار اسید فیتیک (۳۰۹/۴۵۳ mg بر ۱۰۰ g نان) مربوط به نان‌های تولیدشده در دمای ۲۸ °C، زمان ۱۶ h و بازده خمیر ۱۶۰ بود، درحالی‌که کمترین مقدار آن (۱۶۷/۸۵۷ mg بر ۱۰۰ g نان) در نان‌های تولیدی در دمای ۳۶ °C، زمان ۳۲ h و بازده خمیر ۴۵۰ مشاهده شد که کاهش ۴۵/۷۶ درصدی را نشان می‌داد. نرخ کاهش مقدار میانگین اسید فیتیک طی افزایش زمان تخمیر از ۱۶ تا ۳۲ h در تمام بازده‌های خمیر تقریباً نزدیک به هم و بین ۳۱/۷۱ تا ۳۲/۹۱ درصد متغیر بود و این حالت در مورد افزایش دمای تخمیر از ۲۸ °C تا ۳۶ °C با دامنه کاهش ۹/۲۳ تا ۱۰/۵۷ درصدی نیز صادق بود. همچون صفات قبل، در نان‌های تولیدی نیز افزایش زمان در مقایسه با متغیر دما باعث کاهش بیشتر مقدار اسید فیتیک نمونه‌ها گردید. علاوه بر این، اثرات متقابل دما و زمان تخمیر بر کاهش مقدار اسید فیتیک نیز معنی‌دار بود ($P \leq$۰/۰۵). شکل ۴ نیز میانگین تغییرات اسید فیتیک نان (میانگین همه بازده‌ها) را تحت تأثیر دما و زمان تخمیر نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، افزایش زمان و دمای تخمیر خمیرترش آرد جو در حالت کلی نیز باعث کاهش میزان اسید فیتیک نان می‌گردد. لازم به ذکر است که میزان اسید فیتیک نان تولیدی با خمیرترش در شرایط فرایند به شکل معنی‌داری ($P \leq$۰/۰۵) از مقدار آن در نان تولیدشده با نمونه شاهد (۳۷۸/۹۵۷ mg در ۱۰۰ g) نیز کمتر بود.

رابطه اسیدیته قابل تیتر خمیرترش آرد جو با میزان اسید فیتیک خمیر و نان بربری تولیدی

رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با میزان اسید فیتیک خمیر نان و نان بربری تولیدی به‌ترتیب دارای ضرایب همبستگی ۰/۹۴۷ (مدل خطی) و ۰/۸۴۲ (مدل توان لجیستیک) بود و با افزایش اسیدیته قابل تیتر خمیرترش، مقدار اسید فیتیک کاهش یافت (شکل ۵). بالا بودن ضرایب همبستگی بین پارامترهای مذکور، مبیّن ارتباط معنی‌دار و نزدیک‌بین عوامل مؤثر بر تخمیر خمیرترش همچون دما و زمان تخمیر با میزان اسید فیتیک خمیر نان و نان بربری تولیدی بود.



شکل ٤.تغییرات اسید فیتیک نان بربری تولیدی به‌عنوان تابعی از دما و زمان تخمیر خمیرترش آرد جو.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. تغییرات میزان اسید فیتیک نان‌های بربری تولیدی با تیمارهای مختلف خمیرترش آرد جو

بازده خمیر	دما (°C)	زمان (h) ۱۶	زمان (h) ۲۴	زمان (h) ۳۲	میانگین
۱۶۰	۲۸	۳۰۹/۴۵۳±۰/۰۸۳^{a}	۲۵۷/۳۶۳±۰/۱۳۶^{i}	۲۱۷/۲۰۷±۰/۲۵۹^{p}	۲۶۱/۳۴۱±۴۶۰/۲۵۱^{A}
	۳۲	۳۰۰/۲۸۷±۰/۱۲۷^{b}	۲۳۸/۸۸۷±۰/۲۷۵^{l}	۲۰۰/۵۷۳±۰/۱۱۲^{r}	۲۴۶/۵۸۲±۵۰/۳۰۰^{C}
	۳۶	۲۸۵/۶۶۳±۰/۰۷۵^{e}	۲۲۹/۵۲۷±۰/۰۹۵^{m}	۱۹۳/۶۵۳±۰/۰۹۶^{t}	۲۳۶/۲۸۱±۴۶/۳۷۵^{E}
	میانگین	۲۹۸/۴۶۸±۱۱/۹۹۹^{A}	۲۴۱/۹۲۶±۱۴/۱۶۵^{D}	۲۰۳/۸۱۱±۱۲/۱۰۶^{G}	میانگین
۲۷۰	۲۸	۲۹۹/۰۵۰±۰/۲۵۲^{c}	۲۴۶/۴۲۰±۰/۲۱۰^{k}	۱۹۷/۳۵۷±۰/۰۸۵^{s}	۲۴۷/۶۰۹±۵۰/۸۵۷^{B}
	۳۲	۲۹۱/۶۰۳±۰/۱۹۱^{d}	۲۲۹/۹۷۰±۰/۱۳۲^{m}	۱۹۲/۳۹۷±۰/۳۷۵^{u}	۲۳۷/۹۹۰±۵۰/۰۸۷^{D}
	۳۶	۲۶۸/۵۲۳±۰/۲۵۲^{g}	۲۱۹/۰۴۷±۰/۲۴۸^{o}	۱۸۶/۶۶۷±۰/۰۶۷^{w}	۲۲۴/۷۴۶±۴۱/۲۲۴^{G}
	میانگین	۲۸۶/۳۹۲±۱۵/۹۱۷^{B}	۲۳۱/۸۱۲±۱۳/۷۷۹^{E}	۱۹۲/۱۴۰±۵/۳۵۰^{H}	میانگین
۴۵۰	۲۸	۲۷۷/۱۷۰±۰/۴۵۱^{f}	۲۳۸/۸۱۷±۰/۰۷۲^{l}	۱۸۹/۲۴۷±۰/۰۷۵^{v}	۲۳۵/۰۷۸±۴۴/۰۸۱^{F}
	۳۲	۲۶۶/۴۶۰±۰/۳۱۸^{h}	۲۲۳/۴۴۳±۰/۰۹۳^{n}	۱۷۸/۹۹۷±۰/۱۴۶^{x}	۲۲۲/۹۶۷±۴۳/۷۳۳^{H}
	۳۶	۲۵۴/۲۴۳±۰/۳۹۵^{j}	۲۰۸/۵۷۰±۰/۲۰۰^{q}	۱۶۷/۸۵۷±۰/۱۷۹^{y}	۲۱۰/۲۲۳±۴۳/۲۱۷^{I}
	میانگین	۲۶۵/۹۵۸±۱۱/۴۷۲^{C}	۲۲۳/۶۱۰±۱۵/۱۲۴^{F}	۱۷۸/۷۰۰±۱۰/۶۹۸^{I}	

میانگین‌های دارای حروف کوچک متفاوت در هر سطر و ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P \leq ۰/۰۵$).

میانگین‌های دارای حروف بزرگ متفاوت در هر سطر و ستون دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($P \leq ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

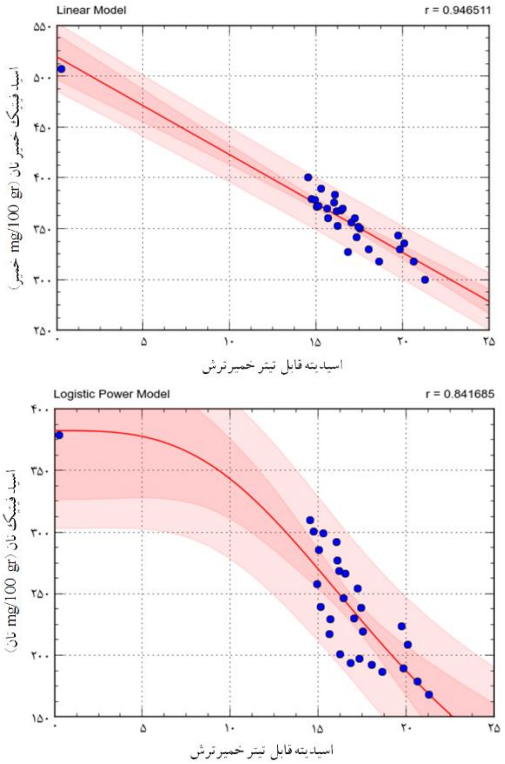
نوع کشت آغازگر، ترکیب سوبسترا و شرایط دمایی و زمانی تخمیر، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات اسیدیته قابل تیتر خمیرترش هستند (۷). باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در خمیرترش، از طریق تولید اسیدهای آلی، باعث افزایش معنی‌دار اسیدیته قابل تیتر خمیرترش در مقایسه با نمونه‌های شاهد می‌گردند. علاوه بر این، اسیدیته قابل تیتر به عواملی همچون نوع و نمونه انتخابی آرد مصرفی، درجه استحصال آرد و طیف میکروبی خمیر نیز بستگی دارد. اسیدیته بالا در خمیر مورداستفاده برای تهیه نان جو به دلیل اینکه می‌تواند طعم و مزه شدید جو را بپوشاند یک ویژگی مطلوب به شمار می‌آید (۲۲). در مطالعه صورت گرفته توسط وو[1] و همکاران (۲۰۱۲) نیز مشخص گردید که تولید اسید توسط آغازگرهای اسیدلاکتیک به‌طور معنی‌داری بیشتر از آغازگرهای طبیعی موجود در مواد خام اولیه بودند (۲۳). در ارتباط با اثر زمان تخمیر بر خصوصیات نان تولیدی از خمیرترش نیز اپلویچ[2] و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که باگذشت زمان، مقدار اسیدیته قابل تیتر افزایش می‌یابد (۲۴).

فاید[3] و همکاران (۱۹۹۳) عنوان کردند که پایین‌تر بودن pH نمونه‌های حاوی خمیرترش به دلیل حضور هم‌زمان مخمر و باکتری‌های اسیدلاکتیک و برهم‌کنش میان آن‌ها است (۲۵). بر اساس اظهارات پارامیتیوتیس[4] و همکاران (۲۰۰۶)، رشد بهتر باکتری‌های اسیدلاکتیک در حضور مخمرها، عمدتاً به دلیل تولید اسیدهای آمینه خاص و پپتیدهای کوچک توسط مخمرها طی رشد و یا درنتیجه اتو لیز سریع آن‌ها است که این رشد بهتر باکتری‌های

1. Wu
2. Aplevicz
3. Faid
4. Paramithiotis

www.SID.ir

اسیدلاکتیک منجر به افت بیشتر pH نمونه‌های حاوی خمیرترش می‌گردد.



شکل ۵. رابطه رگرسیونی اسیدیته قابل تیتر خمیرترش با میزان اسید فیتیک خمیر و نان بربری تولیدی.

حضور باکتری‌های اسیدلاکتیک در خمیرترش به دلیل افزایش تولید اسید، باعث کاهش سریع‌تر pH می‌شود که این مسئله به دلیل کاهش زمان تخمیر ازنظر هزینه‌های تولید نیز اقتصادی‌تر است (۲۶). همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که افت pH ناشی از تولید اسید باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آمیلاز موجود در خمیر شده که بالطبع کاهش بیاتی و افزایش زمان ماندگاری محصول را در پی خواهد داشت (۲۳).

اسید فیتیک توانایی بالایی در شلاته کردن کاتیون‌های رژیمی (پتاسیم، منیزیم و روی) و تشکیل کمپلکس‌های نامحلول از املاح آن‌ها دارد که باعث کاهش دسترسی زیستی به این املاح شده و بدن را با کمبود آن‌ها مواجهه می‌کند. طی فرآوری مواد غذایی اسید فیتیک به اینوزیتول با محتوای فسفات کمتر هیدرولیز می‌شود که در مقایسه با اسید فیتیک از خاصیت باندکنندگی املاح به‌مراتب کمتری برخوردار است. کاهش مقدار اسید فیتیک طی تخمیر لاکتیکی معمولاً به هیدرولیز آن توسط فیتات‌های داخلی (مربوط به دانه) و فیتازهای میکروبی خمیرترش وابسته است. فعالیت آنزیم فیتاز نیز به pH، دما، مقدار رطوبت و زمان تخمیر بستگی دارد و محیط اسیدی این فعالیت را سرعت می‌بخشد. نقش اصلی خمیرترش در بهبود دسترسی زیستی به املاح نیز به‌واسطه اسیدی شدن زیستی است (۲۲). هرچند pH مطلوب جهت تجزیه فیتات در آرد گندم، معادل ۴/۵ است (۹) اما لینهاردت[1] و همکاران (۲۰۰۵) با ارزیابی تغییر میزان هیدرولیز فیتات به‌واسطه تخمیر خمیرترش دریافتند که افت جزئی pH تا حدود ۵/۵ نیز منجر به کاهش چشمگیر مقدار فیتات (تا حدود ۳۵ درصد) در محصول تولیدی می‌گردد، لذا استفاده از خمیرترش می‌تواند به نحو کاملاً مؤثر، هیدرولیز اسید فیتیک و دسترسی به املاح را افزایش دهد (۲۷).

ازآنجاکه عموماً با افزایش دما و زمان تخمیر، تولید اسیدهای آلی افزایش‌یافته و pH را به محدوده بهینه فعالیت آنزیم فیتاز نزدیک می‌کند لذا آنزیم فیتاز در شرایط و زمان عمل مطلوب‌تری قرارگرفته و می‌تواند اسید فیتیک را به نحو مؤثرتری هیدرولیز نماید. البته تشکیل ترکیبات محلول از کمپلکس‌های نامحلول اسید فیتیک توسط متابولیت‌های تولیدی در حین تخمیر نیز در این امر مؤثر هستند. از سوی دیگر، چنانچه مدت‌زمان تخمیر از حد معینی بیشتر شود، افزایش بازدارندگی در فعالیت فیتاز به‌واسطه انباشتگی بیش‌ازحد فسفر غیر آلی ناشی از فسفریلاسیون مجدد اسید فیتیک منجر به کاهش هیدرولیز آن خواهد شد (۸ و ۹).

تخمیر توسط مخمر نانوایی تنها ۳۸ درصد از اسید فیتیک موجود را هیدرولیز می‌کند درحالی‌که با استفاده از خمیرترش می‌توان این میزان را تا ۶۲ درصد افزایش داد. ازجمله دلایل احتمالی کاهش میزان اسید فیتیک در نان‌های تهیه‌شده توسط خمیرترش، فعالیت فیتازی باکتری‌های

[1]. Leenhardt

www.SID.ir

اسیدلاکتیک می‌باشد (۱۲). دآنجلیس[1] و همکاران (۲۰۰۳) قابلیت تجزیه فیتات توسط دوازده جنس از باکتری‌های اسیدلاکتیک جداشده از خمیرترش را موردمطالعه قرار داده و دریافتند که این ویژگی با توجه به جنس و نژاد آغازگر لاکتیکی، بسیار متفاوت است (۱۱). بر اساس نتایج پژوهش چائوی[2] و همکاران (۲۰۰۶) نیز استفاده از نان تولیدی با خمیرترش سنّتی در وعده‌های غذایی موش‌های آزمایشگاهی سبب افزایش میزان آهن نسبت به رژیم غذایی حاوی نان غیر خمیرترشی شد که دلیل احتمالی آن فعالیت بالای فیتازی باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در خمیرترش سنّتی عنوان گردید (۲۸). علاوه بر فعالیت فیتازی آغازگرهای لاکتیکی خمیرترش، تأثیر اسیدهای آلی تولیدی توسط آن‌ها در حین تخمیر جهت رساندن pH به محدوده بهینه فعالیت آنزیم فیتاز و متعاقباً افزایش دسترسی زیستی به املاح نیز نقش دارد (۲۹ و ۳۰).

همان‌گونه که پیشتر اشاره شد، زمان تخمیر در مقایسه با دمای تخمیر در کاهش میزان اسید فیتیک نمونه‌ها تأثیر بیشتری از خود نشان داد. بادریک[3] و همکاران (۲۰۱۴) نیز با بررسی تأثیر شرایط تخمیر و فرآوری نان‌های حاصل از آرد کامل گندم، جو دوسر و چاودار بر تغییر محتوای اسید فیتیک دریافتند که زمان تخمیر از بین عوامل موردبررسی، تأثیر بیشتری بر کاهش میزان فیتات دارد اما تأثیر دمای تخمیر در مطالعه مذکور چندان بارز نبود (۹).

نتیجه کلی این پژوهش نشان می‌دهد که آغازگرهای لاکتیکی خمیرترش به دلیل فعالیت فیتازی بالا و همچنین تأثیری که بر کاهش pH از طریق تولید اسیدهای آلی دارند، زمینه را برای هیدرولیز هرچه بیشتر اسید فیتیک فراهم نموده و مقدار آن را کاهش می‌دهند. بااین‌حال، جهت کاهش هر چه بیشتر اسید فیتیک باید شرایط عمل، خصوصاً بازده مناسب خمیر در فرآوری خمیرترش و همچنین شرایط دمایی و زمانی تخمیر را به‌گونه‌ای انتخاب نمود که از حداکثر توان آغازگرهای خمیرترش در کاهش اسید فیتیک بیشترین استفاده به‌عمل‌آمده و دسترسی زیستی بدن به املاح ضروری افزایش یابد.

منابع

1- Cauvain SP, Young LS. The Chorleywood bread process: Woodhead Publishing 2006, p 1.

۲- صادقی ع ر، رئیسی م، ابراهیمی م، عابدفر ع، دادبان شهامت ی. تأثیر تخمیر کنترل‌شده خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس برویس* بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان تولیدی. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۱۳۹۵؛ ۲۶ (۱۴۱): ۱۶-۲۵.

۳- سازمان ملی استاندارد ایران. نان‌های سنتی، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. ۱۳۹۳؛ استاندارد شماره ۲۶۲۸.

۴- سازمان ملی استاندارد ایران. غلات و فرآورده‌های آن- نان بربری- آئین کار تولید. ۱۳۸۲؛ استاندارد شماره ۵۸۰۹.

5- Lopez H, Krespine V, Guy C, Messager A, Demigne C, Remesy C. Prolonged fermentation of whole wheat sourdough reduces phytate level and increases soluble magnesium. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001;49(5):2657-2662.

6- Chavan RS, Chavan SR. Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2011;10(3):169-182.

7- Gobbetti M, Rizzello CG, Di Cagno R, De Angelis M. How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. Food microbiology. 2014;37:30-40.

8- 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 Chemistry. 2007;100(3):1115-1119.

9- Buddrick O, Jones OA, Cornell HJ, Small DM. The influence of fermentation processes and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content. Journal of Cereal Science. 2014;59(1):3-8.

10- Reale A, Konietzny U, Coppola R, Sorrentino E, Greiner R. The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. Journal of agricultural and food chemistry. 2007;55(8):2993-2997.

11- De Angelis M, Gallo G, Corbo MR, McSweeney PL, Faccia M, Giovine M, et al. Phytase activity in

[1]. De Angelis

[2]. Chaoui

[3]. Buddrick

www.SID.ir
Archive of SID

sourdough lactic acid bacteria: purification and characterization of a phytase from *Lactobacillus sanfranciscensis* CB1. International Journal of Food Microbiology. 2003;87(3):259-270.
12- Katina K, Arendt E, Liukkonen K-H, Autio K, Flander L, Poutanen K. Potential of sourdough for healthier cereal products. Trends in Food Science & Technology. 2005;16(1):104-112.
13- Lioger D, Leenhardt F, Demigne C, Remesy C. Sourdough fermentation of wheat fractions rich in fibres before their use in processed food. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2007;87(7):1368-1373.
۱۴- ارشدی نژاد ش، عزیزی م ح، حمیدی اصفهانی ز. اثر شرایط مختلف تخمیر بر میزان اسید فیتیک خمیر نان بربری. فصلنامه مجله علوم و صنایع غذایی. ۱۳۸۴؛ ۲ (۲): ۱-۱۲.
۱۵- دیدار ز، سیدین اردبیلی س م، میزانی م، حداد خداپرست م ح، قائمی ع ر. مقایسه استفاده از انواع مختلف خمیرترش در میزان اسید فیتیک نان سنتی ایران (لواش). پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۳۸۷؛ ۴ (۲): ۱۹-۳۱.
16- 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 Science and Technology. 2008;41(1):82-92.
17- AACC, International. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 11th Ed. The St. Paul.2010.
۱۸- خشایی م، صادقی ع، خمیری م، کاشانی نژاد م، صادقی ماهونک م. ارزیابی خصوصیات ضد میکروبی *پدیوکوکوس استیلسی* جداسازی شده از خمیرترش جو کامل. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. ۱۳۹۶؛ تحت چاپ.
19- 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. Journal of Cereal Science. 2007;45(3):309-318.
20- Katina K. Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread: VTT Technical Research Centre of Finland publication 2005.
21- Haug W, Lantzsch HJ. Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. Journal of the Science of Food and Agriculture. 1983;34(12):1423-1426.
22- Mariotti M, Garofalo C, Aquilanti L, Osimani A, Fongaro L, Tavoletti S, et al. Barley flour exploitation in sourdough bread-making: A technological, nutritional and sensory evaluation. LWT-Food Science and Technology. 2014;59(2):973-980.
23- Wu C, Liu R, Huang W, Rayas-Duarte P, Wang F, Yao Y. Effect of sourdough fermentation on the quality of Chinese Northern-style steamed breads. Journal of Cereal Science. 2012;56(2):127-133.
24- Aplevicz KS, Ogliari PJ, Sant'Anna ES. Influence of fermentation time on characteristics of sourdough bread. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2013;49(2):233-239.
25- Faid M, Boraam F, Achbab A, Larpent J. Yeast-lactic acid bacteria interactions in Moroccan sour-dough bread fermentation. LWT-Food Science and Technology. 1993;26(5):443-446.
26- Paramithiotis S, Gioulatos S, Tsakalidou E, Kalantzopoulos G. Interactions between Saccharomyces cerevisiae and lactic acid bacteria in sourdough. Process Biochemistry. 2006;41(12):2429-2433.
27- 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. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005;53(1):98-102.
28- Chaoui A, Faid M, Belahsen R. Making bread with sourdough improves iron bioavailability from reconstituted fortified wheat flour in mice. Journal of trace elements in medicine and biology. 2006;20(4):217-220.
29- Sanz-Penella JM, Tamayo-Ramos JA, Haros M. Application of *bifidobacteria* as starter culture in whole wheat sourdough breadmaking. Food and Bioprocess Technology. 2012;5(6):2370-2380.
30- Lopez HW, Duclos V, Coudray C, Krespine V, Feillet-Coudray C, Messager A, et al. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. Nutrition. 2003;19(6):524-530.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluating the effect of barley sourdough containing *Pediococcus stilesii* starter on phytate content of Barbari bread

Aliakbar Gholamhosseinpour[1*], Maryam Ebrahimi[2], Mojtaba Raeisi[2]

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran.

2. Cereal Health Research Center, Golestan University of Medical Science, Gorgan, Iran

Abstract

In this study, the effect of barley sourdough containing *Pediococcus stilesii* starter with different dough yield (160, 270 and 450) on phytate content of produced dough and Barbari bread was investigated. For this purpose, after applying 28, 32, 36°C fermentation temperatures and 16, 24, 32 h fermentation times, the amount of phytate was evaluated using a spectrophotometric assay based on the measurement of iron absorption. The results of statistical analysis showed that the pH and phytic acid content of produced dough and Barbari bread were significantly ($P \leq 0.05$) decreased with increasing fermentation time and temperature, while titratable acidity was significantly increased ($P \leq 0.05$). Furthermore, increasing yield dough from 160 to 450 resulted in significant increase ($P \leq 0.05$) in titratable acidity and significant decreases ($P \leq 0.05$) in pH and phytic acid content of produced dough and Barbari bread. Regression equation between sourdough titratable acidity and phytic acid content of produced dough and Barbari bread had respectively correlation coefficients equal to 0.947 (linear model) and 0.842 (logistic power model), and by increasing of sourdough titratable acidity, the contents of phytic acid were also decreased. Based on obtained results, controlled fermentation of sourdough can effectively reduce the amount of phytic acid of Barbari bread in comparison to control sample.

Keywords: Barbari bread, Barley sourdough, *Pediococcus stilesii*, Phytic acid.

Archive of SID

[*] gh_ali58@yahoo.com

www.SID.ir