مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی اثر خمیرترش آرد گندم کامل حاوی فروکتوالیگوساکارید و *باسیلوس کواگولانس* IBRC-M 10807 بر خواص تکنولوژیکی و کیفیت نان حجیم

زهرا فرجی‌نژاد[۱]، فروغ محترمی[۲*]، میرخلیل پیروزی‌فرد[۳]، صابر امیری[۲]، حامد همیشه‌کار[٤]، حسین صمدی‌کفیل[٥]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۳- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

٤- استاد مرکز تحقیقات کاربردی دارویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

٥- استادیار مرکز تحقیقات کاربردی دارویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۱۱/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱٦

کلمات کلیدی:

خمیرترش،

پروبیوتیک،

نان عملگرا،

باسیلوس کواگولانس،

فروکتوالیگوساکارید.

DOI: 10.22034/FSCT.19.125.255

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.26.5

* مسئول مکاتبات:

f.mohtarami@urmia.ac.ir

چکیده

امروزه علاقه مصرف‌کنندگان به مصرف موادغذایی سالم و با ارزش تغذیه‌ای بالا، توجه همگان به‌ویژه محققین را به استفاده از مواد غذایی فراسودمند و همچنین استفاده از پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها در محصولات نانوایی به‌خصوص نان خمیرترش سوق داده است. در پژوهش حاضر استفاده از خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک باسیلوس کواگولانس و همچنین پری‌بیوتیک فروکتوالیگوساکارید در تولید نان حجیم بررسی گردیده و تاثیرات آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نان حجیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان داد که با افزودن خمیرترش حاوی باکتری باسیلوس کواگولانس به نان حجیم نسبت به شاهد در شاخص‌های اسیدیته، حجم مخصوص، رطوبت، ارتفاع، نفوذپذیری پوسته، پیوستگی، ارتجاعیت، قابلیت جویدن و ارزیابی حسی کاهش و شاخص‌های سفتی و قابلیت جویدن افزایش معنی‌داری مشاهده گردید($p<۰/۰۵$). درصورتیکه، افزودن خمیرترش حاوی باکتری باسیلوس کواگولانس و فروکتوالیگوساکارید به نان حجیم باعث بهبود شاخص‌های سفتی، قابلیت جویدن، میزان نفوذپذیری و رنگ پوسته، سفتی بافت نان در طی ماندگاری و همچنین ارزیابی حسی نسبت به شاهد گردید ($p<۰/۰۵$). درحالیکه، شاخص‌های حجم مخصوص، ارتفاع و رطوبت این نوع نان نسبت به شاهد کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). شاخص فعالیت آبی تحت تاثیر فاکتورهای مورد مطالعه قرار نگرفت ($p>۰/۰۵$). به‌طورکلی طبق نتایج بدست آمده افزودن خمیرترش حاوی باسیلوس کواگولانس و فروکتوالیگوساکارید به نان حجیم ویژگی‌های مطلوبی بخشیده و می‌توان آن را به‌عنوان یک کشت آغازگر در تولید نان حجیم با خواص عملکردی و ارزش تغذیه‌ای بالا به‌کار برد.

۱- مقدمه

غذاهای مبتنی‌بر غلات، به‌ویژه نان‌ها یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین غذاهادر جهان به‌شمار می‌آیند [۱]. در سال‌های اخیر مصرف مواد غذایی باکیفیت و ارزش تغذیه‌ای بالا توجه همگان به‌ویژه محققان را به خود جلب کرده است [۲]. از این‌رو، تولید نانی با خواص تکنوعملکردی و ارزش تغذیه‌ای بالا حائز اهمیت است. نان خمیرترش آرد گندم کامل تخمیرشده با ایزوله انتخابی، به‌دلیل دارابودن ریزمغذی‌ها و فیبرهای غذایی و تخمیر کنترل‌شده می‌تواند در بهبود ویژگی‌های بافتی و همچنین کاهش مقدار فیتات نان تولیدشده موثر باشد [۳]. عمدتاً در تولید نان گندم کامل از مواد نگهدارنده و ورآورنده‌های شیمیایی استفاده می‌شود که اثرات ضدتغذیه‌ای داشته و باعث کاهش کیفیت و ماندگاری محصول می‌شود. خمیرترش می‌تواند به‌عنوان یک افزودنی بیولوژیکی ایمن در تهیه نان به‌کار رود و ازآنجایی‌که یک اکوسیستم بسیار پیچیده است به‌تبع عوامل زیادی بر تخمیر آن موثرند. از مهم‌ترین عوامل موثر بر تخمیر خمیرترش می‌توان به شرایط تخمیر، ترکیب خمیرترش و تنوع میکروبی اشاره کرد [۳ و ٤]. اگرچه خمیرترش یک ورآورنده معتبر در تکنولوژیی نان است اما گسترش سریع مخمر نانوایی به‌دلیل ظرفیت بالای آن برای تامین نیازهای نانوایی‌های خلاقانه استفاده از آن بسیار گسترده‌تر است؛ بنابراین، فرآیند سریع و ساده مرتبط با مخمر نانوایی جایگزینی فرآیند پخت با خمیرترش شد، که به‌دلیل زمان تخمیر طولانی و مدیریت پرزحمت آن زمان بسیار بیش‌تری داشت [۵].در دهه‌های گذشته محبوبیت نان خمیرترش به دلایل مختلف در سراسر جهان افزایش یافته است. مصرف‌کنندگان به طعم و مزه آن، ارزش تغذیه‌ای بالا و خواص سلامتی، ماندگاری طولانی مدت، استفاده از افزودنی‌های کم‌تر و در آخر جنبه‌های سنتی آن علاقه‌مند شده‌اند [٦]. میکروارگانیسم‌های موجود در خمیرترش در طی تخمیر در اثر تولید متابولیت‌های میکروبی بر خصوصیات خمیر نان تاثیر گذاشته که بارزترین اثر خود را از طریق اسیدی‌کردن محیط اعمال می‌کنند [۵]. اسیدی‌شدن بیولوژیکی خمیر برای کاهش میزان اسید فیتیک و فساد میکروبی، بهبود حجم نان، نرمی مغز و تاخیر در رتروگراسیون نشاسته نان اهمیت زیادی دارد [۷]. بااین‌حال این اسیدی‌شدن باید کنترل شود زیرا افزایش بیش‌ازحد آن باعث کاهش حجم و افزایش سفتی و بیاتی نان می‌شود [۵]. از اگزوپلی‌ساکاریدها[1](EPSs) می‌توان برای خنثی‌کردن اثرات منفی اسیدی‌شدن استفاده کرد. EPSها مانند هیدروکلوئیدها توانایی اتصال با آب را دارند و با حفظرطوبت باعث کاهش سفتی مغز و تاخیر در رتروگراداسیون نشاسته و افزایش مدت ماندگاری می‌شود [۱]. فروکتوالیگوساکارید[2] (FOS) الیگوساکاریدی است که مانند EPSها از طریق حفظ رطوبت تاثیرات مثبت خود را اعمال می‌کند [۸].

در صنایع غذایی، ازآنجایی‌که افزودنی‌های شیمیایی کم‌تر مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرند، علاقه فزاینده‌ای به استفاده از مواد طبیعی ساکاریدی معروف به پری‌بیوتیک و نگهدارنده زیستی FOS وجود دارد. اصطلاح نگهدارنده زیستی شامل طیف گسترده‌ای از محصولات طبیعی از گیاهان و میکروارگانیسم‌ها است که قادر به افزایش ماندگاری غذاها، کاهش یا حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و افزایش کیفیت کلی محصولات غذایی می‌باشند. این مواد ضدمیکروبی طبیعی می‌توانند پپتیدهایی مانند باکتریوسین‌ها یا مواد چربی‌دوست مانند اسانس‌ها باشند. در مقایسه با این دو نوع ماده ضدمیکروبی، به‌نظر می‌رسد که مولکول‌های قند به‌عنوان نگهدارنده‌های بالقوه مواد غذایی کم‌تر مورد بررسی قرار می‌گیرند. خواص عملکردی مختلف FOS بهدلیل تفاوت در طول زنجیره آن‌ها است. FOS به حفظ رطوبت به محصولات پخته شده نرم کمک می‌کند و مانند شکر به‌عنوان یک چسب در گرانول‌های غذایی عملا می‌کند. مزایای دیگری ازجمله کالری کم‌تر، غنی‌سازی به‌عنوان

1. Exopolysaccharides
2. Fructooligosaccharides

فیبر و سایر خواص تغذیه‌ای نیز دارد [۹].

غذاهای عملگرا مانند پری‌بیوتیک‌ها فواید سلامتی برجسته‌ای دارند و جایگزین خوبی برای بهبود کیفیت زندگی هستند. در بیماری‌های امروزی جوامع مدرن، مصرف‌کننده از این واقعیت آگاهی داشته که به غذاهایی نیاز دارد که علاوه‌بر مقرون‌به‌صرفه بودن دارای خواص عملگرایی و همچنین طعم قابل‌قبول باشند. ازآنجایی‌که FOSها این شرایط را برآورده می‌کنند در کانون توجه هستند [۱۰].

باسیلوس کواگولانس[3] باکتری پروبیوتیکی است که از برخی خصوصیات آن می‌توان به بی‌هوازی اختیاری، گرم مثبت، باسیل، متحرک و توانایی تولید اسید بدون گاز از تخمیر قندهایی نظیر ساکارز، مالتوز، تره هالوز و مانیتول اشاره کرد. به‌دلیل صفات ذاتی آن ازجمله اسپورزا بودن، باعث مقاومت آن در برابر حرارت پخت و اسید معده شده و اثرات فیزیولوژیکی خود را از طریق بهبود تعادل میکروبی، بقا و تجمع دستگاه گوارش اعمال می‌کند[۷،۱۱و ۱۲]. با توجه به نیاز جامعه و توجه مصرف‌کنندگان به مواد غذایی فراسودمند در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای جهت تهیه نان خمیرترش با ویژگی‌های تکنوعملکردی و تغذیه‌ای بالا صورت گرفته است. لذا هدف از این پژوهش حاضر تولید نان خمیرترش با کیفیت و ارزش تغذیه‌ای بالا با افزودن خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* و همچنین خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* و فروکتوالیگوساکارید تهیه شده از آرد گندم کامل به خمیر نان تهیه شده از آرد گندم ستاره و بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های نان می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم کامل و آرد ستاره از شرکت آرد اطهر (مراغه، ایران) تهیه گردید. فروکتوالیگوساکارید از شرکت دانش پژوهان شیمی (تهران، ایران)، باکتری *باسیلوس کواگولانس* (IBRC-M 10807)لیوفیلیزه شده از مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران، خمیرمایه خشک فوری (دزمایه طلایی، شرکت خمیرمایه خوزستان، ایران)، روغن، شکر، نمک نیز از بازار محلی تبریز تهیه شدند. همچنین سدیم هیدروکسید، سدیم کلرید، بافر فسفات، محیط کشت ام‌آراس براث استفاده شده از برند شرکت مرک (آلمان) از شرکت تاتکو تبریز، ایران تهیه گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- آنالیز شیمیایی آرد

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم کامل و آرد ستاره طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۳ تعیین شد.

۲-۲-۲- فعالسازی باکتری و تهیه سوسپانسیون باکتریایی

سویه پروبیوتیک *باسیلوس کواگولانس*لیوفیلیزه شده دو بار در شرایط استریل به محیط کشت ام‌آراس براث تلقیح و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شد تا کاملاً فعال شود. سپس سوسپانسیون باکتریایی با غلظت برابر با محلول استاندارد نیم مک‌فالند ($۱/۵ \times ۱۰^۸$) تهیه گردید [۱۳- ۱۶].

۲-۲-۳- تهیه خمیرترش

طبق مطالعات آزمایشگاهی،نمونه‌های خمیرترش با استفاده از آرد گندم کامل+آب مقطر استریل(تا حصول بازده خمیر ۲۰۰ =DY^4) + شکر (با ۲٪ جایگزینی با آرد)، FOS (۴/۷٪) و سوسپانسیون باکتریایی *باسیلوس کواگولانس* ($۱۰^۸$ واحد تشکیل‌دهنده پرگنه در هر گرم خمیرترش) مطابق جدول ۱ تهیه شدند.

3. *Bacillus coagulans*

4. Dough yield

Table 1 Sourdough of samples

Treatment	FOS (%)	*B. coagulans* (CFU/g)	Fermentation temperature (°C)	Fermentation time (h)
A	0	1.5×10^8	30	12
B	4.7	1.5×10^8	30	12

۲-۲-٤- تهیه نان

نمونه‌های نان با استفاده از آرد ستاره گندم، آب مقطر استریل، شکر، نمک، خمیرمایه و خمیرترش (۸٪ براساس وزن آرد) به روش پخت استاندارد نان تهیه شدند. برای تهیه خمیر نان شاهد (C) آرد ستاره، آب مقطر استریل، شکر(۱/۵٪)، خمیرمایه (۱/۵٪) و نمک (۱/۵٪) را با هم مخلوط کرده و جهت تخمیر مرحله اول خمیرهایی نان تهیه‌شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. سپس خمیرهایی نان را به صورت چانه-های ۱۰۰ گرمی تقسیم کرده و مرحله تخمیر نهایی پس از قرارگیری چانه‌ها در دمای ٤۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه صورت پذیرفت. درنهایت در دمای۲۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در فر پخت مستقیم (مدلAlton V401، ایران) پخته شده‌اند. برای تهیه نمونه‌های نان خمیرترش به میزان ۸٪ خمیرترش تهیه شده به فرمولاسیون نان شاهد بدون خمیرمایه اضافه شد و تحت شرایط یکسان با نمونه شاهد تخمیر و پخت گردید. نان‌های تولیدشده پس از خنک شدن در دمای محیط در کیسه‌های پلی‌اتیلن قرار داده شدند [۳].

۲-۲-۵- pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون خمیر نان

۱۰ گرم از هر نمونه خمیر حاصله با ۹۰ میلی‌لیتر از آب مقطر همگن شد و pH نمونه توسط pHمتر (مدل Metrohm 827، ساخت سوئیس) تعیین گردید. سپس با سدیم هیدوکسید ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۸/۵ تیتر شد و مقدار سود ۰/۱ نرمال مصرف‌شده برحسب میلی‌لیتر بر ۱۰ گرم خمیر نان به‌عنوان اسیدیته کل قابل‌تیتراسیون گزارش شد [۱].

۲-۲-٦- اندازه‌گیری حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نمونه‌های نان پس از سرد شدن نان در دمای اتاق آن با روش جابه‌جایی دانه کلزا مطابق با استاندارد A-A-20126E METRIC انجام شد [۳].

۲-۲-۷- تعیین رطوبت نان

تعیین رطوبت نان با استفاده از روش مصوب AACC-2000 به شماره ٤٤-٤۰ انجام شد. ۵ گرم از نمونه نان، آسیاب و همگن شد و در داخل آون (مدل بهداد ۱٤۵ ۰۱، ساخت ایران) با دمای ۵±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفت. سپس نمونه جهت سردشدن در دسیکاتور گذاشته شد و درنهایت توزین گردید. برای محاسبه درصد رطوبت از رابطه ذیل استفاده شد:

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{وزن نمونه با پلیت بعد از آون} - \text{وزن نمونه با پلیت قبل از آون}}{\text{وزن نمونه}} \times 100$$

۲-۲-۸- تعیین فعالیت آبی نان

ففعالیت آبی نمونه‌های نان با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (مدلMSI-Novasina Switzerland، ساخت سوئیس) تعیین شد.ابتدا دستگاه توسط پتاسیم کلرید کالیبره گردید و مقداری از نمونه آسیاب و همگن‌شده داخل سل دستگاه ریخته و در محل دتکتور قرار داده شد. پس از ثابت‌شدن عدد نمایش داده شده توسط دستگاه، مقدار فعالیت آبی را ثبت نموده و به‌عنوان فعالیت آبی نمونه گزارش گردید[۱۷].

۲-۲-۹- تعیین ارتفاع نان

جهت اندازه‌گیری ارتفاع قله نمونه‌های نان ابتدا قرص‌های نان از وسط بریده شدند. ارتفاع نان توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد و میانگین ارتفاع نان برحسب سانتی‌متر گزارش گردید [۱۸- ۲۰].

۲-۲-۱۰- ارزیابی شاخص‌های رنگ پوسته و مغز نان‌های تولیدی

آنالیز رنگ پوسته و مغز نان توسط دستگاه رنگ‌سنجی هانترلب (مدل FRU WR10 colorimeter، ساخت چین) با سه تکرار از طریق تعیین L*، a* و b* مشخص شد و شاخص ΔE با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

L_0^*، a_0^* و b_0^* به‌ترتیب مقادیر L^*، a^* و b^* در نمونه شاهد هستند [۳ و ۲۱].

۲-۲-۱۱- ارزیابی بافت نان

قرص‌های نان با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (مدل TA.XT plus texture analyser, Stable Micro systems، ساخت انگستان) برای انجام تجزیه و تحلیل پروفایل بافت نمونه‌های نان مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور، روز اول پس از پخت برش‌هایی با ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر از قسمت مرکزی مغز نان تهیه گردید. با استفاده از پروب آلومینیومی استوانه‌ای مسطح با قطر ۲۵ میلی‌متر و با سرعت ۵ میلی‌متر بر ثانیه طی دو سیکل متوالی مغز نان تا ۵۰% ارتفاع اولیه فشرده شد. زمان ۵ ثانیه بین دو دوره فشرده‌سازی تنظیم شد. از این آزمون پارامتر-های بافتی نظیر سفتی[5]، رزیلنسی[6]، قابلیت جویدن[7]، پیوستگی[8] و ارتجاعیت[9] گزارش شده است [۳، ۲۲].

۲-۲-۱۲- سفتی پوسته نان

برای تعیین سفتی پوسته نان از دستگاه آنالیز بافت (مدل TA.XT plus texture analyser, Stable Micro systems، ساخت انگستان) با پروب به قطر ۲ میلی‌متر و با سرعت ۰/۵ میلی‌متر بر ثانیه تا عمق نفوذ ۵ میلی‌متر در روزهای اول و هفتم پس از پخت بر روی نمونه‌های نان استفاده گردید. از نتایج حاصل از این آزمون می‌توان میزان انرژی مصرفی برای نفوذ پروب و سفتی پوسته نمونه‌ها را محاسبه کرد[۲۲].

۲-۲-۱۳- ارزیابی حسی و پذیرش‌کلی نان

ارزیابی حسی نمونه با روش آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای (۱ = خیلی بد،۲ = بد، ۳ = متوسط، ٤ = خوب و ۵ = خیلی خوب) انجام شد. ۱۵ ارزیاب نمونه‌های نان را براساس شکل ظاهری، رنگ مغز، نرمی بافت، تخلخل مغز، بو، سهولت جویدن، طعم، حس دهانی و پذیرش‌کلی مورد بررسی قرار دادند. برای به-حداقل‌رساندن خطای آزمایش نمونه‌ها با کدهای سه‌رقمی تصادفی نام‌گذاری شدند و همچنین از ارزیاب‌ها خواسته شد بین نمونه‌ها از آب آشامیدنی استفاده کنند. پذیرش‌کلی براساس میانگین نمرات ارزیاب‌ها محاسبه شد [۱ و ۲۳].

۲-۲-۱٤- آنالیز آماری نتایج

در پژوهش حاضر آنالیزهای آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) در سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت مقایسه آماری ویژگی‌های نان‌های تولیدی از آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و دوطرفه سپس برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال٪۵ = α استفاده شد. رسم نمودار با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم مصرفی در تهیه خمیرترش و نان در جدول ۲ آورده شده است.

5. Firmness
6. Resilience
7. Chewiness
8. Cohesiveness
9. Springiness

Table 2 Chemical properties of flours

Flours	pH	Moisture (%)	Wet Gluten	Fat (%)	Protein (%)	Carbohydrates (%w/w)	Fiber (%w/w)	Ash (%)
Whole wheat flour	6.25	11.31	23	2.42	12.04	72.65	3	1.58
Star flour	6.21	12.27	28	0.75	11.04	74.41	0.80	1.53

۳-۲- تعیین pH و اسیدیته کل قابل تیتراسیون خمیر نان

pHو اسیدیته نمونه‌های خمیر نان بعد از تخمیر نهایی و قبل از پخت اندازه‌گیری شد. با توجه به جدول ۳، pH و اسیدیته نمونه‌های خمیر نان حاوی خمیر ترش (A وB) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند($p>۰/۰۵$). اما این دو نمونه مذکور اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد (C) نشان دادند ($p<۰/۰۵$). به‌نظر می‌رسدباکتری *باسیلوس کواگولانس*به‌جای تولید اسیدهای آلی و کاهش pH، در طی تخمیر خمیر نان، به تولید بیومس بیش‌تری پرداخته و این امر منجربه افزایش pH و کاهش اسیدیته نمونه‌ها نسبت به نوع شاهد شده است[۲٤].

Table 3 Physical and chemical characteristics of bread samples

Treatment	A	B	C
pH	5.33 ± 0.02^{b}	5.32 ± 0.02^{b}	5.29 ± 0.01^{a}
TTA	5.06 ± 0.03^{a}	5.07 ± 0.02^{a}	5.10 ± 0.01^{b}
V` (cm^3)	3.70 ± 0.09^{a}	4.70 ± 0.85^{ab}	5.63 ± 0.73^{b}
Moisture (%)	30.03 ± 0.21^{a}	30.09 ± 0.24^{a}	33.03 ± 0.58^{b}
a.w	0.90 ± 0.004^{a}	0.90 ± 0.003^{a}	0.90 ± 0.005^{a}
Height (cm)	5.65 ± 0.05^{b}	5.22 ± 0.02^{a}	5.65 ± 0.05^{b}
ΔE Crust	5.46 ± 1.78^{b}	5.90 ± 4.09^{b}	0.00 ± 0.00^{a}
ΔE Crumb	2.74 ± 0.88^{a}	7.89 ± 3.31^{b}	0.00 ± 0.00^{a}

Letters indicate a significant different ($p<0.05$).**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread

۳-۳- اندازه‌گیری حجم مخصوص نان

مهم‌ترین پدیده موثر بر حجم مخصوص نان، میزان تولید گاز و ظرفیت نگهداری آن می‌باشد[۳]. طبق نتایج بدست آمده افزودن خمیرترش منجربه کاهش حجم مخصوص نان‌های خمیرترش گردید. به‌طوریکه نمونه شاهد از بیش‌ترین حجم مخصوص در بین نمونه‌ها برخوردار بود. بین نان‌های خمیرترش (AوB) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). نمونه حاوی باکتری پروبیوتیک کم‌ترین میزان حجم مخصوص را دارا بود که در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار نشان داد ($p<۰/۰۵$). چراکه *باسیلوس کواگولانس* با مصرف ساکارز گاز تولید نمی‌کند درحالیکه وظیفه مخمر نانوایی موجود در نمونه شاهد تولید گاز می‌باشد.نتایج تحقیقات قره‌خانی و همکاران (۱۳۹۵) مبنی‌بر تاثیر *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس سانفرانسیسنسیس* بر ویژگی‌های تکنولوژیکی خمیرترش و کیفیت نان حجیم نیز نتایج بدست آمده را تایید کرد [۲۱،۲۲ و ۲۳].

۳-٤- تعیین رطوبت و فعالیت آبی نان

رطوبت و فعالیت آبی نان یکی از صفات کیفی نان بوده که به‌صورت مستقیم بر بیاتی، فساد میکروبی و مدت ماندگاری نان تاثیر می‌گذارد[۲۱]. از نظر شاخص رطوبت بین نمونه‌های نان خمیرترش (AوB) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ولی این دو نمونه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به نان شاهد و کم‌ترین آن مربوط

به نمونه‌های نان خمیرترش (Aو B) بود. اگزوپلی‌ساکارید تولیدشده در محل و FOS هر دو مواد جاذب الرطوبه هستند که در خمیر پیوندهای هیدروژنی زیادی با آب آزاد موجود در خمیر نان برقرار می‌کنند. ازاین‌رو، باعث کاهش رطوبت موجود در محصول نهایی می‌شوند که بانتایج تحقیقات Hager و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد[۸، ۲۳، ۲۵ و ۲۶]. از نظر فعالیت آبی نیز نمونه‌های نانتفاوت معنی‌داری باهم نداشتند ($p>0.05$)که نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش لوینی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت داشت [۲۷ و ۲۸].

۳-۵- تعیین ارتفاع نان

شاخص ارتفاع قله نان، با حجم نان رابطه مستقیم داشته و در تولید محصولات نانوایی ویژگی مهمی به‌شمار می‌آید. نان حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS(B) با نمونه‌های نان حاوی *باسیلوس کواگولانس* و شاهد (A و C) از نظر ارتفاع نان تفاوت معنی‌داری داشت($p<0.05$). بین نان حاوی پروبیوتیک و شاهد (A و C) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد($p>0.05$). نمونه‌های نان حاوی پروبیوتیک و شاهد (A و C) بیش‌ترین ارتفاع و نان حاوی پروبیوتیک و FOS(B) کم‌ترین ارتفاع را داشتند(شکل ۱)؛ زیرا بااین‌حال‌که FOS به‌خوبی با شبکه گلوتن یکپارچه می‌شود ولی تاثیر منفی خود را با کاستن نسبت آن و همچنین قابلیت نگهداری گاز اعمال می‌کند[۲۹].

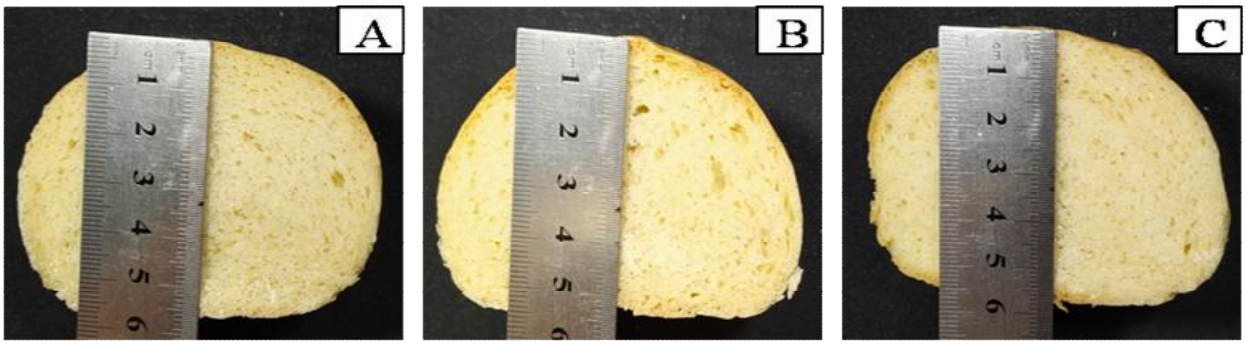

Fig 1 Height of breads (**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread)

۳-۶- ارزیابی شاخص‌های رنگ پوسته و مغز نان‌های تولیدی

ΔE برآیند تغییرات کلی رنگ نمونه‌های نان خمیرترش در مقایسه با نمونه شاهد می‌باشد. به‌طورکلی، مایلارد و کاراملیزاسیون واکنش‌های اصلی تاثیرگذار بر شاخص رنگ پوسته نان هستند. این واکنش‌ها معمولاً تحت تاثیر عواملی ازجمله اجزای آرد یا سایر مواد تشکیل‌دهنده مورد استفاده در تولید نان، نسبت آمینواسیدهای جمع‌آوری‌شده در طی تخمیر خمیرترش (در اثر افزایش فعالیت پروتئولتیک) بر کاهش کربوهیدرات‌ها، pH، به‌ویژه دمای فر و زمان پخت قرار دارند [۳]. شاخص ΔE پوسته نان بین نان‌های خمیرترش (Aو B) معنی‌دار نبود ولی تغییرات رنگ پوسته دو نمونه مذکور نسبت به نان شاهدافزایش یافت ($p<0.05$) (شکل ۲). موحد (۱۴۰۰) در تحقیقات خود بیان نمود که کاربرد خمیرترش سبب ایجاد رنگ قهوه‌ای طلایی در نمونه‌های نان می‌شود [۳۰]. FOS مانند اینولین عمل می‌کند و طبق نتایج بدست آمده در تحقیقات Poinot و همکاران (۲۰۱۰)، افزودن ٪۵ اینولین به نان سفید فرآیند پخت نان را تشدید می‌نماید. این عمل منجربه افزایش تشکیل و قهوه‌ای شدن پوسته و همچنین تشکیل ترکیبات طعم‌دهنده می‌شود. ازآنجایی‌که زنجیره فروکتان FOS مانند اینولین حین پخت شکسته می‌شود و در سطح پوسته محصولاتی با وزن مولکولی پایین ازجمله فروکتوز، گلوکز، ساکارز و در مواردی D-انهیدرید را نیز شرکت می‌نماید. بدین‌وسیله، واکنش قهوه‌ای شدن در حضور FOS تشدید می‌یابد [۳۱]. Peressiniو Sensidoni(۲۰۰۹) گزارش نمودند ایجاد رنگ تیره در طی پخت نان را می‌توان به افزایش شمار انتهاهای احیاکننده موثر بر واکنش مایلارد نسبت داد. ازاین‌رو، FOS که اینولینی با زنجیره کوتاه‌تر بوده و دربردارنده

فروکتان‌های با وزن مولکولی پایین‌تر بوده و باعث تیره‌تر شدن رنگ نان می‌شود [۳۲]. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق این محققین مبنی‌بر تغییرات رنگ پوسته نمونه‌های نان مطابقت داشت.

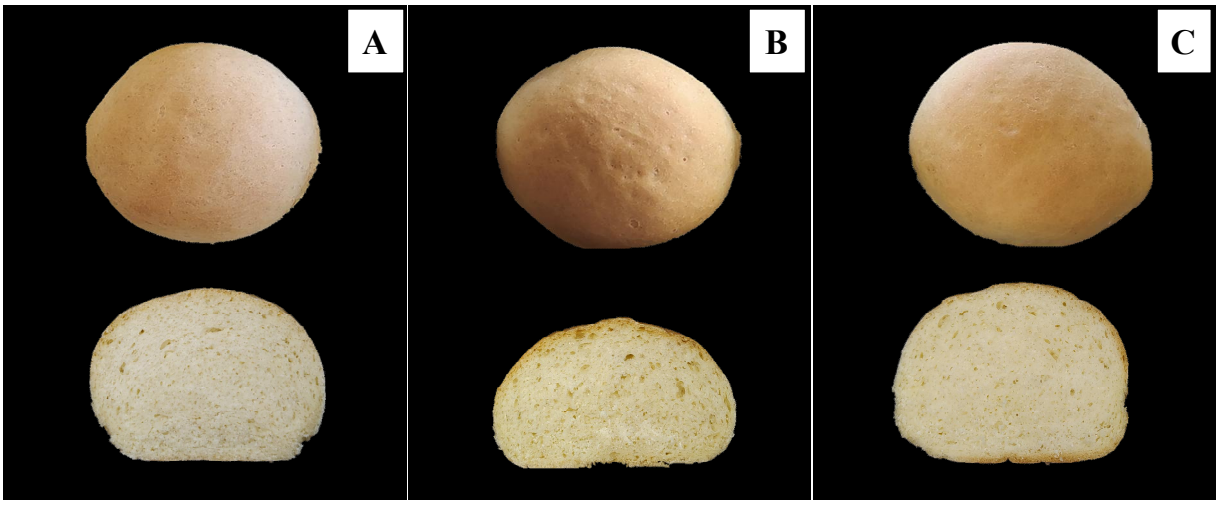

Fig 2 Crust and crumb color of breads (**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread)

اما تغییرات رنگ مغز نان خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس*و FOS با دو نمونه‌ی دیگر معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).محققین مشاهده نمودند که نان‌های پروبیوتیک از شاخص روشنایی کم‌تری برخوردارند زیرا بعد از تورم گرانول‌های نشاسته، میزان عبور نور از میان گرانول‌ها افزایش یافته و ازاین‌رو، میزان انعکاس آن کاهش می‌یابد که بالتبع می‌تواند دلیل بر کاهش روشنایی باشد و حضور نشاسته مقادیر شاخص‌های a^*و b^*را کاهش می‌دهد [۲]. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیق Sadeghiو همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت [۳]. طبق مطالعات Ryan و همکاران (۲۰۱۱) و Sanz-Penella و همکاران (۲۰۱۲) به‌ترتیب با افزودن خمیرترش حاوی *لاکتوباسیلوس آمیلووروس*[10] (DSM 19280) و بیفیدیوباکترها به خمیر نان به این نتیجه رسیدند که رنگ پوسته و مغز نان‌های حاوی آغازگر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشته است [۳۳ و ۳٤]. از نظر تغییرات شاخص‌های رنگی نتایج پژوهش حاضر با نتایج این محققین مطابقت نداشت.

تغییرات رنگ مغز نان شاهد (C) با نان خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس*(A) تفاوت معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$) (شکل ۲).

۳-۷- ارزیابی بافت نان

ارزیابی بافت ازجمله ویژگی‌های مهم و اصلی برای پیش‌بینی کیفیت و پذیرش نهایی محصول است [۱۷]. شاخص سفتی بافت بیانگر مقاومت بافت محصول در برابر نیروی اعمال‌شده بدون تخریب اساسی آن می‌باشد [۲].

Fig 3 Texture analyzer

برای بررسی اثر تیمار و زمان بر ویژگی‌های بافتی نان از آنالیز واریانس دوطرفه استفاده گردید. طبق نتایج بدست آمده (جداول

10. *Lactobacillus amylovorus*

۴-۷)، نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک (A) نسبت به سایر نمونه‌ها بیش‌ترین سفتی بافت و قابلیت جویدن و همچنین کم‌ترین سفتی پوسته، پیوستگی و ارتجاعیت را داشت ($p<0.05$). اثرات ضدبیاتی خمیرترش، علاوه بر سویه آغازگر مورد استفاده به نحوه کاهش pH نیز بستگی دارد. عموماً به موازات پیشرفت تخمیر، اسیدیته قابل‌تیتر خمیرترش نیز افزایش یافته و سبب فعال شدن آنزیم‌های پروتئولیتیک موجود در آرد گندم و در نتیجه ایجاد تغییراتی در رفتار گلوتن می‌شود که یکی از دلایل اصلاح رئولوژی خمیر و تغییرات مطلوب بافتی نان به‌ویژه کاهش سفتی بافت نان حاصل از خمیرترش است [۲۶ و ۳۵]. اما ازآنجایی‌که *باسیلوس کواگولانس* به‌جای تولید اسیدهای آلی و کاهش pH، در طی تخمیر خمیر نان به تولید بیومس بیش‌تری پرداخته و این عامل منجربه افزایش pH و کاهش اسیدیته شده است. لذا از بیش‌ترین میزان سفتی بافتنسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بود [۲۶، ۳۵ و ۳۶]. تاثیر اگزوپلی‌ساکارید باکتری *باسیلوس کواگولانس*و همچنین FOS بر روی سفتی پوسته نمونه‌های نان در طی دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفت و در جدول ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. طبق نتایج بدست آمده نیروی لازم برای نفوذ به پوسته نان با گذشت زمان افزایش یافت. اما این افزایش در نمونه حاوی باکتری پروبیوتیک و FOS نسبت به سایر نمونه‌ها خیلی کم‌تر بود. به‌طوری‌که کم‌ترین میزان سفتی پوسته مربوط به نمونه حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS (B) و بیش‌ترین آن متعلق به نمونه حاوی *باسیلوس کواگولانس*(A) بود. در نمونه حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS میزان سفتی پوسته نان بین نمونه‌های نان خمیرترش (A وB) معنی‌دار بود ($p<0.05$).در پژوهش حاضر FOS باعث نرمی بافت شده که دلیل این امر را می‌توان به قابلیت جذب، توزیع و حفظ بهتر آب توسط FOS در خمیر دانست که باعث تقویت شبکه گلوتن و متعاقباً منجر به کاهش سفتی پوسته و مغز نان شده است. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات Korus، Grzelak، Achremowicz و Sabat (۲۰۰۶) اثر افزودنی‌های پری‌بیوتیک ازجمله اینولین و فروکتولیگوساکاریدها بر کیفیت نان بدون گلوتن مورد مطالعه قرار دادند که طبق نتایج حاصله افزودن FOS در درصدهای پایین (۵٪-۳) باعث نرم‌شدن مغز نان نسبت به نان شاهد شده بود با نتایج ما مطابقت داشت [۳۷- ۳۹].

Table 4 ANOVA of textural properties of breads

Chewiness (kg)	Resilience	Springiness	cohesiveness	Firmness (kg)	Treatment
0.456 ± 0.0002^{a}	0.233 ± 0.0001^{b}	0.923 ± 0.0003^{c}	0.553 ± 0.0001^{b}	0.893 ± 0.0043^{a}	**A**
0.327 ± 0.0016^{c}	0.288 ± 0.0002^{a}	0.968 ± 0.0001^{a}	0.651 ± 0.0004^{a}	0.520 ± 0.0051^{c}	**B**
0.377 ± 0.0004^{b}	0.202 ± 0.0001^{c}	0.946 ± 0.0002^{b}	0.489 ± 0.0001^{c}	0.814 ± 0.0031^{b}	**C**

Letters indicate a significant different ($p<0.05$).A sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), B sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and C Control bread

Table 5 Textural properties of breads

Treatment	Time (day)	Hardness (Crust)	Energy
A	1	0.148±0.08	1.123±0.04
	7	0.188±0.06	1.380±0.02
B	1	0.077±0.03	0.563±0.07
	7	0.072±0.05	0.584±0.04
C	1	0.114±0.05	0.783±0.09
	7	0.109±0.03	0.719±0.06

Letters indicate a significant different ($p<0.05$).**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread

Table 6 ANOVA of runs and days on textural properties of breads

Sig.	F	Mean Square	Source	Variable
0.030	4.751	0.013	Runs	
0.696	0.161	0.000	Day	**Crust hardness**
0.704	0.362	0.001	Runs* Day	
0.00	220.304	0.742	Runs	
0.023	6.801	0.023	Day	**Energy**
0.001	12.324	0.041	Runs* Day	

Letters indicate a significant different ($p<0.05$).**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread

Table 7 Main Factor Analysis Using Duncan's Multiple Range Test

Energy	Hardness (Crust)	Variable
		Treatment
1.251 ± 0.144^{a}	0.168 ± 0.067^{a}	A
0.574 ± 0.052^{c}	0.075 ± 0.037^{b}	B
0.751 ± 0.077^{b}	0.112 ± 0.037^{ab}	C
		Time (day)
0.823 ± 0.252^{B}	0.113 ± 0.058^{B}	1
0.894 ± 0.370^{A}	0.123 ± 0.066^{A}	7

Letters indicate a significant different ($p<0.05$).**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread

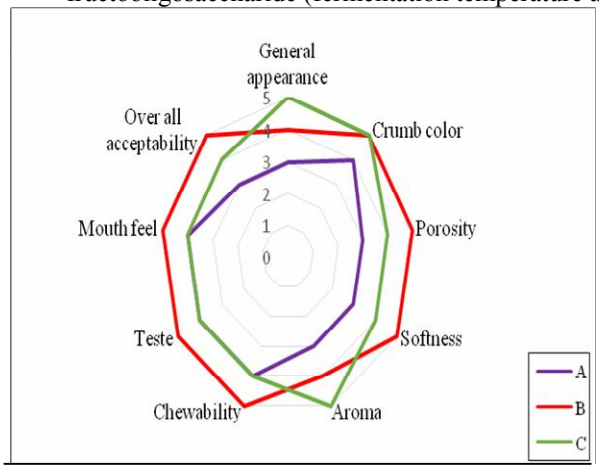

Fig 4 Sensory scores of breads (**A** sourdough bread containing *B. coagulans* (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively), **B** sourdough bread containing *B. coagulans* and fructooligosaccharide (fermentation temperature and time 30°C and 12 h, respectively) and **C** Control bread)

علت این امر را می‌توان به طعم شیرینی که FOS به نان خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOSبخشیده دانست که بین ارزیاب‌ها از مقبولیت بیش‌تری برخوردار بود. از نظر قابلیت جویدن و حس دهانی بیش‌ترین امتیاز مربوط به نمونه‌های

۳-۸- ارزیابی حسی و پذیرش کلی نان

در مطالعه حاضراز دید پانلیست‌ها، نان شاهد و سپس نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک و FOS (B) از نظر شکل ظاهری بیشترین امتیاز را داشتند($p>۰/۰۵$). هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر امتیاز بین رنگ مغز نان‌ها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) که نتایج بدست‌آمده با نتایج تحقیق Yildirim و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت[۱]. از نظر تخلخل، نرمی بافت و بو نمونه حاوی *باسیلوس کواگولانس*(A) با سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$) و در هر سه شاخص دارای کم‌ترین امتیاز بود. علت نتیجه حاصله را می‌توان به بوی ترشیدگی جزئی ناشی از فرآیند تخمیر در نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک (A) نسبت داد که به ذائقه ارزیاب‌ها ناخوشایند بوده است و EPS موجود در آن باعث افزایش سفتی و کاهش تخلخل شده است. نان خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* از نظر شاخص طعم با نان شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت ولی این دو نان با نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک و FOS تفاوت معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$).

نان خمیرترش حاوی باکتریپروبیوتیک و فروکتوالیگوساکارید (**B**) و شاهد بود ($p>۰/۰۵$).

ازآنجایی‌که FOS باعث حفظ آب نان شده لذا نان حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS از نظر قابلیت جویدن و حس دهانی بالاترین امتیاز را داشتند. بین پذیرش کلی نمونه‌های نان، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین پذیرش‌کلی مربوط به نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک و FOS و کم‌ترین آن مربوط به نان خمیرترش حاوی باکتری پروبیوتیک بود. چراکه نان خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS دارای ویژگی‌هایی از قبیل تخلخل، نرمی، قابلیت جویدن، طعم و حس دهانی بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها بوده و ازاین‌رو، بیش‌ترین پذیرش‌کلی را به خود اختصاص داده است.

٤- نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج بدست‌آمده از بررسی‌های خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی نمونه‌های نان حاکی ازاین‌است که نمونه نان حاوی *باسیلوس کواگولانس* در بین نمونه‌ها بیش‌ترین سفتی مغز و پوسته نان را دارا بود. اما نان حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS به‌طور قابل توجهی از کم‌ترین سفتی مغز و پوسته نان برخوردار بوده و همچنین سفتی پوسته آندر طی مدت نگهداری نسبت به سایر نمونه‌ها کاهش جزئی داشت. علاوه‌بر موارد مذکور نان حاوی باکتری پروبیوتیک و FOS به‌دلیل دریافت امتیازاتحسی بالا در شاخص‌های تخلخل، نرمی بافت، قابلیت جویدن، طعم، حس‌دهانی از پذیرش‌کلی بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارا بود. نتایج بدست‌آمده گویای مناسب‌بودن خمیرترش حاوی *باسیلوس کواگولانس* و FOS به‌عنوان کشت آغازگر برای تولید خمیرترش و نانی با بافت نرم‌تر، مدت ماندگاری طولانی‌تر و نیز خواص حسی مناسب بود.

٥- منابع

[1] Yildirim, R., Arici, M. (2019). Effect of the fermentation temperature on the degradation of phytic acid in whole-wheat sourdough bread.LWT-Food Science and Technology, 112, 108-224.

[2] Hosseininezhad, M., Anvari, H., Zhiani, M., & Abedfar, A. (2017). Evaluating the effect of inulin supplementary on the sensory and textural properties of prebiotic bread (Taftoon). Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 6(2), 185-198. (In Persian).

[3] Sadeghi, A., Ebrahimi, M., Mortazavi, S. A., and Abedfar, A. (2019). Application of the selected antifungal LAB isolate as a protective starter culture in pan whole-wheat sourdough bread. Food Control, *95*, 298-307.

[4] Abedfar, A., Abbaszadeh, S., Hosseininezhad, M., and Taghdir, M. (2020). Physicochemical and biological characterization of the EPS produced by L. acidophilus isolated from rice bran sourdough. LWT-Food Science and Technology, 127, 9.

[5] Preedy, V. R., and Watson, R. R. (Eds.). (2019). Flour and breads and their fortification in health and disease prevention. Academic press.

[6] Couch, G. W. (2016). Effect of sourdough fermentation parameters on bread properties.

[7] Lynch, K. M., Coffey, A., and Arendt, E. K. (2018). Exopolysaccharide producing lactic acid bacteria: Their techno-functional role and potential application in gluten-free bread products. Food research international, 110, 52-61.

[8] Aprodu, I., Vasilean, I., Muntenită, C., and Patrascu, L. (2019). Impact of broad beans addition on rheological and thermal properties of wheat flour based sourdoughs. Food chemistry, *293*, 520-528.

[9] Flores-Maltos, D. A., Mussatto, S. I., Contreras-Esquivel, J. C., Rodríguez-Herrera, R., Teixeira, J. A., and Aguilar, C. N. (2016). Biotechnological production and application of fructooligosaccharides. Critical Reviews in Biotechnology, *36*(2), 259-267.

[10] Singh, R. S., Singh, R. P., and Kennedy, J. F. (2016). Recent insights in enzymatic synthesis of fructooligosaccharides from inulin. International Journal of Biological Macromolecules, 85, 565-572.

[11] Sakandar, H. A., Usman, K., and Imran, M. (2018). Isolation and characterization of gluten-degrading Enterococcus mundtii and Wickerhamomyces anomalus, potential probiotic strains from indigenously fermented

sourdough (Khamir). LWT-Food Science and Technology, 91, 271-277.
[12] Ganjouri, M., Mehrabian, S., and Akhavan Sepahi, A. (2012). Enrichment of pan breads with potential probiotic bacilli (*Bacillus coagulans*). Biotechnology Modares, 3 (1), 37-46. (In Persian).
[13] Mokarram, R.R., Mortazavi, S.A., Habibi Najafi, M.B., and Shahidi, F. (2009). The influence of multi stage alginate coating on survivability of potential probiotic bacteria in simulated gastric and intestinal juice. Food Research International, *42*(8), 1040-1045.
[14] Amiri, S., Mokarram, R. R., Khiabani, M. S., Bari, M. R., & Khaledabad, M. A. (2022). Characterization of antimicrobial peptides produced by Lactobacillus acidophilus LA-5 and Bifidobacterium lactis BB-12 and their inhibitory effect against foodborne pathogens. LWT, 153, 112449.
[15] Gholam-Zhiyan, A., Amiri, S., Rezazadeh-Bari, M., & Pirsa, S. (2021). Stability of Bacillus coagulans IBRC-M 10807 and Lactobacillus plantarum PTCC 1058 in milk proteins concentrate (MPC)-based edible film. Journal of Packaging Technology and Research, 5(1), 11-22.
[16] Amiri, S., Teymorlouei, M. J., Bari, M. R., & Khaledabad, M. A. (2021). Development of Lactobacillus acidophilus LA5-loaded whey protein isolate/lactose bionanocomposite powder by electrospraying: A strategy for entrapment. Food Bioscience, 43, 101222.
[17] Lavini, A., Mohtarami, F., Pirsa, S., & Talebi, A. (2022). The Effect of Elaeagnus Angustifolia (Oleaster) Powder on Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Gluten Free Bread. Journal of food science and technology (Iran), *18*(119), 1-15. (In Persian).
[18] Farhadi, A., Peighambardoust, S. H., & Alirezalou, K. (2019). The Effect of Chia Flour on the Technological and Nutritional Features of Gluten-Free Bread.Journal of food science and technology (Iran), 16(89), 287-299. (In Persian).
[19] Amiri, S., Kohneshahri, S. R. A., & Nabizadeh, F. (2021). The effect of unit operation and adjunct probiotic culture on physicochemical, biochemical, and textural properties of Dutch Edam cheese. LWT, 112859.
[20] Khorasanchi, N., Peighambardoust, S. H., Hejazi, M. A., and Rafat, S. A. (2013). Application of *L. plantarum* (ATCC 1058) and *L. reuteri* (ATCC 1655) as starter cultures in sourdough preparation. Journal oF Food Research (UnivercityoF Tabriz)*,23*, 81-95. (In Persian).
[21] Gharekhani, M., Aalami, M., Hejazi, M.A., Maghsoudlou, Y., Khomeiri, M., and Najafian, G. (2017). Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus sanfranciscensis* on technological properties of sourdough and voluminous bread quality. Journal of Food Hygiene, 6, 24. (In Persian).
[22] Abedfar, A., Abbaszadeh, S., Hosseininezhad, M., and Taghdir, M. (2020). Physicochemical and biological characterization of the EPS produced by L. acidophilus isolated from rice bran sourdough. LWT-Food Science and Technology, 127, 9.
[23] Rezaeiyan, M., & Amiri, S. (2021). Optimization of survivability of Lactobacillus casei LAFTI-L26 and the physicochemical properties of functional flavored set yogurt containing grape syrup. Food Science and Technology, 18(114), 195-208.
[24] Lucas, R., Grande, M. J., Abriouel, H., Maqueda, M., Omar, N. B., Valdivia, E., ...& Gálvez, A. (2006). Application of the broad-spectrum bacteriocin enterocin AS-48 to inhibit Bacillus coagulans in canned fruit and vegetable foods. Food and Chemical Toxicology, 44(10), 1774-1781.
[25] Hadaegh, H., Seyyedain Ardabili, S. M., Tajabadi Ebrahimi, M., Chamani, M., and Azizi Nezhad, R. (2017). The impact of different lactic acid bacteria sourdoughs on the quality characteristics of toast bread. Journal of Food Quality, 2017.
[26] Hager, A. S., Ryan, L. A., Schwab, C.,Gänzle, M. G., O'doherty, J. V. and Arendt, E.K. (2011). Influence of the soluble fibres inulinand oat β-glucan on quality of dough andbread. European Food Research andTechnology, 232**,** 405-413.
[27] Lavini, A., Mohtarami, F., Pirsa, S., & Talebi, A. (2022). The Effect of Elaeagnus Angustifolia (Oleaster) Powder on Physicochemical, Textural and Sensory

Properties of Gluten Free Bread. Journal of food science and technology (Iran), 18(119), 1-15. (In Persian).

[28] Diowksz, A., & Sadowska, A. (2021). Impact of sourdough and transglutaminase on gluten-free buckwheat bread quality. Food Bioscience, 43, 101309.

[29] Rodriguez-Sandoval, E., Franco, C. M. L., and Manjarres-Pinzon, K. (2014). Effect of fructooligosaccharides on the physicochemical properties of sour cassava starch and baking quality of gluten-free cheese bread. Starch-Stärke, 66(7-8), 678-684.

[30] Movahhed, S. (2021). Effect of Sourdough on Microbial, Chemical and Organoleptic Characteristics of Sangak Bread. Food Science and Technology, 18(110), 37-47. (In Persian).

[31] Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Fillonneau, C., Le-Bail, A., and Prost, C.(2010). Influenceof inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatilecompounds during baking. Food Chemistry, 119(4), 1474-1484.

[32] Peressini, D., and Sensidoni, A. (2009). Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. Journal of cereal Science, 49(2), 190-201.

[33] Ryan, L.A., Zannini, E., Dal Bello, F., Pawlowska, A., Koehler, P. and Arendt, E.K. (2011). *Lactobacillus amylovorus* DSM 19280 as a novel food-grade antifungal agent for bakery products. International Journal of Food Microbiology, 146(3), 276–283.

[34] Sanz-Penella, J.M., Tamayo-Ramos, J.A. and Haros, M. (2012). Application of Bifidobacteria as starter culture in whole wheat sourdough bread making. Food and Bioprocess Technology, 5, 2370–2380.

[35] Sadeghi, A., and Abedfar, A. (2017). Evaluation the effect of controlled fermentation of whole wheat sourdough and co-addition of pumpkin (*Cucurbita moschata*) puree on shelf life and total acceptance of taftoon bread. Microbiology in Food Industries, 3(2), 44-56. (In Persian).

[36] Abedfar, A., Hosseini Nezhad, M., and Sadeghi, A. (2016). The performance microbial culture starter isolated from controlled fermentation sourdough on physicochemical and crust properties of semi volume bread. Microbiology in Food Industries, 2(1), 15-24. (In Persian).

[37] Barber, B. O., Barber, C., and Fernandez, S. (1992). F. Storage of packaged white bread. lll. Effects of sourdough and addition of acids on bread characteristics. *Z.* Lebensmittel Unter Forschung, *194*, 442-449.

[38] Korus, J., Grzelak, K., Achremowicz, K., and Sabat, R. (2006). Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides. Food Science and Technology International, 12(6), 489-495.

[39] Rosell, C. M., Rojas, J. A., and De Barber, C. B. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food hydrocolloids, 15(1), 75-81.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of the effect of sourdough of whole wheat flour containing fructooligosaccharide and *Bacillus coagulans* IBRC-M 10807 on bulk bread

Farajinejad, Z. [1], Mohtarami, F. [2*], Pirouzifard, M. [3], Amiri, S. [2], Hamishehkar, H. [4], Samadi Kafil, H. [5]

1. M.Sc. Student, Food Science and Biotechnology, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Assistant Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran.
4. Professor, Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
5. Assistant Professor, Drug Applied Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran.

ABSTRACT

Today, consumers' interest in consuming healthy foods with high nutritional value has drawn the attention of everyone, especially researchers, to the use of healthy foods, further the use of probiotics and prebiotics in bakery products, especially sourdough bread. Bulk bread samples prepared with sourdough containing probiotic *Bacillus coagulans* and prebiotic fructooligosaccharide (FOS) were characterized for their physical, chemical, and sensory attributes. The results showed that by adding sourdough containing *B.coagulans* to bulk bread compared to the control, acidity, specific volume, moisture, height, crust hardness, cohesiveness, springiness, chewiness, and sensory evaluation decreased but hardness increased. In this study, water activity was not influenced by factors. In contrast, adding sourdough containing *B.coagulans* and FOS to bulk bread significantly affected hardness, chewiness, crust penetration, color, and hardness during storage, as well as sensory evaluation. However, it significantly reduced the specific volume, height, and moisture indices compared to the control sample. Consequently, sourdough containing *B.coagulans* and FOS has provided bread with desirable properties and may be used as a starter culture for creating bulk bread with high nutritional and functional properties.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 01/ 22
Accepted 2022/ 03/ 07

Keywords:

Sourdough,
Probiotic,
Functional bread,
Bacillus coagulans,
Fructooligosaccharid.

DOI: 10.22034/FSCT.19.125.255

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.125.26.5

*Corresponding Author E-Mail:
f.mohtarami@urmia.ac.ir