(مقاله پژوهشی)

بهبود کیفیت و ماندگاری‌نان بربری برپایه‌آرد کامل مخلوط با استفاده از خمیرترش با تخمیر خودبخودی وخمیرترش‌حاوی‌لاکتوباسیلوس‌پلانتاروم

سارا ناجی طبسی[1*]، مصطفی شهیدی نوقابی[2]، مرضیه حسینی نژاد[3]، حسین زمانی [4]، تکتم هجرانی[5]

۱-استادیار،گروه نانوفناوری مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

۲-دانشیار، گروه شیمی مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

۳-دانشیار، گروه زیست‌فناوری مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

۴-استادیار، گروه طراحی ماشین آلات مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

۵-دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴

چکیده

پایه تغذیه در بسیاری از کشورها از جمله ایران نان است. با توجه به اهمیت مصرف آرد کامل گندم به همراه سایر غلات از نظر تامین مواد مغذی، در این پژوهش کاربرد خمیر ترش حاوی آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیرترش با تخمیر تصادفی در تهیه نان بربری (مخلوط آردهای کامل جو-گندم و جو-گندم جوانه‌زده) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج استفاده از خمیرترش بر میزان اسید فیتیک در نان بربری نشان داد که خمیرترش تصادفی میزان اسید فیتیک را بیشتر کاهش می‌دهد. از اینرو سبب افزایش میزان املاح آهن و روی در هر دو نمونه نان شد. بررسی فعالیت میکروبی نان، نشانگر عدم رشد میکروبی در تمامی نمونه‌ها در روز اول و سوم نگهداری بود. همچنین نتایج شمارش کپک نشان داد که استفاده از خمیرترش تصادفی تاثیر مناسب‌تری بر عدم رشد کپک در هر نان دارد. نتایج ارزیابی بافت نان‌ها طی یک هفته نگهداری پس از پخت نشان داد که با استفاده از خمیرترش در شرایط تخمیر تصادفی کیفیت بافت نان تا ۵ روز پس از پخت حفظ می‌شود. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، می‌توان با استفاده از خمیرترش با تخمیر تصادفی در تهیه نان بربری از آرد کامل‌ترکیبی، اسیدفیتیک را کاهش، ویژگی‌های تغذیه‌ای را ارتقا و زمان ماندگاری نان را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آرد کامل، اسید فیتیک، خمیرترش، *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*.

* مسئول مکاتبات: s.najitabasi@rifst.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه عمدتا نان‌های سنتی از آرد سفید، نمک، بهبوددهنده و جوش‌شیرین تهیه می‌شوند. مصرف زیاد این مواد منجر به بیماری‌هایی‌چون‌بیماری‌قلبی‌عروقی،دیابت،سندرم متابولیک می‌شود.۳۰ ماده مغذی موجود در آرد کامل در فرایند تصفیه و تولید آرد سفید حذف می‌شود. با غنی‌سازی آرد سفید تنها ۵ ماده مغذی که شامل آهن، نیاسین، ریبوفلاوین، تیامین و اسیدفولیک است به آن اضافه می‌گردد و مواد معدنی و فیبر را نمی‌توان با این روش‌ها به آرد باز گرداند. بنابراین با استفاده از آرد کامل در تهیه نان می‌توان ارزش غذایی نان را افزایش داد و نان کامل تولید نمود (۲۶).

همچنین داده ها نشان می‌دهد که مصرف‌کنندگان به دنبال مصرف نان‌های چند غله و گندم کامل و حاصل از محصولات ارگانیک و طبیعی هستند (۷). همچنین از آرد کامل برای تهیه نان‌های سبوس‌دار (تیره) استفاده می‌شود. مصرف نان سبوس‌دار در کاهش ابتلا به سرطان کولون (روده بزرگ)، بیماری‌های قلبی و عروقی نقش دارد (۳۹). براساس توصیه سازمان بهداشت جهانی، نیاز روزانه انسان به فیبر سبوس یا الیاف گیاهی و مواد سلولزی) حداقل ۳۰ گرم است، ولی هم اکنون فیبر دریافتی روزانه مردم ایران تنها ۸ گرم است. اما سبوس به دلیل آن که خود حاوی اسیدفتیک بالایی است، می‌تواند جلوی جذب ریزمغذی‌های آرد گندم را بگیرد و از خواص نان بکاهد. در دراز مدت، زمانی که رژیم غذایی حاوی سطح بالایی از فیتات‌ها باشد، سوخت و ساز بدن پایین می‌رود، و بدن به سوی فقر مواد معدنی می‌رود. این مسئله به خصوص در کودکان در حال رشد مشکلات شدیدی را سبب می‌شود (۱۷). چنانچه در تهیه نان به جای مخمر از مواد بهبوددهنده یا جوش شیرین استفاده شود، نان حاوی درصد بالای اسیدفتیک خواهد بود و نان حاصله‌خواص چندانی نخواهد داشت (۱۷). برای عمل‌آوری خمیر فرایند تخمیر باید به درستی انجام گیرد تا اسید فیتیک تخریب و تمامی املاح و ویتامین‌های موجود در گندم آزاد و جذب بدن می‌شود. از اینرو تعیین شرایط تخمیر از نظر دما و زمان در تهیه نان کامل بسیار حائز اهمیت است. بیاتی نان از دیگر مشکلات صنعت نان است که بر اثر تغییرات فیزیکوشیمیایی در پوسته و مغز نان، رخ داده و باعث کاهش پذیرش مصرف‌کنندگان می‌گردد و در کنار فساد میکروبی از مهم‌ترین عوامل کاهش زمان ماندگاری نان محسوب می‌شود (۸ و ۲۰). یکی از راهکارهای ارائه شده جهت کاهش بیاتی نان استفاده از خمیرترش است (۱۱ و ۱۲). استفاده از خمیرترش در آرد کامل غلات که از فیبرهای رژیمی‌غنی‌هستند، سبب توزیع یکنواخت‌تر حبابچه‌های هوا، اصلاح رئولوژی، افزایش حجم، افزایش تخلخل و ایجاد بافت مطلوب‌تر و نهایتاً افزایش جذابیت محصول به عنوان یک فراورده رژیمی می‌گردد. علاوه براین‌اگزوپلی ساکاریدهای تولیدی توسط باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در خمیرترش نیز دارای توانایی کاهش میزان کلسترول، ایمن‌سازی سیستم دفاعی، کاهش میزان ترکیبات گلایسمیک، افزایش میزان و پایداری ترکیبات زیست‌فعال، کاهش میزان ترکیبات مضر، افزایش جذب املاح, خاصیت ضد توموری و فعالیت پری‌بیوتیک هستند(۱۱و۳۰). *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، یکی از فراوان‌ترین باکتری‌های جنس لاکتوباسیلوس است که معمولا در مواد غذایی تخمیری یافت می‌شود. تولید مواد ضد میکروبی توسط لاکتوباسیلوس پلانتاروم به زنده ماندن این گونه در دستگاه گوارش کمک می‌کند (۳۴). باکتری‌های اسید لاکتیک و ترکیبات تولیدی توسط آنها دارای خواص ضد کپک در مقابل گونه‌های تولیدکننده توکسین جدا شده از آرد و محصولات نانوایی هستند، متابولیت های تولید شده آن ها بر بافت و به تاخیر انداختن بیاتی نان تاثیر مثبت دارند. علاوه بر این تبدیل پپتیدها و آمینواسیدها در ایجاد عطر و طعم فراورده نهائی موثر هستند (۳۶). کپک، اصلی‌ترین عامل فساد میکروبی در محصول نان می‌باشد. علاوه بر ضایعات اقتصادی، مایکوتوکسین‌های تولید شده توسط کپک‌ها می‌توانند مشکلاتی را در سلامت افراد جامعه ایجاد نمایند. در خمیرترش تهیه شده به روش تصادفی نیز غالب شدن باکتری‌های اسید لاکتیک مشاهده شده است. در پژوهشی جمعیت باکتری‌های اسید لاکتیک موجود در خمیر ترش حاصل از سبوس گندم و اثر فعالیت این باکتری‌ها بر ترکیبات و خصوصیات بیوشیمیایی سبوس گندم را

بررسی کردند. محققین بیان کردند که پس از ده روز از زمان تخمیر، اسیدیته و تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک افزایش و میزان آلودگی و pH کاهش یافت که نشان‌دهنده غالب شدن فلور لاکتیکی است. میزان اسید فیتیک پس از ۶ ساعت تخمیر به یک سوم مقدار اولیه خود رسید (۳). تحقیقات گسترده ای در زمینه بررسی تاثیر خمیرترش در تهیه نان موجود است. Katina و همکاران (۲۰۰۵) از خمیرترش برای بهبود خصوصیات حسی و بافتی نان گندم استفاده نمودند. آن‌ها بیان داشتند که تخمیر توسط باکتری‌های اسید لاکتیک تأثیر معنی‌داری در بهبود طعم و بافت نان در مقایسه با تخمیر توسط مخمر دارد (۲۰). در بررسی تأثیر تخمیر کنترل‌شده خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم و لاکتوباسیلوس برویس بر میزان اسید فیتیک خمیر و نان بیان شده است که میزان اسید فیتیک خمیر و نان تولیدشده با هریک از این جدایه‌ها با افزایش دما و زمان تخمیر، به شکل معنی‌داری کاهش می‌یابد. تأثیر مخلوط جدایه‌های مذکور نسبت به هریک از آن‌ها به‌طور مستقل، تأثیر بیشتری بر کاهش اسید فیتیک داشته است (۳۵). عابدفر و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تأثیر تخمیر کنترل شدهٔ خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم بر ویژگی‌های کیفی و بیاتی نان گندم نیمه‌حجیم پرداختند. آن ها گزارش کردند سطوح مختلف زمان تخمیر و درصد شکر، تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدی‌شدن خمیرترش دارد و بیشترین حجم و بهترین بافت در غلظت ۱ درصد شکر و ۱۶ ساعت تخمیر حاصل می‌شود (۱). با توجه به اهمیت مصرف آرد کامل گندم و توجه ویژه به مصرف سایر غلات در این پژوهش مخلوط آرد گندم و جو مورد توجه قرار گرفته است. جو اگرچه در مقادیر کمتری نسبت به برنج و گندم مصرف می‌شود، اما منبع خوبی از فیبر، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات زیست‌فعال مانند فنول‌ها، کاروتنوئیدها، ویتامین E، اسید فیتیک، β-گلوکان و استرول‌هاست (۲۱). ترکیبات زیست‌فعال موجود در دانهٔ کامل آن‌مزایای سلامتی‌بخشی مانند خطر کاهش بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، دیابت نوع ۲ و سرطان دارد (۱۶). آرد جو دارای ویژگی‌های منحصربفردی چون، جلوگیری از تولید چربی‌های زیان‌آور در خون، تنظیم فعالیت دستگاه گوارش، تعدیل فشار خون، تحریک انسولین‌سازی در بدن و کاهش قندخون، پاکسازی دیواره‌های معده و روده از ذرات آلوده کننده و جلوگیری از چاقی است (۱۸). از سویی دیگر در این پژوهش، از گندم جوانه‌زده نیز باتوجه به ارزش تغذیه‌ای بیشتری که نسبت به گندم معمولی داراست جهت تولید نان استفاده شد. طی جوانه‌زنی نشاسته، پروتئین و چربی‌های موجود در دانه به واحدهای کوچکتری تجزیه می‌شوند، قابلیت هضم و جذب بهتری پیدا می‌کنند. در این فرایند میزان ویتامین، املاح و مواد معدنی دانه همچون کلسیم، فسفر، منیزیم، ویتامین های گروه B و پروتئین آن افزایش می‌یابد و در عین حال کالری و کربوهیدرات آن کاسته می‌شود. با در نظر گرفتن اینکه اکثر آردهای حاصل از گندم‌های تولیدی در کشور دارای فعالیت آلفا-آمیلازی کمی هستند، استفاده از آرد گندم جوانه زده می تواند باعث ارتقا کیفیت نان شود (۲۷ و ۲۸). ازاین‌رو آرد کامل جو و گندم جوانه‌زده می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت تولید نان چندغله باشد. هدف اصلی از این مطالعه کاربرد آغازگر لاکتوباسیلوس پلانتاروم و خمیرهای ترش تلقیح شده درتهیه نان حاصل از آرد کامل چندغله (آرد کامل گندم ، آرد کامل جو و گندم جوانه زده و آرد کامل جو) بود، تا اثرات کاربرد خمیرترش در کاهش میزان اسید فیتیک و افزایش املاح این نان‌ها بررسی گردد و امکان تولید یک نان با ارزش تغذیه ای بالا فراهم شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده شامل روغن نباتی آفتابگردان (شرکت لادن، تهران، ایران)، نمک و شکر از فروشگاه های معتبر عرضه کننده مواد غذایی تهیه شد. آرد کامل گندم و جو از گاس صنعت خراسان خریداری شد. آرد کامل گندم جوانه‌زده از از فروشگاه‌های سنتی معتبر (عطاری) در مشهد خریداری شد. حلال‌های آلی از شرکت مرک (آلمان) و با درجه آزمایشگاهی تهیه شدند.

۲-۲- آماده‌سازی و نحوه تلقیح سویه پلانتاروم به خمیرترش

آغازگرهای لاکتوباسیلوس پلانتاروم مورداستفاده در این پژوهش با شمارهٔ سریال (NR_104573.1) با حدود ۹۸ درصد همسان‌سازی در پایگاه NCBI از تک پرگنه کشت خطی جدایه‌های سوسپانسیون میکروبی خمیرترش حاصل از آرد سبوس گندم که با توالی‌یابی محصولات PCR دارای پرایمر اختصاصی، شناسایی‌شده بود. برای تهیهٔ خمیرترش با ضریب عملکرد معین به‌همراه آغازگر اختصاصی لاکتوباسیلوس پلانتاروم در محیط کشت MRS Broth در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت تا ایجاد ۱۰۸ CFU/gr (در مقایسه با لوله ۰/۵ مک فارلند) کشت داده شد. سپس با سانتریفیوژ یخچال‌دار زیست‌تودهٔ تولیدی در ۶۰۰۰×g (هرمل، Z36 HK، ساخت آلمان)، ۴ درجهٔ سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه، سلول‌های تازهٔ میکروبی از محیط کشت جدا گردید. میزان تلقیح کشت آغازگر اختصاصی در یک گرم خمیرترش ۱۰۷ CFU بود و با ایجاد شرایط تخمیر معین در گرم‌خانه شیکردار (فراز طب تجهیز، مدل Vs-8480، ساخت ایران) در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد با دور همزن ۳۰۰ rpm تا رسیدن به pH=۴/۳۳ قرار گرفت (۱۳ و ۲۰).

۲-۳- تهیه نان بربری

نان بربری نیمه حجیم مطابق با فرمولاسیون آرد۱۰۰٪، آب ۵۵٪، چربی ۲٪،، نمک ۱/۲٪، شکر ۰/۸ و دو نوع خمیر ترش (سنتی و خمیر ترش حاوی باکتری لاکتوباسیلوس پلانتاروم) تهیه شد. مخلوط ۵۰:۵۰ دو غله جهت تهیه نان بربری استفاده شد. کلیه مواد خشک به همراه آب و خمیر ترش به وسیله خمیرگیر اسپیرال آزمایشگاهی (ساخت تایوان)، به مدت ۵ دقیقه مخلوط پس از مخلوط شدن خمیر، روغن به خمیر اضافه شد. خمیر به‌صورت توده به‌مدت ۶۰ دقیقه در ظرف خمیر نگهداری شده و سپس به قطعات ۲۵۰ گرم تقسیم و چانه خمیر در انکوباتور مجهز به کنترل رطوبت در دمای بهینه و ۸۸ درصدی رطوبت استراحت داده شد. شرایط دما، زمان و مقدار خمیرترش براساس مطالعات پیشین بهینه یابی انجام شد (مخلوط آرد کامل گندم-جو: خمیرترش ۳۰ درصد، دمای تخمیر ۳۹ درجه سانتی گراد و زمان تخمیر ۶۰ دقیقه؛ آرد کامل جو-گندم جوانه‌زده: ۳۰ درصد خمیرترش، دمای درجه سانتی گراد ۳۹ و زمان ۱۲۰ دقیقه). سپس به‌شکل نان بربری با ضخامت۱۰میلی‌متر درآمد و پس از خط انداختن روی آن مدت۱۰دقیقه استراحت داده شده و پس از آن در فر آزمایشگاهی طبقه‌ای (ایران) با درجه حرارت ۲۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه پخت گردید. اندازه گیری ویژگی‌های نان پس از خنک شدن به دمای اتاق به مدت ۱ ساعت انجام شد. برای تأثیر مدت زمان ماندگاری برخی پارامترهای کیفی، به منظور مطالعه اثرات نگهداری، نان را در کیسه های پلی اتیلن قرار داده و به مدت ۱، ۳، ۵ و ۷ روز نگهداری‌شدند.

۲-٤- تعیین میزان املاح (روی و آهن)

میزان املاح روی و آهن به روش جذب اتمی با دستگاه شرکت GBC (ساخت استرالیا) مورد سنجش قرار گرفت. نمونه ابتدا در آون خشک شد. ۵ گرم نمونه توزین شده پس از سوختن روی شعله درون کوره الکتریکی قرار داده شد (دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد). نمونه‌ها به مدت ۸ ساعت در همان دما نگه داشته شدند. بعد از سپری شدن دمای مورد نظر، نمونه‌ها از کوره خارج و به دسیکاتور منتقل‌شدند تا به دمای محیط برسند. بر روی نمونه‌های خاکسترشده میزان ۲ میلی‌لیترکلریدریک‌اسید ۵ نرمال اضافه و حرارت داده شده تا نمونه کاملا هضم شود. نمونه‌های هضم شده از کاغذ صافی واتمن ۴۱ عبور داده‌شد. نمونه صاف‌شده درون بالن ۲۵ میلی‌لیتری با اسید نیتریک ۰/۱ نرمال به حجم رسانده شد. جهت اندازه‌گیری میزان عناصر آهن، روی در نمونه‌های مجهول، ابتدا محلول های استاندارد آماده گردید. منحنی استاندارد برای هر عنصر از۳ بار تکرار برای هر غلظت استاندارد با دستگاه جذب اتمی رسم شد. سپس بر مبنای رقت و گرم نمونه اولیه غلظت نمونه محاسبه می شود (۶).

۲-۵- تعیین مقدار اسید فیتیک

اندازه‌گیری میزان اسیدفیتیک براساس استاندارد ملی به شماره ۱۷۰۲۸ به روش اسپکتروفتومتری انجام شد (۴). به طور خلاصه در این روش ۵ گرم نمونه به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول‌اسیدکلریدریک۱/۲درصد حاوی ۱۰ درصد سولفات سدیم اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و بر روی شیکر قرار گرفت. سپس به مدت ۴۰ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه قرارگرفت. ۱۰ میلی‌لیترازمحلول‌رویی‌راکه حاوی اسیدفیتیک استخراج شده است برداشته و ۵ میلی‌لیتر محلول اسیدکلریدریک ۰/۶ درصد حاوی ۵ درصد سولفات سدیم و ۰/۴ درصد کلرید آهن III (با شش ملکول آب) به آن اضافه گردید. مخلوط را به مدت۴۰ دقیقه در حمام آب جوش قرارگرفت تا رسوب‌تشکیل شد. رسوب فیتات آهن را به وسیله سانتریفیوژ ۵۰۰۰ دور در دقیقه در مدت زمان ۳۰ دقیقه از محلول جدا شدوبه‌مخلوط حدود ۶ میلی‌لیتر مخلوط ۱:۱ حجمی/حجمی اسید سولفیک و اسید نیتریک غلیظ اضافه شد. عمل هضم محلول تا حذف کامل بهارات سفید رنگ در بالن هضم کلدال انجام شد. به محلول هضم شده، ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش به ان حرارت اعمال شد تا پیروفسفات به طور کامل از بین رفت. محلول بخ حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و ۵ میلی‌لیتر از محلول حاصل به بالن حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری منتقل گردید. سپس به بالن ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۵ میلی‌لیتر محلول کمپلکس رنگی هپتامولیبدات آمونیوم اضافه شد. سپس محلول به حجم رسانده شود و به خوبی همگن گردید. پس از ۱۵ دقیقه استراحت دادن به محلول، جذب نمونه در ۴۲۰ نانومتر خوانده و با استفاده از منحنی استاندارد مقدار اسید فیتیک تعیین شد.

۲-٦- آزمون میکروبی

به منظور شمارش کلی میکروبی، ابتدا ۲۵ گرم از نمونه‌های نان مورد آزمون توزین و در ۲۲۵ میلی‌لیتر آب استریل توسط استوماخر به مدت ۲ دقیقه هموژن گردید. نمونه‌های یکنواخت شده، در رقت های صفر تا 10^{-9} در سرم فیزیولوژی استریل تهیه شدند. برای تهیه شاهد، کلیه محتویات محیط کشت به استثناء نمونه، در یک لوله آزمایش، اضافه گردید. در ادامه ۱ میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده به صورت کشت اختلاطی به پلیت‌های حاوی محیط کشت Plate Count Agar (مرک آلمان) افزوده و در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه گذاری نگهداری شدند و در نهایت شمارش کلی باکتری‌ها یه صورت CFU/gr نان گزارش گردید. به منظور شمارش کپک و مخمر، ۱ میلی‌لیتر از رقت‌های تهیه شده به محیط کشت YGC Agar (مرک آلمان) اضافه گردید. در نهایت نمونه‌ها به مدت ۷ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس گرم‌خانه‌گذاری شدند (۳۷).

۲-۷- آزمون ویژگی‌های حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های نان پس از پخت انجام شد. پذیرش کلی طی زمان نگهداری (۷ روز) با همکاری ۱۵ نفر داور چشایی انجام شد. داوران از بازۀ سنی ۲۴ تا ۴۰ سال انتخاب شدند.آموزش‌لازم‌درخصوص‌فاکتورهای حسی موردبررسی به داوران داده شد و نمونه‌ها از سوی داوران موردارزیابی قرار گرفت. به داوران توصیه شد برای رفع اثر هر نمونه بر نمونۀ دیگر، در میان صرف هر دو نمونه مقداری از نوشیدنی گرمی که در اختیار آنها قرار گرفته بود، بنوشند. به‌منظور ارزیابی نمونه‌ها از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد (۱۴). تهدش

۲-۸- اندازه‌گیری مؤلفه‌های رنگی پوستۀ نان

آنالیز رنگ پوستۀ نان از طریق تعیین سه شاخص *L، *a و *b طی ۷ روز نگهداری صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها تصاویر تهیه‌شده از پوستۀ نان دراختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال‌کردن فضای LAB در بخش Plugins، مؤلفه‌های فوق محاسبه شدند (۲۸).

۲-۹- بررسی خصوصیات بافتی نان

آزمون بافت‌سنجی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (TA-XT Plus Texture Analysert، ساخت انگلستان) انجام شد. بررسی ویژگی‌های بافتی نان با آنالیز پروفایل بافت

(TPA)در دمای محیط (۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد) در طول ۷ روز نگهداری انجام گرفت. جهت انجام آزمون TPA، نمونه‌های نان به اندازه قطعات مستطیلی به ابعاد ۳۰×۳۰ میلی‌متر و توسط پروب سیلندری با قطر ۷۵ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه تحت دو مرحله فشردگی قرار گرفت. پارامترهای بافتی شامل سفتی، چسبندگی، پیوستگی[1]، صمغی‌بودن[2]، فنریت[3] و قابلیت جویدن[4] اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفتند که به‌صورت ذیل تعریف می‌شوند (۲۸).

۲-۱۰-تجزیه تحلیل آماری

تمام نمونه‌ها در دو تکرار تهیه شدند. برای تجزیه تحلیل آماری نتایج از طرح کاملا تصادفی استفاده گردید. داده‌ها توسط آنالیز واریانس و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۶ به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرارگرفتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی میزان اسید فیتیک و املاح در آردها

میزان اسیدفیتیک و املاح آهن و روی ابتدا در آرد کامل گندم، آردکامل‌جو و آرد کامل‌گندم جوانه زده براساسوزن خشک در جدول اندازه گیری شد و نتایج در جدول (۱) ارائه شده است. بیشترین میزان اسیدفیتیک در آرد کامل گندم مشاهده شد که پس از تبدیل شدن به آرد کامل گندم جوانه‌زده مقدار آن به طور قابل توجهی کاهش می یابد. پودلا و همکاران (۲۰۱۹) میزان اسیدفیتیک، تیامین و استحکام خمیر را در آرد غلات کامل از گندم جوانه زده بررسی کردند و در نتایج خود نشان دادند که میزان اسیدفیتیک در آرد گندم جوانه‌زده نسبت به آرد گندم کامل کمتر بود، این محققان در نتایج خود بیان کردند استفاده از آرد گندم جوانه زده سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای و بهبود کیفیت نان می‌شود (۳۱). کاهش اسید فیتیک به دلیل فعالیت فیتاز در حین جوانه‌زنی بوده است. محققان دیگر نیز بیان کرده‌اند که زمانی‌که دانه گندم به مدت ۳ روز جوانه‌زده شد، میزان محتوای فیتات تا۲۵ درصد کاهش یافته است (۲۳ و ۲۹). بیشترین میزان آهن و روی در آرد کامل جو مشاهده گردید.

جدول۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد براساس وزن خشک

	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسید فیتیک (درصد)
آرد کامل گندم	۳۲/٤۷±۳/٦۳	۲۵/۲۱±۳/۱۵	۱/٤
آرد کامل جو	۵٤/۱۹±۰/۵٤	۳۸/۱٤±۳/۲۸	۰/۳۹
آرد کامل جوانه گندم	۳۸/۲۸±٤/۳۲	۲۱/٤٦±۰/۰۰	۰/۲۲

1- Cohesiveness
2 -Gumminess
3 -Springiness
4 -Chewiness

۳-۲- بررسی میزان اسیدفیتیک و املاح در نان‌های ترکیبی

از آردکامل جو، گندم جوانه‌زده و گندم دو نوع نان ترکیبی آرد کامل گندم-آرد کامل جو و آرد کامل گندم جوانه زده -آرد کامل جو با دونوع خمیرترش با تخمیر تصادفی و خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* تهیه شد تا تاثیر آن بر میزان اسید فیتیک و املاح معدنی ارزیابی گردد. نتایج میزان اسید فیتیک در جدول (۲) ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در نمونه‌های حاوی خمیرترش تصادفی میزان اسیدفیتیک بیشتر از نمونه‌های تخمیرشده با خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* کاهش یافته است، اگر چه این کاهش ناچیز بود. فعالیت آنزیم فیتاز در دانه و همچنین مخمرها و باکتری‌های اسیدلاکتیک وجود دارد. فعالیت فیتاز در محیط اسیدی تولیدشده توسط اسیدلاکتیک باکتری‌هادرخمیرترش بیشتر است. بیان شده‌است که کاهش متوسط pH به ۵/۵ در حین تخمیر با خمیرترش، برای کاهش مقدار فیتات آرد گندم کامل حدود ۷۰ درصد توسط فیتاز موجود در آرد کافی است (۳۳). به هر حال واضح است که تولید اسید و در پی آن کاهش pH مکانیسم اصلی باکتری‌های اسید لاکتیک برای کاهش اسیدفیتیک و بهبود زیست فراهمی مواد معدنی است. از سوی دیگر، تنوع گسترده‌ای در فعالیت فیتاز در آغازگرهای سنتی خمیرمایه که حاوی مخمر باکتری‌های اسید لاکتیک بودند، شناسایی شده است (۳۲). در تحقیق مشابهی با استفاده از خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس روتری*[1] (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) و زمان مناسب (۴۰ دقیقه) تخمیر در تهیه نان میزان اسید فیتیک را به میزان قابل‌توجهی کاهش دادند. آن‌ها با افزودن خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم در سطح جایگزینی۳۰ درصد (بیشترین سطح جایگزینی) به کم‌ترین میزان اسیدفیتیک دست یافتند (۴۹/۶۳میلی‌گرم در۱۰۰گرم) (۱۴). نتایج با تحقیقات پیشین مطابقت داشت (۵ و۹).میزان آهن در نمونه‌های نان بربری تهیه شده از آرد کامل گندم جوانه زده –آرد کامل جو بیشتر بود. تاثیر نوع خمیرترش نشان داد که میزان آهن در نان تهیه شده با خمیر ترش تصادفی نسبت به خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم بالاتر بود، اما این مقدار ناچیز بود. استفاده از خمیرترش تصادفی و خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* سبب کاهش میزان اسید فیتیک شد، که حضور این ترکیب باعث کاهش زیست دسترسی عناصر معدنی به ویژه آهن و روی در بدن می‌شود و کاهش میزان آن در اثر تخمیر سبب افزایش مقدار این املاح در نان و قابلیت استفاده از این عناصر را افزایش داد. تخمیر توسط خمیرترش سبب افزایش میزان مواد معدنی در نان گندم کامل شد و سبب افزایش میزان کلسیم و آهن در طول تخمیر شد (۲۵). نتایج دیگر پژوهش‌ها نیز نشان داده است که استفاده از خمیرترش حاصل از سبوس برنج در تهیه نان حجیم ضمن بهبود خواص حسّی و بافتی نان، سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای، پیشگیری از بیماری‌های التهابی روده، سرطان روده بزرگ و تامین ریزمغذی‌های مفید بدن می‌گردد(۱). در مطالعه دیگری، سویه لاکتوباسیلوس غالب خمیرترش آرد کامل گندم جداسازی و تاثیر آن بر میزان اسید فیتیک خمیر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که‌توالی‌یابی‌محصولاتPCR منجربه ناسایی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *برویس* به عنوان دو جدایه لاکتیکی غالب خمیرترش آرد کامل گندم شد. نتایج 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 می‌یابد. به علاوه، تاثیر مخلوط جدایه‌های مذکور نسبت به هر یک از آن ها به طور مستقل، تاثیر بیش‌تری بر کاهش اسید فیتیک و افزایش دسترسی به املاح موجود در خمیر و نان داشت (۳۵).

1 -*Lactobacillus reuteri*

جدول ۲-میزان اسید فیتیک در نان بربری تهیه شده با خمیر ترش سنتی و حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم

نمونه	اسید فیتیک	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
F1NB	۰/۱۶۱	۲۳/۴۰	۲۵/۱۱
F2NB	۰/۱۶۲	۲۲/۸۹	۴۵/۳۲
F1B	۰/۱۴۷	۲۰/۷۱	۲۱/۳۳
F2B	۰/۱۴۷	۲۳/۰۹	۴۱/۷۴

*(F1B : نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم F2B: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه زده و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم ؛ F1NB: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی؛ F2NB: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه‌زده و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی).

۳-۳- شمارش کلی باکتری

نتایج حاصل از ارزیابی تاثیر استفاده از (مخلوط آرد کامل گندم و جو)، (آرد کامل جو و گندم جوانه زده)، خمیر ترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیرترش تصادفی، بر شمارش کلی باکتری‌های نان، پس از پخت و روزهای سوم، پنجم و هفتم نگهداری در جدول (۳) گزارش شده است. بر اساس این نتایج، در روز اول نمونه‌ها از لحاظ شمارش کلی باکتری‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند و رشد میکروبی در هیچ کدام از نمونه‌ها مشاهده نگردید. در روز سوم نگهداری، در نمونه‌های نان تهیه‌شده با خمیرترش تصادفی رشد میکروبی مشاهده نگردید. درحالیکه شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌های تهیه‌شده با خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*به طور معنی‌داری در مقایسه با نمونه‌های تهیه‌شده با خمیرترش تصادفی افزایش یافت. در روز پنجم نگهداری نیز، شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌های نان تهیه شده با خمیر ترش *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیرترش تصادفی روند افزایشی داشت. در پایان دوره نگهداری (روز هفتم)، روند افزایش شمارش کلی باکتری‌ها در تمامی نمونه‌ها مشاهده گردید. نتایج این پژوهش نشان‌داد که میزان شمارش کلی باکتری‌ها در نان‌های ترکیبی تهیه شده با خمیرترش تصادفی کمتر از میزان آن در خمیرترش تهیه‌شده با باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بود، همچنین میزان شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌های تهیه‌شده با مخلوط آرد کامل گندم و جو در مقایسه با نان تهیه شده از آرد جوانه گندم و آرد کامل جو به طور معنی‌داری کمتر بود. علت افزایش رشد باکتری‌ها و کاهش ماندگاری نان تهیه شده با آرد گندم جوانه‌زده به دلیل بالا بودن چربی‌های غیر اشباع و فعالیت آنزیم لیپاز است‌که م‌حیط‌مناسب‌تری برای رشد باکتری‌ها فراهم‌آورده و منجر به کاهش ماندگاری نان حاصل از آن گردیده است. نتایج نشان می‌دهد، استفاده از خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیر ترش تصادفی، درکاهش تعداد کلی در نان تهیه‌شده تاثیر معناداری داشت. باکتری *لاکتوباسیلوس‌پلانتاروم*می تواندا‌سیدهای‌آلی‌وباکتریوسین‌ها را ایجاد و با میکروب‌های آلوده‌کننده رقابت کند (۵) . *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، از طریق تولید اسید لاکتیک و کاهش pH خاصیت ضد میکروبی داشته و بر روی باکتری‌های گرم مثبت و منفی اثر مهارکننده داشته و می‌تواند کنترل میکروبی نان را بهبود بخشد. این نتایج، مشاهدات Li و همکارانش (۲۰۱۳) را در زمینه تاثیر مستقیم کشت مشترک *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و ساکارومیسس سروزیه، بر احیا، قندها و کاهش pH و ارتقا، کیفیت نان چینی تائید نمود (۲۴).

جدول۳- نتایج شمارش کلی طی نگهداری نان بربری تهیه شده با خمیر ترش سنتی و حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم

نمونه	روز ۱	روز ۳	روز ۵	روز ۷
F1B	–	۳/۸ ×۱۰^{۵}	۵/۱ ×۱۰^{۶}	۳/۱ ×۱۰^{۸}
F2B	–	٤/٤ ×۱۰^{۵}	٦/۸ ×۱۰^{۶}	غیر قابل شمارش
F1NB	–	–	۲/۱ ×۱۰^{٤}	۳/٤ ×۱۰^{۵}
F2NB	–	–	۲/٤ ×۱۰^{٤}	٤/۷ ×۱۰^{۶}

*(F1B: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم F2B: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه زده و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم ؛ F1NB: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی؛ F2NB: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه‌زده و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی).

۳-٤- میزان کپک و مخمر طی نگهداری

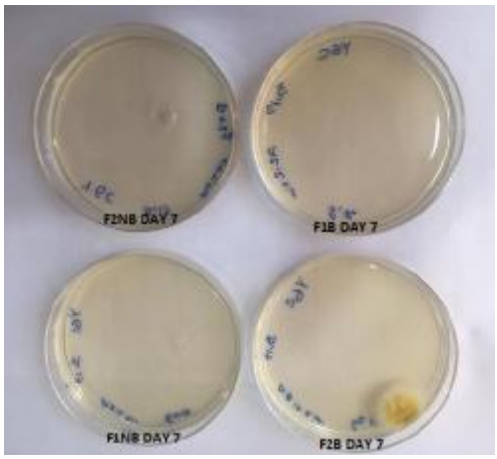
همانطور که در جدول (۴) مشاهده می‌شود، روند تغییرات تعداد کپک و مخمر در نمونه‌های نان تهیه شده با استفاده از (مخلوط آرد کامل گندم و جو)، (آرد گندم جوانه زده و آرد کامل جو)، خمیر ترش تلقیح شده با *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و خمیر ترش تصادفی، برحسب CFU/gr در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد پس از پخت و روزهای سوم، پنجم و هفتم نگهداری ارائه شده است. نتایج حاصل از کشت کپک بعد از پنج روز در گرمخانه، نشان داد در هیچ یک از نمونه ها رشد کپک و مخمر رشد نگردید. مطابق جدول (۴)، در نمونه‌های نان تهیه شده با آرد کامل گندم و جو، خمیرترش تلقیح شده با آغازگر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، خمیرترش تصادفی طی ۷ روز نگهداری رشد کپک مشاهده نگردید. عدم رشد کپک و مخمر طی دوره نگهداری در نان‌های تهیه شده با آرد کامل گندم و جو، خمیر ترش تلقیح شده با *لاکتوباسیوس پلانتاروم* و خمیرترش تصادفی اختلاف معنی‌داری با نتایج حاصل از نمونه تهیه شده با آرد گندم جوانه زده و آرد کامل جو داشت (cfu/gr ۱×۱۰^{۶}). در نان تهیه شده با آرد گندم جوانه زده و آرد کامل جو در روز هفتم کپک زدگی مشاهده شد (شکل ۱). نتایج بررسی میزان کپک در نان‌های ترکیبی تولید شده نشان داد که میزان رشد کپک در نان تهیه شده از آرد گندم جوانه‌زده و آرد جو بالاتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که مقادیر بالاتر جوانه گندم به دلیل افزایش میزان مواد مغذی در محصول تولیدی محیط برای رشد کپک و مخمر فراهم می‌شود. متابولیت‌های تولید شده در اثر فعالیت آنزیمی و چربی غیر اشباع زیاد، محیط مناسب‌تری برای رشد کپک و مخمر فراهم آورده است. در کنار این امر، علت بهبود زمان ماندگاری نان های تهیه شده با با آرد کامل گندم و جو، خمیر ترش تلقیح شده با *لاکتوباسیوس پلانتاروم* و خمیر ترش تصادفی می‌تواند مربوط به اثر ضد کپک باکتری‌های اسید کتیک باشد. طبق مطالعات انجام شده، میزان اسید و نوع و ترکیبات ضد کپکی تولید شده به وسیله باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، بر مهار رشد کپک موثر می‌باشد (۳۷). همچنین پیشنهاد می‌شود برای کنترل فعالیت‌های آنزیمی و افزایش فسادهای احتمالی در نان حاوی جوانه گندم از روش‌های پیش تیمار و حرارت دهی مختلف استفاده شود. اگرچه تلقیح این باکتری بر عدم رشد کپک در نان جو-جوانه گندم طی هفت روز تاثیرگذار نبود و استفاده از خمیرترش تصادفی تاثیر مناسب‌تری بر عدم رشد کپک داشت. خراسانچی و همکارانش (۲۲) در نتایج تحقیقات خود نشان دادند که استفاده از خمیر ترش سبب کاهش رشد کپک در نان شد. در پژوهشی دیگر، ۱۳ سویه باکتری‌های لاکتیکی از خمیر ترش تصادفی چاودار جداسازی و مورد بررسی قرار گرفت. بسیاری از باکتری‌های لاکتیکی جداشده از خمیرترش فعالیت ضد قارچی نشان دادند. این نتایج نشان داد که باکتری های جدا شده از منبع خمیر ترش تصادفی حاوی مواد ضد میکروبی و ضد قارچ است (۲۲) . همچنین دیگر پژوهشگران (۳۶) بیان کردند خمیر ترش یک محصول سنتی است که با تعامل هم افزایی باکتری های اسید لاکتیک (LAB) و مخمرها شکل گرفته است. اسید

لاکتیک، اسید استیک و ترکیبات مختلف فرار مانند استر، الکل، آلدئیدها، مشتقات فوران که در تخمیر با خمیرترش توسط مخمر و باکتری های موجود در خمیر تولید می شوند. مشخص شده است که استفاده از خمیر ترش نسبت به محصولاتی که با استفاده از مخمرهای تجاری به دست می آیند، طعم، ویژگی های رئولوژی بهتر و ماندگاری بالاتری دارند. نتایج پژوهش این محققان تصادفی نشان داد که ۱۲ سویه باکتری های موجود در خمیرترش تصادفی بالاترین فعالیت ضد قارچ و ضد کپکی ار در نان در مدت زمان نگهداری داشتند.

جدول ٤- نتایج شمارش کپک و مخمر طی نگهداری نان بربری مخلوط آرد گندم تهیه شده با خمیر ترش سنتی و حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم.

نمونه	روز ۱		روز ۳		روز ۵		روز ۷	
	کپک	مخمر	کپک	مخمر	کپک	مخمر	کپک	مخمر
F1B	–	–	–	–	–	–	–	–
F2B	–	–	–	–	–	–	۱×۱۰^{۶}	–
F1NB	–	–	–	–	–	–	–	–
F2NB	–	–	–	–	–	–	–	–

*(F1B: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتو*باسیلوس پلانتاروم* F2B: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه زده و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتو*باسیلوس پلانتاروم*؛ F1NB: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی؛ F2NB: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه‌زده و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی).



شکل ۱- محیط کشت کپک و مخمر در روز ۷ نگهداری نان بربری مخلوط آرد گندم تهیه شده با خمیر ترش سنتی و حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم (F1B : نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم F2B: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه زده و جو تهیه شده با خمیر ترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم ؛ F1NB: نان مخلوط آرد کامل گندم و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی؛ F2NB: نان مخلوط آرد کامل گندم جوانه‌زده و جو تهیه شده با خمیر ترش سنتی).

۳-۵- ویژگی های نان طی زمان نگهداری

با توجه به ماندگاری مناسب نان‌های تهیه‌شده از مخلوط آرد کامل جو-گندم و آرد کامل جو-کندم جوانه زده با خمیرترش تهیه شده با تخمیر تصادفی، این نمونه ها جهت مطالعه بیشتر از نظر پذیرش کلی، تغییرات رنگی، و بافت طی نگهداری انتخاب شد.

۳-۵-۱- پذیرش کلی

امتیاز پذیرش کلی نان طی ۷ روز نگهداری در جدول ۵ خلاصه شده‌است. پذیرش کلی نمونه‌های منتخب، طی روزهای اول، دوم، سوم، و پنجم تفاوت معنی‌داری نداشت، اما امتیاز پذیرش کلی، در پایان زمان نگهداری کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۵). کمترین و بیشترین امتیاز به‌ترتیب در روز هفتم و روز اول مشاهده گردید. به‌طورکلی بیاتی نان، فرایند پیچیده‌ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیهٔ آمورف، کاهش میزان رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیهٔ آمورف و کریستالی‌درآن‌دخیل است(۱۵). تأثیر خمیرترش، در به تأخیرانداختن بیاتی اصولاً وابسته به بهبود حجم به‌عنوان یک عامل مثبت مرتبط با نرمی نان است. خمیرترش با تنظیم فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز آرد، میزان هیدرولیز نشاسته را نیز تغییر می‌دهد که در کاهش کریستالیزه‌شدن نشاسته و کاهش بیاتی نان مؤثر است. فعالیت‌های پروتئولیتیک و آمیلولیتیک باکتری‌های اسیدلاکتیک موجود در خمیرترش به میزان زیادی در تأخیر بیاتی نان نقش دارد (۲).

جدول ۵- پذیرش کلی نمونه‌های نان طی زمان نگهداری

نان بربری	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز پنجم	روز هفتم
جو-گندم	۳/٦٦±۰/٤٥a	۳/٥۰±۰/٤۱a	۳/۱٤±۰/٦۳a	۲/۹٦±۰/٥٦ab	۲/۱۷±۰/۱۹b
جو-گندم جوانه‌زده	۳/۸٤±۰/٥۱a	۳/٥٥±۰/۲۹a	۳/۱۸±۰/۱٥a	۲/۸۸±۰/٥۳ab	۲/۲۰±۰/٤۸b

*حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری می‌باشد (آزمون دانکن، P<۰/۰٥).

۳-۵-۲- تغییرات روشنایی نمونه‌های منتخب طی زمان نگهداری

تغییرات روشنایی پوسته و مغز نان در جدول (۶) گزارش شده است. شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنهٔ آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است (۳۸). میزان روشنایی در پوسته نان‌های تولید شده برپایه آرد کامل گندم جوانه‌زده نسبت به آرد گندم کامل بیشتر بود. افزایش میزان مؤلفهٔ L* پوستهٔ نان، به‌دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب توسط برخی ترکیبات تولیدشده ناشی از عمل‌آوری با خمیرترش است. این دسته از ترکیبات با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرایند پخت، سبب کاهش تغییرات سطح پوستهٔ نان می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این روشنی محصول مؤثر باشد (۱۰). اما در میزان روشنایی مغز نان جو-گندم و جو-گندم جوانه‌زده تفاوتی مشاهده نشد.نتایج حاصل از آزمون رنگ نان‌ها نشان داد که با افزایش زمان نگهداری و بیات‌شدن نان‌ها میزان روشنایی پوسته و مغز هر دو نوع نان کاهش یافتند و میزان تیرگی پوستهٔ آن ها و اختلاف رنگ کلی آن‌ها با شاخص‌های رنگ استاندارد افزایش یافتند که در این مورد کاهش رطوبت در نان‌ها که سبب افزایش تراکم رنگ در آن‌ها می‌گردد ،تأثیرگذار بوده است (۱۹). روند تغییرات رنگ پوستهٔ نان در نمونهٔ نان آردجو-آرد گندم طی نگهداری کندتر از نان آردجو-آرد گندم جوانه‌زده به نظر می‌رسید (P<۰/۰٥).

جدول ٦- تغییرات میزان روشنایی پوسته و مغز نمونه‌های بهینهٔ نان طی زمان نگهداری

نان بربری		روز اول	روز سوم	روز پنجم	روز هفتم
جو-گندم	پوسته	٤٥/۳۱±۳/۸۹ a	٤۳/٦٦±٤/۱۲ a	٤٤/۹۸±٤/۰۹ a	٤۱/۷۹±۳/٦۸ a
	مغز	٤۸/۳٤±۳/۱۱ a	٤۷/٥٤±۳/٥٦ a	٤٥/۲۸±٥/۱۱ a	٤٤/٦۷±٤/۱۳ a
جو-گندم جوانه‌زده	پوسته	٤۱/۸٤±۲/٦۱ a	۳۹/٦٥±٤/۱۷ a	۳٦/۱۱±۳/۰٥ a	۳٥/٤۳±۲/۱۹ b
	مغز	٤۷/۳٦±۳/۸٤ a	٤٦/٦۷±۲/۹٤ a	٤٤/۱۹±۳/۲۲ a	٤۲/۰۹±۳/۹۲ a

* حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری می‌باشد (آزمون دانکن، P<۰/۰٥).

۳-۵-۳-ارزیابی بافت نمونه‌های منتخب طی زمان نگهداری

بیاتی در کنار فساد میکروبی، مهم‌ترین عامل کاهش ماندگاری و ۲۵ درصد ضایعات نان در کشور محسوب می‌گردد. نتایج ارزیابی بافت نان‌های تولیدشده طی یک هفته پس از پخت در جدول (۷) ارائه‌شده است. با افزایش زمان نگهداری پس از پخت، کیفیت بافت نمونه‌های منتخب کاسته شد و روند بیاتی در روز هفتم تشدید گردید. نان آرد جو-آردگندم در روز اول و دوم نگهداری از نظر ویژگی‌های بافتی پایدار بودند، اما در روز پنجم سفتی نان افزایش پیدا کرد، اگرچه معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$). پیوستگی تغییر معنی‌داری نداشت. اما فنریت و قابلیت جویدن در روز پنج با تغییرات معنی‌دار روبرو شدند ($P<۰/۰۵$). درمورد نان ترکیبی آرد جو-آرد گندم جوانه‌زده روند مشابهی مشاهده شد. البته روند سفت‌شدن بافت و شروع بیاتی در نان آرد جو-آرد گندم جوانه‌زده از روز پنجم معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). عموماً خمیرترش با افزایش فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز در آرد، هیدرولیز و کاهش تبلور نشاسته در کاهش بیاتی نان مؤثر است (۴۰). فعالیت‌های پروتئولیتیک و آمیلولیتیک‌باکتری‌های اسید لاکتیک موجود در خمیرترش، به میزان زیادی موجب تأخیر در بیاتی نان گردیده است (۲). نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با نتایج ارائه‌شده توسط کلارک و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت داشت. صادقی و همکاران (۱۳۸۸) نیز نشان دادند در نمونه‌های تهیه‌شده با استفاده از خمیرترش محتوی *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیس*، سفتی بافت نان (۷۲ ساعت پس از پخت) کاهش و در نمونه‌های تهیه‌شده با مخلوط دوگونهٔ باکتریایی فوق‌الذکر، به موازات افزایش زمان تخمیر خمیرترش این وضعیت مشاهده گردید. باتوجه‌به تولید اسید لاکتیک و افزایش فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز، نشاسته که برگشتن حالت کریستالی آن عامل اصلی بیاتی است تجزیه و از آن دکسترین‌هایی با وزن مولکولی کم ایجاد می‌شود. این موارد خود می‌تواند در کاهش بیاتی نان مؤثر باشند. دالبلو و همکاران (۲۰۰۷) و کاتینا و همکاران (۲۰۰۶) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. براساس گزارش‌های این محققین، مهم‌ترین دلیل کاهش بیات‌شدن در نان فراوری‌شده توسط خمیرترش، تولید اسید لاکتیک است که سبب افزایش تخلخل، تنظیم فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز و افزایش نرمی بافت می‌گردد. از سوی دیگر، توانایی‌های پروتئولیتیک و آمیلولیتیک باکتری‌های اسید لاکتیک و در کنار آن، قابلیت تولید پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی و دکسترین‌هایی توانایی تداخل در تنزل کیفیت (ترتروگراداسیون) نشاسته را دارندو باعث بهبود نرمی بافت محصول‌طی‌نگهداری‌می‌شود.تغییرواصلاح پلی‌ساکاریدهای موجود در آرد و انحلال آرابینوزایلان‌ها در طی تخمیر خمیرترش، مانع از اثر متقابل گلوتن و نشاسته شده و لذا شبکهٔ متفاوتی در مقایسه با تخمیر توسط مخمر نانوایی در خمیر و نان تولیدی ایجاد خواهد گردید (۵، ۷).

جدول ۷-ویژگی های بافتی نمونه های نان بربری با آرد مخلوط طی زمان نگهداری

نمونه		روز اول	روز دوم	روز پنجم	روز هفتم
بهینهٔ آرد جو-آرد گندم	سفتی(N)	۳۶/۸±۴/۵ b	۳۸/۶±۲/۸ b	۴۶/۰±۵/۹ ab	۶۳/۲±۲/۰۱ a
	چسبندگی (N*S)	۰/۰۱±۰/۰۰ a	۰/۰۲±۰/۰۳ a	۰/۰۱±۰/۰۰ a	۰/۰۱±۰/۰۱ a
	پیوستگی	۰/۶۰±۰/۰۰ a	۰/۵۸±۰/۰۲ a	۰/۵۷±۰/۱۵ a	۰/۵۵±۰/۱۵ a
	فنریت	۸/۰±۰/۴۹ a	۷/۵±۰/۲۹ a	۶/۷±۰/۳۵ b	۶/۷±۰/۳۰ b
	صمغی‌بودن	۲۱/۹±۲/۷ c	۲۲/۴±۱/۵۵ c	۲۶/۳±۱/۰۳ bc	۳۴/۸±۱/۶۷ a
	قابلیت جویدن	۱۷۴/۷±۳/۲۷ c	۱۶۷/۹±۳/۷۷ c	۱۷۵/۷±۴/۸۸ b	۲۳۲/۹±۶/۸۹ a
بهینهٔ آرد جو-آرد گندم جوانه‌زده	سفتی (N)	۶۰/۸±۰/۹۰ c	۶۴/۷±۴/۴۶ c	۸۱/۲±۲/۰۴ b	۱۰۰/۲±۷/۴۰ a
	چسبندگی (N*S)	۰/۰۱±۰/۱۰ a	۰/۰۰±۰/۰۰ a	۰/۰۱±۰/۰۱ a	۰/۰۱±۰/۰۱ a
	پیوستگی	۰/۶۸±۰/۱۰ a	۰/۶۵±۰/۰۰ a	۰/۶۸±۰/۰۲ a	۰/۶۸±۰/۰۲ a
	فنریت	۷/۳±۰/۳۶ a	۷/۲±۰/۵۹ a	۶/۷±۰/۴۹ a	۶/۷±۰/۴۹ a
	صمغی‌بودن	۴۱/۴±۱/۱۳ c	۴۲/۱±۲/۵۵ c	۵۵/۲±۱/۴۱ b	۶۸/۱±۰/۴۴ a
	قابلیت جویدن	۳۰۲/۰±۰/۴۰ c	۳۰۲/۸±۹/۹۰ c	۳۶۹/۹±۵/۱۵ b	۴۵۶/۵±۶/۲۹ a

* حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین روزهای مختلف نگهداری می‌باشد (آزمون دانکن، P<۰/۰۵).

٤- نتیجه گیری

براساس نتایج حاصل از این مطالعه استفاده از خمیرترش در تهیه نان بربری از آرد کامل ترکیبی جو-گندم و جو-گندم جوانه‌زده توانست ویژگی های کیفی و تغذیه‌ای نان را ارتقا دهد. بررسی تاثیر استفاده از خمیرترش سنتی و خمیرترش حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم بر میزان اسید فیتیک، روی و آهن در نان بربری نشان داد که خمیرترش سنتی میزان اسید فیتیک را بیشتر کاهش می دهد، اگر چه تفاوت ناچیز بود، از اینرو سبب افزایش میزان املاح آهن و روی در نان تولیدی شد. شمارش کلی میکروب های نان، نشانگر عدم رشد میکروبی در تمامی نمونه‌ها در روز اول و سوم نگهداری بود. اما در روز سوم نگهداری، تنها نمونه‌های نان تهیه‌شده با خمیرترش تهیه شده با تخمیر تصادفی عاری از رشد میکروبی بودند. این افزایش در نمونه‌های تهیه‌شده با مخلوط آرد کامل گندم و جو در مقایسه با نان تهیه شده از آرد جوانه گندم و آرد کامل جو به طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین نتایج شمارش کپک نشان داد که استفاده از خمیرترش تصادفی تاثیر مناسب‌تری بر عدم رشد کپک در هر دو نان داشت. ویژگی‌های بافتی نان‌های تهیه شده با خمیرترش تصادفی و پذیرش کلی بالای آنها طی نگهداری موید کارایی این خمیرترش در تهیه نان بربری با کیفیت متاسب است.

۵-منابع

۱. ارشدی نژاد. ۱۳۸٤. اثر شرایط مختلف تخمیر بر میزان اسید فیتیک خمیر نان بربری. *علوم و صنایع غذایی ایران*.، جلد ۵، شماره ۲، ۱۲-۱.

۲. عابدفر، ع.، حسینی نژاد، م.، صادقی، علیرضا و عباس زاده، ف. ۱۳۹۸. بهینه‌سازی تخمیر کنترل شده خمیرترش سبوس برنج و ارزیابی خصوصیات کیفی نان حجیم با استفاده از روش (RSM). *فناوری‌های جدید در صنعت غذا*، جلد ٦، شماره ۳، ۳۹۷-۳۷۹.

۳. عزیزنیا، ح.، حسینی نژاد، م.، ناجی طبسی، س و زمانی، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی جمعیت باکتریایی و تغییرات بیوشیمیایی طی تخمیر خودبخودی سبوس گندم، *فصلنامه میکروبیولوژی کاربردی در صنایع غذایی*، جلد ۵، شماره ۲، ۸۱-۷۰.

4. AACC (American Association of Cereal Chemists). "Approved methods of the AACC." 2000.
5. Alkay, Z, Kılmanoğlu, H. and Durak, M. Z. 2020. Prevention of Sourdough Bread Spoliage by Antifungal Lactic Acid Bacteria Fermentation. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18): 379-388.
6. AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International.
7. Bakery and Cereals in Indonesi. 2016. https://www.reportbuyer.com/product/4205376/bakery-and-cereals-in-indonesia.html at Feb 2017.
8. Bechtel, W.G., Meisner, D.F. and Bradley, W.B. 1953. The effect of crust on the staling of bread. *Cereal Chemistry*, 30:160-168.
9. Beigmohammadi, N., Karami, M., Beigmohammadi, F. and Etminan, A. R. 2016. Comparison of phytic acid content of traditional Lavash bread prepared from bakery's yeast and sour dough and investigation of texture during fermentation Food Science and Technology, 14: 190-179.
10. Cauvin, S.P. and Yong, L.S. 2007. Technology of bread making. 2nd ed. Springer New York.
11. Clarke, C.I. and Arendt, E.K. 2005. A review of the application of sourdough technology to wheat breads. *Advance in Food and Nutrition Research*, 49: 137-156.
12. Corsetti, A., Gobbetti, M., De Macro, B., Balestrieri, F., Paoletti. F., Russi, L. and Rossi, J. 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 48: 3044–3051.
13. Dalbello, F., Clarke, C.I., Ryan, L.A.M., Ulmer, H., Schober, T.J., Strom, K., Sjogren, J., van Sinderen, D., Schnurer, J. and Arendt, E.K. 2007. 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*, 45:309-318.
14. Didar, Z. and Haddad, K.M. 2011. Effect of different lactic acid bacteria on phytic acid content and quality of whole wheat toast bread. *Journal of food biosciences and technology*, 1(1): 1-10.
15. Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S.H. and Azadmard damirchi, S. 2011. Effect of pectin, guar and carrageenan on the quality of gluten free bread. *Journal of food research (university of tabriz)*, 20(1): 99-115.
16. El Rabey, H. A., Al-Seeni, M. N. and Amer, H.M. 2013. Efficiency of barley bran and oat bran in ameliorating blood lipid profile and the adverse histological changes in hypercholesterolemic male rats. Biomed Research International.
17. Hallberg, C., Brune, M. and Rossander, L. 2010. Iron absoption in man: ascorbic acid and dose. Dependent. Inhabition by phytate. *The Am J of Cli Nutr*. 49:140-144.
18. Holopainen-Mantila, U. Composition and structure of barley (Hordeum vulgare L.) grain in relation to end uses. VTT Science. 2015.
19. Kamaliroosta, L., Ardebili, M. S., Asadi, G.H., Tarzi, B. G. and Azizinejad, R. 2016. Determination of quality indices as criteria to assess traditional Sangak bread

quality. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 11(4): 55-69.

20. Katina, K. 2005. Sourdough a tool for the improved flavour, texture and shelflife of wheat bread. *VTT Technical Research Centre of Finland*, 569:13-41.
21. Keenan, J. M., Goulson, M., Shamliyan, T., Knutson, N., Kolberg, L. and Curry, L. 2007. The effects of concentrated barley β-glucan on blood lipids in a population of hypercholesterolaemic men and women. *British Journal of Nutrition*, 97(6): 1162-1168 .
22. Khorasanchi, N., Prophet, S,H, Hejazi M A, Rafat S. A, 2013. Use of Lactobacillus plantarum (1058 ATCC) and rotary (1655 ATCC) as primers in the preparation of sourdough. Food industry research. 23 (1): 81-95.
23. Leenhardt, F, Levrat-Verny M.-A, Chanliaud. E., Remesy. C. 2005. 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. 53: 98–102.
24. Li. Z, Li. H, Deng. C, Bian. K, and Liu. C. . 2013. Effect of lactobacillus plantarum dm616 on dough fermentation and chinese steamed bread quality. *Journal of food processing and preservation1, 745-*4549.30.
25. Lopez. H, Duclos. V, Coudray. C, Krespine. V, Feillet-Coudray. C, Messager. A, Demigne´. C, Remesy. C. 2003. Making bread with sourdough improves mineral bioavailability from reconstituted whole wheat flour in rats. *Nutrition*. 19:524–530.
26. Malik. H, Ahmad Nayik .G, and BN. D. 2015. Optimisation of Process for Development of Nutritionally Enriched Multigrain Bread, *Food Processing and Technology*. 7:1.
27. Moharrami, E. and Shahedi baghkhandan, M. 2011. Optimization of flour α-amylase activity with germinated wheat flour and its effect on staling of Taftoon bread. *Food Science and Technology*, 8: 23-33.
28. Naghipour, F., Mazaheri Tehrani, M., Sahraiyan, B., Sheikholeslami, Z. and Soleimani, M. 2013. Replacing eggs with soy flour and mixing with wheat flour with wheat germ for oil cake production. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*,8:211-220.
29. Najafi, M. A, Rezaei, K., Safari, M. and Razavi, S. H. 2012. Use of sourdough to reduce phytic acid and improve zinc bioavailability of a traditional flat bread (sangak) from iran. *Food Science and Biotechnology*. 21(1): 51-57.
30. Nasiri Esfahani, B., Kadivar, M., Shahedi, M. and Soleimanianzad, p. 2018. Evaluation of the effect of fermentation of sourdoughs containing four strains of lactic acid bacteria on the amount of phytic acid and acrylamide of whole wheat bread. *Iranian Nutrition Sciences and Food Industry*. 13 (1): 53-62.
31. Poudela, R., Finnieb, S. and Rosea, D. J. 2019. Effects of wheat kernel germination time and drying temperature on compositional and end-use properties of the resulting whole wheat flour. *Journal of Cereal Science*. 86:33–40.
32. Poutanen, K., Flander, L. and Katina, K. 2009. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*. 26: 693–699.
33. Reale, A., Konietzny, U., Coppola, R., Sorrentino, E. and Greiner, R. 2007. The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. *J. Agric Food Chem*. 55: 2993–2997.
34. Roobert, H., Gabriel, V., Lefebvre, D., Rabier, P., Vayssier, Y. and Faucher, C. 2006. Study of the behavior of lactobacillus plantarum and Leunostoc srarter during a complete wheat sourdough breadmaking process, *LWT*, 256-265.
35. Sadeghi, A., Raeisi, M., Ebrahimi, M., Abedfar, A. and Dadban Shahamat, Y. 2016. Effect of Controlled Fermentation of Sourdough

Containing Lactobacillus plantarum and Lactobacillus brevis on Phytate Content in Dough and Bread. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 26(141): 16-25.

36. Saeed, I., Shaheen, S., Hussain, K., Khan, M. A, Jaffer, M., Mahmood, T., Khalid, S., Sarwar, S., Tahir, A. and Khan, F. 2019. Assessment of mold and yeast in some bakery products of Lahore, Pakistan based on LM and SEM. *Microscopy research and technique*. 82(2): 85-91.
37. Schutyser, M., Zhang, L., Taal, M., Boom, R. and Che, X. 2018. Effect of baking conditions and storage on the viability of Lactobacillus plantarum supplemented to bread, *LWT-Food Science and Technology*. 87: 318-325.
38. Sun, D.W.2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Food science and technology, International series.
39. Weerasooriya, V., Rennie, M. J., Anant, S. and Klein, S. 2006. Dietary Fiber decreases colonic epithelial proliferation and protein synthetic rates in human subjects. Am. *J. Physiol Endocrinol Metab*. 290: 1104-1108.
40. Zotta, T., Ricciardi, A. and Parente, E. 2007. Enzymatic activities of lactic acid bacteria isolated from Cornetto di Matera sourdoughs. *International Journal of Food Microbiological*. 115:165–172.

(Original Research Paper)

Improving the Quality and Shelf life of Barbari Bread Based on Mixed Whole Flour Using Spontaneously Fermented Sourdough and Sourdough Containing *Lactobacillus plantarum*

Sara Naji Tabasi[1]*, Mostafa Shahidi Noghabi[2], Marzieh Hosseini Nezhad[3], Hossein Zamani[4], Toktam Hejrani[5]

1-Assistant Professor, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
2-Associate Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
3-Associate Professor, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
4-Assistant Professor, Department of Food Industry Machineries, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
5--PhD Graduated, Department of Food Industry Science and Engineering, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran.

Received:05/12/2020 Accepted:14/03/2021

Abstract

The basis of nutrition in many countries, including Iran, is bread. Considering the importance of consuming whole-wheat flour along with other grains, the application of sourdough containing *Lactobacillus plantarum* primer and sourdough with random fermentation were applied in preparation of Barbari breads (mixture of whole wheat-barley flour and mixture of whole barley-sprouted wheat flour) were investigated and compared. The results of using sourdough on the amount of phytic acid in Barbari bread showed that random sourdough further reduces the amount of phytic acid. As a result, the amount of iron and zinc increased. The microbial analysis of bread showed no microbial growth in all samples on the first and third day of storage. In addition, the results of mold count showed that the use of random sourdough had a better effect on the lack of mold growth in both breads. The results of the textural characteristics of the breads during one week of storage showed that the quality of the bread texture was maintained up to 5 days after baking by using sourdough in random fermentation conditions. Based on the results of this study, it is possible to reduce phytic acid, improve nutritional properties and increase the shelf life of bread by using sourdough with random fermentation in the preparation of Barbari bread from whole flour.

Keywords: Whole flour, *Lactobacillus plantarum*, Phytic acid, Sourdough.

*Corresponding Author: s.najitabasi@rifst.ac.ir