مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۵/ شماره ۱/سال ۱۳۹۳/ص ٥٤-۳۹

مقایسه تأثیر بیو پلیمرهای میکروبی بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر گندم و انبارمانی نان حجیم

منصوره سلیمانی‌فرد*، مهران اعلمی، فرامرز خداییان چگنی، گودرز نجفیان، علیرضا صادقی ماهونک و مرتضی خمیری**

* نگارنده مسئول: گرگان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ص. پ. ۳۸۶، تلفن: ۴۲۳۸۶۴۷(۰۶۶۱)، پیام‌نگار: mansoore.soleimani@yahoo.com

** به‌ترتیب: دانشجوی کارشناسی ارشد؛ و استادیار دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان؛ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی تهران؛ دانشیار بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج؛ استادیار؛ و دانشیار دانشکده صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۹

چکیده

کفیران یکی از متابولیت‌های خارجی میکروبی است که بر اثر باکتری‌ها و قارچ‌های موجود در دانک کفیر، طی رشد تولید می‌شود. در این تحقیق، تأثیر افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر و انبارمانی نان حجیم بررسی شد. دانک‌های کفیر و استخراج کفیران به‌ترتیب توسط اینکوباتور مجهز به همزن و سانتریفوژ یخچال‌دار کشت شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گندم‌های سرداری و پارسی و آرد آنها، با دستگاه اینفراماتیک، خواص رئولوژیکی خمیر با اکستنسوگراف و انبارمانی نان‌ها، با نگهداری در اینکوباتور ارزیابی شد. نتایج ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی گندم‌ها و آرد آنها نشان می‌دهد که گندم سرداری، وزن هزار دانه، عدد فالینگ، اندیس زلنی، پروتئین، جذب آب و سختی کمتر و در مقابل، گلوتن و وزن هکتولیتر بالایی، نسبت به گندم پارسی دارد. نتایج اکستنسوگرافی نشان می‌دهد که افزودن زانتان به‌میزان۳ درصد، منجر به کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) در کشش‌پذیری و افزایش قابل توجه در مقاومت به کشش و انرژی خمیر گندم‌ها می‌شود. افزودن ۳ درصد کفیران به خمیر سرداری، در مقایسه با خمیر پارسی، افزایش معنی‌داری ($p<0/05$) در مقاومت به کشش و انرژی (زمان‌های ٤٥ و ۹۰ دقیقه) و کاهش معنی‌داری ($p<0/05$) در کشش‌پذیری هر دو نوع خمیر را به‌دنبال دارد. بر اساس آزمون بیاتی، در ۳ زمان، ۲٤، ٤۸ و ۷۲ ساعت، مشخص شد با افزودن ۳ درصد کفیران به خمیر هر دو نوع گندم، بیاتی مغز نان‌ها به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) کاهش می‌یابد، در حالی‌که تیمار ۳ درصد زانتان، نسبت به نمونهٔ شاهد، سفتی بیشتر و روند بیاتی تندتری دارد. افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان به گندم پارسی، عمر انبارمانی نان‌ها را به‌ترتیب به ۱۳ و ۱۱ روز افزایش می‌دهد، در حالی‌که در گندم سرداری، عمر انبارمانی نان‌ها به‌ترتیب، ۱۲ و ۱۰ روز افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی

اکستنسوگرافی خمیر، بیاتی و انبارمانی نان حجیم، دانک کفیر، کفیران و زانتان، گندم‌های سرداری و پارسی

مقدمه

دانک کفیر در تولید برخی نوشیدنی‌ها با خاصیت پروبایوتیک، مانند کفیر به‌کار می‌رود که در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها مفید واقع می‌شود (Ninane *et al*., 2005). دربارهٔ منشأ دانک‌های کفیر (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *لاکتوباسیلوس برویس* و *لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسنس*) گزارش‌هایی وجود دارد (Riviere & Kooiman, 1967; Torino *et al*., 2001;

Cheirslip *et al*., 2006; De Antoni *et al*., 2009). دانک‌های کفیر، علاوه بر اینکه خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی دارند، اگزوپلی‌ساکارید کفیران را نیز تولید می‌کنند (Ninane *et al*., 2005; Rodrigues *et al*., 2005). اگزوپلی‌ساکارید از لحاظ ساختمانی، به‌طور یکسان از گلوکز و گالاکتوز تشکیل شده است. خواص دارویی، ضد باکتریایی و ضد قارچی کفیران را به حضور میکرو فلورهای موجود در دانک کفیر و عمل ضد میکروبی آنها، تولید اسید لاکتیک، اسید استیک و پلی‌فنیل‌لاکتیک در کفیران نسبت می‌دهند (Torino *et al*., 2001; Ninane *et al*., 2005; Rodrigues *et al*., 2005; Peighambardoust, 2010). کفیران علاوه بر خواص درمانی، دارای ویژگی‌های ضد باکتریایی و ضد قارچی نیز هست. با توجه به اهمیت موضوع و شباهت ساختاری کفیران با هیدروکلوئیدها، در اینجا، به نتایج برخی از پژوهش‌ها در زمینهٔ کاربرد هیدروکلوئیدها در نان و فرآورده‌های پختی اشاره می‌شود. جمعی از محققان تأثیر هیدروکلوئیدهای گوار، زانتان، صمغ عربی و متیل ۲- هیدروکسی اتیل سلولز را بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر آرد گندم و ویژگی‌های کیفی نان حاصل بررسی کرده‌اند. به‌واسطه وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار این ترکیبات، که امکان تشکیل پیوندهای هیدروژنی با مولکول‌های آب را فراهم می‌کند، قابلیت جذب آب در خمیر افزایش می‌یابد. نتیجهٔ دیگر ناشی از افزودن هیدروکلوئیدها، افزایش در پایداری خمیر گزارش شده است (Kohajdova & Karovicova, 2008). کوهاجووا و همکاران (Kohajdova *et al*., 2009)، تأثیر امولسیون‌کننده‌ها و هیدروکلوئیدها را بر پارامترهای رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های کیفی نان بررسی کردند و گزارش دادند که بهبود در پایداری خمیر طی تخمیر به‌واسطه صمغ‌هایی چون آلژینات سدیم، کاپاکاراگینان و زانتان به‌دست می‌آید و هیدروکلوئیدهای کربوکسی‌متیل‌سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و آلژینات مانند ترکیبات ضد بیاتی عمل می‌کنند و سفتی مغز نان را به تعویق می‌اندازند. کلار و همکاران (Collar *et al*., 1999)، تأثیر صمغ زانتان را بر رفتار رئولویکی خمیر آرد گندم بررسی کردند و گزارش دادند که افزودن زانتان باعث افزایش در قوام خمیر می‌شود که شاخصی در افزایش مقاومت به کشش خمیر نیز به‌شمار می‌آید. روجاس و همکاران (Rojas *et al*., 1999)، تأثیر هیدروکلوئیدهای گوار، پکتین، آلژینات، کاپاکاراگینان، زانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز[1] را بر ویژگی‌های خمیری شدن و رفتار ژله‌ای شدن خمیر آرد گندم، با استفاده از آمیلوگراف و کالریمتر تفاضلی روبشی[2] بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد افزودن هیدروکلوئیدها، حتی در غلظت‌های کم یعنی ۰/۵ و ۱ درصد وزن آرد، باعث اصلاح پارامترهای آمیلوگراف خمیر می‌شود تا آنجا که با افزودن ۱ درصد آلژینات؛ بیشترین تأثیر روی حداکثر دمای خمیر نشاسته[3] به‌دست می‌آید. هیدروکسی پروپیل متیل سلولز باعث کاهش حداکثر دمای خمیر نشاسته می‌شود؛ کاهش در حداکثر دمای خمیر نشاسته نیز باعث شروع سریع نقطهٔ ژلاتینه شدن نشاسته خواهد شد و قابلیت جذب آن را در برابر آنزیم‌ها طی مرحله پخت افزایش می‌دهد. افزایش در حداکثر ویسکوزیته و کاهش در تمایل به رتروگراداسیون پلیمرهای نشاسته، از دیگر نتایج مطلوب افزودن هیدروکلوئیدهاست. زانتان و پکتین پایداری پخت را افزایش می‌دهند؛ در حالی‌که کاپاکاراگینان و آلژینات تأثیری در آن ندارند، مرحله برگشت به عقب[4] با افزودن گوار و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز افزایش پیدا می‌کند؛ درحالی‌که زانتان، آلژینات و کاپاکاراگینان نتیجه عکس دارند. برخی پژوهشگران تأثیر غلظت‌های مختلف صمغ زانتان و گوار را بر ویژگی‌های فیزیکی نان نهایی، از جمله حجم مخصوص، بررسی کردند و علت کاهش حجم مخصوص نان را در غلظت‌های بالایی از صمغ زانتان ضخیم شدن دیوارهٔ سلول‌های گازی می‌دانند که در نتیجهٔ آن، به‌دلیل افزایش

1- Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC)
2- Differential Scanning Calorimetry (DSC)
3- Pasting Temperature
4- Setback

سفتی محیط داخلی خمیر، اجازه انبساط به سلول‌های گازی داده نمی‌شود، حجم و نهایتاً حجم مخصوص کاهش می‌یابد (Mandala & Sotirakoglou, 2005). بنابراین می‌توان از خواص آن در نگهداری مواد غذایی و تولید مواد دارویی استفاده کرد. با توجه به اینکه تا کنون در زمینهٔ کفیران هیچ گونه کار تحقیقاتی بر نگهداری و کاربرد آن در نان و فرآورده‌های پختی انجام و گزارش نشده است، گروه تحقیقاتی ما، بر آن شد تا این اگزوپلی ساکارید طبیعی را در جهت ارتقاء خواص عملکردی خمیر، بهبود ویژگی‌های کیفی نان و افزایش عمر انبارمانی نان حجیم تولید و به‌کار برد، بدین ترتیب می‌توان هدف از بررسی موضوع و اجرای این تحقیق را تولید خمیری با ویژگی‌های رئولوژیکی مطلوب، بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی نان حجیم بیان کرد.

مواد و روش

کشت دانک‌های کفیر: دانک‌های کفیر از بازارهای محلی واقع در شهر تهران خریداری شد. دانک کفیر (مجموعه‌ای از اسید لاکتیک باکتری‌ها و قارچ‌ها) به‌مدت ۹ ماه در شیر پس چرخ پاستوریزه (به‌نسبت ۱به ۵)، شیر خشک (آذربایجان شرقی) دوغ یا ماست (پگاه گلستان) (برای کاهش pH) کشت داده شد و در اینکوباتور مجهز به همزن، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری شد. دانک‌های کفیر، هر ۲۴ ساعت یک بار تحت شرایط استریل، در ظروف استریل پاساژ داده شد. افزودن شیر خشک، ماست و یا دوغ، به‌صورت تجربی برای افزایش سرعت رشد دانک‌های کفیر، به شیر پس چرخ حاوی دانک‌های کفیر افزوده شد.

استخراج اگزو پلی ساکارید کفیران از دانک‌های کفیر

برای استخراج کفیران، مقدار مشخصی از دانک کفیر در آب جوش (نسبت ۱ به ۳) به مدت ۱ ساعت هم زده شد. مخلوط حاصل با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار (مدل هانیل، ساخت کره جنوبی) در دور ۱۰۰۰ (دور در دقیقه) به‌مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شد. کفیران محلول با افزودن اتانول (سرد)، پس از ۲۴ ساعت در دمای یخچال، جدا شد. محلول حاصل در سانتریفوژ یخچال‌دار در دور ۱۰۰۰ (دور در دقیقه) به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس سانتریفوژ شد. رسوب حاصل به‌نسبت ۱ به ۵ با آب جوش مخلوط و دو بار شستشو داده شد. در نهایت محلول حاصل (کفیران) با استفاده از خشک‌کن تصعیدی (مدل اپرون، ساخت کره جنوبی) خشک و به‌صورت پودر تهیه شد. این آزمون با یک سری تغییرات بر اساس روش قاسملو و همکاران (Ghasemlou *et al*., 2011) اجرا شد.

زانتان: نیز به‌صورت پودر در بسته‌های ۱۰۰ گرمی از شرکت شیمی کاربران شهرستان گرگان خریداری شد.

گندم و آرد

در این تحقیق از دو گندم سرداری و پارسی استفاده شد. گندم سرداری، به‌عنوان نمایندهٔ گندم‌های ضعیف، از ۴۷ منطقه در شهرستان‌های کامیاران، بانه، قروه، مریوان، بیجار، سرو آباد، دیوان دره، سنندج، سقز و دهکلان (استان کردستان) و گندم پارسی به‌عنوان نماینده گندم‌های قوی، از مزارع مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر شهرستان کرج (استان البرز) جمع‌آوری شد. با دو بار استفاده از دستگاه اتوماتیک دانه‌شمار ۵۰۰ تایی وزن هزار دانه مشخص شد. وزن هکتولیتر رقم‌های گندم نیز با استفاده از دستگاه مخصوص تعیین وزن هکتولیتر به‌دست آمد. ابعاد ۱۰۰ دانه گندم با استفاده از کولیس دیجیتالی (ساخت LTF ایتالیا) اندازه‌گیری شد. سختی دانه‌ها، رطوبت، میزان جذب آب، پروتئین و حجم نان حاصل از آنها با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (مدل 9100 Perten، ساخت آلمان) تعیین شد. ناخالصی بر اساس تعیین میزان ناخالصی در ۱۰۰ گرم نمونه و بر حسب درصد بیان شد. میزان بازدهی آرد، بر اساس مقدار تولید آرد بر حسب گرم از ۱ کیلوگرم دانه گندم و درجه استخراج ۷۰ درصد محاسبه شد. دانه‌های گندم ابتدا آماده‌سازی شدند و سپس با آسیاب غلتکی فارینوگرافی

(مدل ۲۷۹۰۰۲، ساخت برابندر آلمان) آسیاب گردیدند. گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن با استفاده از دستگاه گلوتوماتیک اندازه‌گیری شد. عدد فالینگ با استفاده از دستگاه فالینگ نامبر (مدل ۱۶۰۰ ساخت آلمان) به‌دست آمد. مقدار خاکستر آرد با استفاده از کوره الکتریکی تعیین شد (Anon, 2000). رطوبت، پروتئین، جذب آب و شاخص زلنی با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (مدل 9100 Perten، ساخت آلمان) با استفاده از روش AACC (Anon, 2000) تعیین شد. مقدار سدیمنتاسیون (رسوب) نیز طبق روش پنه و همکاران (Pene *et al.*, 2009) به‌دست آمد.

ارزیابی ویژگی‌های اکستنسوگرافی

پارامترهایی نظیر مقاومت به تغییر شکل (R)، مقاومت خمیر به تغییر شکل ثابت بعد از ۵۰ میلی‌متر کشش (R_{50})، قابلیت کشش‌پذیری (E)، نسبت این دو پارامتر به همدیگر (R_{50}/E) و سطح زیر منحنی که نشانگر میزان انرژی لازم جهت کشیدن خمیر است (A)، با استفاده از روش AACC شماره ۱۰-۵۴ با دستگاه اکستنسوگراف (مدل 00 600 8 برابندر آلمان) ارزیابی شد (Anon, 2000).

پخت نان

نان در فر برقی (مدل T 6200، شرکت هاروس آلمان) پخت شد. برای تهیهٔ خمیر با قوام مناسب، آرد هر دو نوع گندم با مواد دیگر مخلوط شد: ۱/۵ درصد نمک، ۱/۵ درصد مخمر، ۱/۵ درصد قند و به‌مقدار لازم آب (تعیین شده توسط دستگاه فارینوگراف). پودر کفیران و زانتان به‌طور جداگانه و در سطح ۳ درصد، به مخلوط هر دو نوع آرد گندم، افزوده شد. برای ترکیب کردن مواد از همزن با سرعت بالا (مدل K45SS، هوبارت آلمان) به‌مدت ۴ دقیقه استفاده شد. سپس خمیرها در رطوبت ۷۵ درصد و دمای ۳۰ درجه سلسیوس، به‌مدت ۳۰ دقیقه در اتاقک تخمیر گرمخانه‌گذاری شدند. پس از چانه‌گیری خمیرها، تخمیر میانی در رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۳۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه و با گرمخانه‌گذاری انجام شد. در مرحلهٔ بعد، چانه‌های خمیر در ظروف پخت (با دیوارهٔ داخلی روغنی شده) قرار داده شدند. تخمیر نهایی در رطوبت ۹۰ درصد در دمای ۳۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۶۰ دقیقه و بعد از آن، عملیات پخت در دستگاه فر در دمای ۲۲۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. نمونه‌های نان بعد از عمل پخت، به‌مدت ۳-۲ ساعت در دمای اتاق (محیط استریل) سرد و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند.

ارزیابی بافت نمونه‌های نان حجیم

سفتی نمونه‌های نان با استفاده از روش AACC شماره ۰۹-۷۴ و آزمون فشردگی به‌کمک دستگاه اینستران با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر بر ثانیه (مدل TESTO 405-V1، ساخت شرکت آلمان) در سه دورهٔ زمانی (یعنی در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت) ارزیابی شد.

آزمون تعیین عمر انبارمانی نان

نمونه‌های نان پس از تهیه و سرد شدن در محیط استریل، با چاقوی استریل برش داده و پس از بسته‌بندی در کیسه‌های پلی‌اتیلنی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری و نگهداری شدند. مدت زمان لازم برای ظهور پرگنه‌های قارچی روی نمونه‌های نان، به‌عنوان عمر انبارمانی در نظر گرفته و ثبت شد (Gerez *et al.*, 2009; Peighambardoust, 2011).

آنالیز آماری

به‌منظور آنالیز آماری داده‌ها و بررسی اطلاعات به‌دست آمده از آزمون‌های مختلف، از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. به‌منظور تعیین اختلاف بین میانگین اعداد (سه تکرار برای ۴ تیمار) پس از آنالیز واریانس از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید. در تمام مراحل، برای

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS (مدل ۱۶) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی گندم سرداری و پارسی

نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه، در واقع برگهٔ شناسه گندم‌ها در این پژوهش هستند. با اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی گندم‌ها می‌توان به کیفیت گندم مورد استفاده و نوع کاربرد آن، کیفیت پخت آن و کیفیت محصول نهایی پی برد. در جدول ۱ نتایج فیزیکی و شیمیایی مربوط به گندم‌های سرداری و پارسی ارائه شده است. جدول ۱ نشان می‌دهد که تفاوت قابل توجهی بین ابعاد گندم پارسی و گندم سرداری وجود ندارد. وزن هزار دانه گندم پارسی نسبت به گندم سرداری بیشتر است. مقدار این فاکتور ارتباط نزدیکی با اندازه و دانسیتهٔ دانه دارد. وزن واحد حجم یا هکتولیتر یکی دیگر از عوامل مهم و موثر در کیفیت گندم است. این فاکتور وابستگی زیادی به شکل دانه، یکنواخت بودن و دانسیته دانه، و وجود دانه‌های چروکیده و نارس دارد. وزن هکتولیتر دانهٔ سرداری از وزن هکتولیتر گندم پارسی بیشتر است، پس می‌توان نتیجه گرفت که گندم پارسی نسبت به گندم سرداری چروکیدگی بیشتری دارد. مقدار پروتئین گندم به واریته، نوع و شرایط محیطی گندم در طول دورهٔ رشد بستگی دارد. مقدار پروتئین گندم سرداری از مقدار پروتئین گندم پارسی کمتر است. مقدار رطوبت یکی از عوامل موثر در کیفیت گندم و مدت زمان انبارمانی آن است. در این تحقیق بین رطوبت در هر دو نوع گندم تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) وجود نداشت. سختی دانه یک عامل ژنتیکی است. گندم‌های سخت، در مجموع، وزن هکتولیتر و وزن هزار دانه بالاتری دارند، ولی این مطلب در گندم پارسی در زمینهٔ وزن هکتولیتر صادق نبود. گندم پارسی نسبت به گندم سرداری سختی بالاتری دارد. در گندم سرداری، آسیب‌دیدگی‌ها و ناخالصی‌های بالاتر و درصد بازدهی گندم پارسی به‌طور قابل توجهی بیشتر از درصد بازدهی گندم سرداری بود.

جدول ۱- نتایج آزمون‌های فیزیکی برای گندم سرداری و پارسی

نمونه / ویژگی	گندم سرداری	گندم پارسی
طول (سانتی‌متر)	۰/۷۵۱±۰/۰۴a	۰/۷۴۶±۰/۰۶a
عرض (سانتی‌متر)	۰/۶۹۲±۰/۰۰۶a	۰/۳۵۸±۰/۰۲a
قطر (سانتی‌متر)	۰/۲۵۲±۰/۰۰۱a	۰/۳۱۸±۰/۰۳۱a
وزن هزار دانه (گرم)	۳۸/۹۵±۶/۰۸b	۴۲/۰۲±۲/۰۵a
وزن هکتولیتر (کیلو گرم بر هکتولیتر)	۷۹/۳۰±۴/۱۲a	۷۷/۲۳±۱۱/۲۳b
پروتئین (درصد)	۱۱/۵۰±۰/۲۷b	۱۲/۲۰±۰/۳۴a
حجم نان (برای ۵۰۰ گرم خمیر)(سانتی‌مترمکعب)	۶۳۱±۲۸/۱۳a	۵۲۷±۲۴/۲۶b
رطوبت (درصد)	۱۰/۶۰±۰/۳۱a	۱۰/۵۶±۰/۱۹a
سختی (گرم بر میلی‌متر مربع)	۴۲±۱/۱۱b	۵۱/۶۰±۷/۱۶a
جذب آب (میلی‌متر)	۶۱/۸۰±۵/۲۴b	۶۴/۳۶±۹/۱۸a
ناخالصی گندم (درصد)	۱/۸±۰/۰۰۲a	۱/۱±۰/۰۰۵b
شکستگی دانه گندم (درصد)	۱/۳±۰/۰۰۶a	۰/۹±۰/۰۰۱a
بازدهی آرد (درصد)	۵۵/۲±۱/۳۶b	۵۸/۳±۰/۱۴a

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

نتایج آزمون‌های شیمیایی آرد گندم‌های سرداری و پارسی

نتایج مربوط به آزمون‌های شیمیایی آرد دو نوع گندم سرداری و پارسی در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۱ ذکر شد میزان پروتئین (۱۱/۵ درصد و ۱۲/۲۰ درصد به‌ترتیب در گندم سرداری و پارسی) پس از آسیاب کردن به‌ترتیب به ۱۰/۸۰ و ۱۱/۹ درصد کاهش یافت. مقدار پروتئین در آرد پارسی بیشتر از مقدار پروتئین آرد سرداری شد. مقدار خاکستر تا حدود زیادی مربوط به مقدار سبوس موجود در گندم است و ارتباط بسیار نزدیکی با راندمان یا بازدهی آرد دارد. حضور سبوس و عوامل مربوط به آن به‌دلیل ایجاد گسستگی و پارگی در شبکهٔ گلوتن در تولید نان حجیم پارامتری منفی به‌شمار می‌رود. بنابراین سعی شد در این تحقیق تا حد ممکن سبوس گندم حذف شود که با تعیین درجهٔ استخراج اعمال شد. با توجه به نتایج گلوتوگراف، مشخص شد که مقدار گلوتن در آرد سرداری نسبت به آرد پارسی بیشتر است. کیفیت پروتئین را این‌طور می‌توان بیان کرد که پتانسیل یا قابلیت این ماده در ایجاد خواص فیزیکی در فرآورده‌های نهایی، خواص فیزیکی پروتئین گندم، که در تکنولوژی پخت اهمیت دارد، مربوط به پروتئین گلوتن است (Peighambardoust, 2010). کیفیت گلوتن خود تابع عوامل ژنتیکی بوده و در واریته‌های مختلف گندم متفاوت است. کیفیت گلوتن در این تحقیق با آزمون‌های زلنی و آزمون رسوب SDS[1] تعیین شد که در این تحقیق مقدار آن در گندم پارسی به‌طور قابل توجهی بیشتر از گندم سرداری بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عامل تعیین کیفیت پروتئین‌ها، تنها مقدار گلوتن نیست بلکه عامل مهم‌تر کیفیت خود گلوتن است. در اثر جوانه زدن گندم، علاوه بر بالا رفتن فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک نیز افزایش می‌یابد که تأثیر منفی روی کیفیت پخت گندم خواهد گذاشت (Peighambardoust, 2010). به همین منظور گندم‌هایی برای ارتقای کیفیت پخت و فرآورده نهایی (نان) استفاده می‌شوند که عدد فالینگ آن حدود ۳۵۰-۳۰۰ باشد. در این تحقیق مقدار عدد فالینگ در هر دو نوع آرد در حد مطلوب بود. پس می‌توان این‌گونه برآورد کرد که فعالیت آلفا آمیلازی هر دو نوع آرد، مناسب است و به همان نسبت کیفیت گلوتن و محصول نهایی تحت تأثیر فعالیت نامطلوب آنزیم آلفا آمیلاز قرار نخواهد گرفت.

جدول ۲- نتایج آزمون‌های شیمیایی برای آرد گندم سرداری و پارسی

نمونه / ویژگی	آرد سرداری	آرد پارسی
رطوبت (درصد)	۱۰/۰۰±۰/۰۸b	۱۰/۵۶±۰/۰۴a
پروتئین (درصد)	۱۰/۸۰±۰/۰۲۱b	۱۱/۹۰±۰/۵۳a
خاکستر (درصد)	۱/۰۱±۰/۰۱۲a	۰/۹۸±۰/۰۱۵a
گلوتن مرطوب (درصد)	۲۵/۱۰±۰/۱۶a	۲۴/۴۰±۰/۳۵b
گلوتن خشک (درصد)	۸/۳۷±۰/۲۸a	۷/۲۰±۳/۴۱b
شاخص گلوتن (درصد)	۱۴/۶۷±۰/۴۴b	۱۹/۳۹±۰/۳۴a
عدد فالینگ (ثانیه)	۳۵۰±۱۲/۵۶b	۳۶۲/۳۳±۲۱/۵۳a
شاخص زلنی (میلی‌لیتر)	۲۹/۰۰±۰/۵۲b	۳۳/۳۳±۰/۲۴a
عدد رسوب SDS (میلی‌لیتر)	۴۷±۲/۱۲b	۶۰/۵۰±۸/۲۴a
جذب آب (میلی‌لیتر)	۵۰/۶±۵/۳۶b	۶۴/۳۶±۱۰/۳۶a

در هر ردیف میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

1- Sodium Dodecyl Sulfat- Sedimentation Test

نتایج مقایسهٔ تأثیر کفیران و زانتان بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر ضعیف و قوی

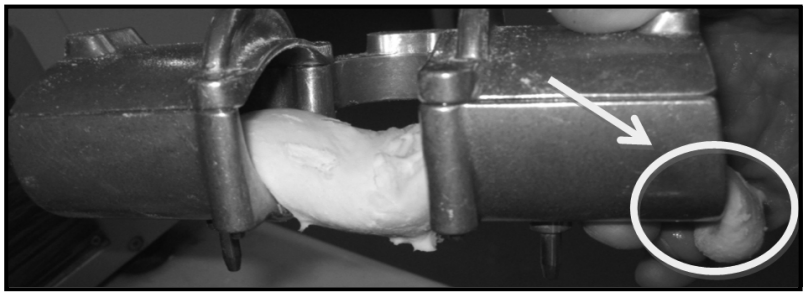
تأثیر کفیران و زانتان بر مشخصات اکستنسوگرافی نمونه‌های آرد بعد از گذشت ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه استراحت در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. از دستگاه اکستنسوگراف برای تعیین قابلیت کشش خمیر (یا قابلیت کش آمدن خمیر در اثر نیروی وارده به آن تا حد پاره شدن)، مقاومت در برابر کشش و نسبت این دو به یکدیگر استفاده می‌شود. ترکیبی متعادل از مقاومت خوب و کشش‌پذیری مطلوب، مشخصات نمونه‌ای از خمیر مناسب است. با توجه به نتایج آزمون اکستنسوگرافی خمیر (جدول ۳)، مشخص شد که با افزودن ۳ درصد از اگزو پلی ساکاریدهای زانتان و کفیران، مقاومت به کشش در خمیر سرداری، در هر سه زمان نسبت به خمیر شاهد، افزایش می‌یابد. این فرآیند به‌دلیل خاصیت جذب آب اگزو پلی ساکاریدها است که منجر به افزایش ویسکوزیته و سفت‌تر شدن خمیر می‌شود. مکانیسم عمل، بدین شکل است که اگزو پلی ساکاریدها در فاز پیوسته محیط قرار می‌گیرند و با افزایش تورم گرانول‌های نشاسته و این مواد از طریق جذب آب، غلظت اگزوپلی ساکاریدها و نشاسته، در فاز پیوسته افزایش می‌یابد و باعث افزایش چشمگیر در ویسکوزیته خمیر می‌شود. به‌طور کلی استحکام خمیر با افزودن زانتان و کفیران بیشتر می‌شود که این اثر را می‌توان به تأثیر این دو بهبوددهنده در ممانعت از به هم پاشیدن خمیر و در استحکام بیشتر گلوتن نسبت داد. نتایج تأثیر زانتان بر مقاومت خمیر، با نتایج حاصل از بررسی تأثیر صمغ‌های زانتان، عربی، کاراگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر مقاومت خمیر در تحقیقات برخی از محققان (Davidou *et al*., 1996; Smitha *et al*., 2008) مطابقت دارد. برخی از محققان تأثیر اگزوپلی ساکارید موجود در خمیر ترش را بر خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم بررسی و گزارش کرده‌اند که با افزودن اگزو پلی ساکارید به‌میزان ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد به خمیر در هر سه زمان تخمیر، مقاومت خمیرکاهش می‌یابد (Ketabi *et al*., 2008) که مخالف با نتایج حاصل در این تحقیق است. در مقایسهٔ اثر دو اگزو پلی ساکارید بر مقاومت، اثر اگزوپلی ساکارید کفیران نسبت به زانتان ضعیف‌تر نشان داده شده است. این اثر ضعیف‌تر را می‌توان به شاخه‌های منشعب کمتر کفیران، نسبت به زانتان، بیان کرد که منجر به درگیری کمتر کفیران با شبکهٔ گلوتن و در نتیجه استحکام و مقاومت کمتر گلوتن به کشش پذیری خمیر می‌شود، در حالی‌که با افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان به آرد پارسی، نتایج متفاوتی با نتایج مربوط به آرد سرداری مشاهده می‌شود. با افزودن ۳ درصد کفیران به آرد پارسی، مقاومت به کشش خمیر بعد از گذشت ۴۵ دقیقه تخمیر، نسبت به خمیر شاهد، به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش، ولی با بیشتر شدن زمان تخمیر، این مقاومت به‌طور قابل توجهی، تقلیل یافت به‌گونه‌ای که در داخل استوانه نگهدارندهٔ خمیر، در اتاقک تخمیر دستگاه اکستنسوگراف (مطابق شکل ۱)، خمیر سرریز شد و مقاومت آن به عدد صفر کاهش یافت. با افزودن ۳ درصد زانتان به آرد پارسی، مقاومت خمیر نسبت به خمیر شاهد افزایش یافت در حالی‌که در خمیر ضعیف حاوی ۳ درصد زانتان، مقاومت به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. برخی از محققان می‌گویند با افزودن اگزو پلی ساکارید و افزایش سطح آن، با گذشت زمان، نسبت مقاومت به کشش‌پذیری خمیر کاهش می‌یابد (Ketabi *et al*., 2008) که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. از این مطلب می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که این دو اگزو پلی ساکارید

به‌دلیل ساختمان ویژه خود می‌توانند جایگزین گلوتن در خمیر شده و از به‌هم پاشیدگی آن نیز جلوگیری کنند. بنابراین دو اگزوپلی ساکارید، مقاومت به کشش خمیر ضعیف را بهبود می‌بخشند، ولی می‌توانند در سطوح بالا تأثیر معکوس و منفی نیز بر آرد قوی به‌جا گذارند.

جدول ۳- تأثیر ۳ درصد اگزوپلی ساکاریدهای زانتان و کفیران بر مقاومت به کشش (برابندر) خمیر گندم‌های سرداری و پارسی

نمونه	زمان (دقیقه)		
	۴۵	۹۰	۱۳۵
خمیر شاهد سرداری	۱۷۸±۱۵/۴۲a	۱۴۰±۱۳/۱۵b	۱۴۰±۱۳/۱۷b
خمیر شاهد پارسی	۱۱۷±۱۱/۲۴a	۱۴۲±۱۳/۶۲b	۶۰±۴/۱۳c
آرد سرداری + ۳ درصد کفیران	۳۴۵±۱۸/۱۸a	۲۲۰±۱۸/۲۸b	۱۳۰±۱۲/۵۶c
آرد سرداری + ۳ درصد زانتان	۵۰۰±۲۷/۳۶a	۴۵۰±۲۳/۵۹b	۴۲۰±۲۱/۴۵c
آرد پارسی + ۳ درصد کفیران	۱۳۰±۱۲/۲۵a	۰	۰
آرد پارسی + ۳ درصد زانتان	۴۵۰±۲۳/۴۷a	۴۰۰±۲۰/۵۸b	۳۹۰±۲۰/۳۴c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۱- تأثیر ۳ درصد کفیران بر مقاومت به کشش‌پذیری خمیر پارسی در زمان‌های ۹۰ دقیقه و ۱۳۵ دقیقه تخمیر

نتایج حاصل از جدول ۴ نشان می‌دهد با افزودن سطح ۳ درصد، زانتان و کفیران، کشش‌پذیری خمیر در هر سه زمان و در هر دو نوع خمیر، کاهش می‌یابد. این کاهش نتیجهٔ ایجاد خمیر قوی‌تر است که باعث کاهش الاستیسیته و در نتیجه سریع‌تر پاره شدن خمیر می‌شود و در واقع در اثر ایجاد خمیر قوی‌تر، خمیر بیشتر همانند یک جسم جامد عمل می‌کند تا یک ماده ویسکو الاستیک. همچنین در این حالت، کرنش غیر قابل بازگشت، نسبت به کرنش برگشت‌پذیر کاهش می‌یابد. ولی با وجود کاهش کشش‌پذیری بعد از ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، پس از اتمام رسم منحنی توسط قلم ثبات، کشیده شدن خمیر حاوی کفیران به‌طور غیر قابل انتظار، همچنان توسط چنگک‌های اکستنسوگرافی ادامه دارد (شکل ۲).

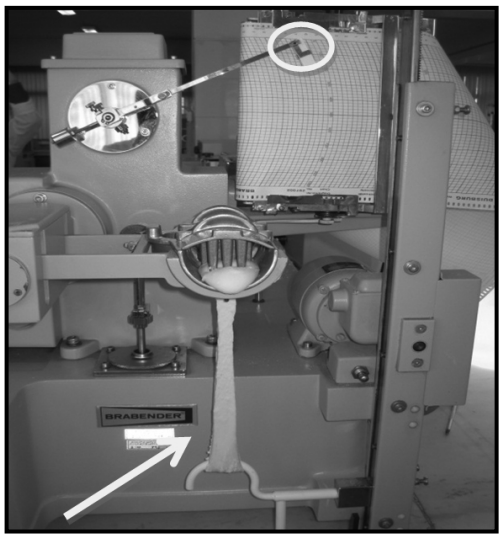
دلیل این فرآیند را می‌توان به ظرفیت گروه‌های هیدروکسیل آزاد موجود در اگزو پلی ساکارید کفیران در باند شدن با گروه‌های هیدروژن آب نسبت داد، زیرا با گذشت زمان قدرت حفظ آب توسط گلوتن کاهش می‌یابد و مقداری از آب موجود در شبکه گلوتن، در نتیجه تغییراتی در پیوندها، از شبکه گلوتن خارج و در محیط خمیر آزاد می‌شود و در نهایت منجر به کاهش شدید در مقاومت خمیر، به حفظ شبکه خود می‌شود. برخی از محققان گزارش داده‌اند که با افزودن اگزو پلی ساکارید

موجود در خمیر ترش به خمیر آرد گندم، تغییر معنی‌داری ($p<0/05$) در کشش‌پذیری خمیر مشاهده نمی‌شود (Ketabi *et al.*, 2008) در حالی‌که برخی از پژوهشگران در بررسی تأثیر برخی هیدروکلوئیدها بر خمیر گندم گزارش کرده‌اند که با افزودن زانتان، عربی، کارگینان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، مقاومت خمیر کاهش می‌یابد (Ribotta *et al.*, 2005; Smitha *et al.*, 2008).

جدول ٤- تأثیر افزودن ۳ درصد اگزوپلی ساکاریدهای زانتان و کفیران بر کشش‌پذیری خمیر گندم‌های سرداری و پارسی (بر حسب میلی‌متر)

نمونه	زمان (دقیقه)		
	۴۵	۹۰	۱۳۵
خمیر شاهد سرداری	۱۳۷±۱۲/۴۵a	۱۲۵±۱۱/۱۸b	۱۲۵±۱۱/۳۴b
خمیر شاهد پارسی	۱۶۰±۱۳/۲۷a	۷۵±۵/۲۱b	۳۰±۰/۲۶c
آرد سرداری + ۳ درصد کفیران	۱۰۰±۹/۲۳a	۹۵±۷/۱۴b	۹۲±۷/۴۴bc
آرد سرداری + ۳ درصد زانتان	۷۷/۵±۸/۵۳a	۷۲/۵±۵/۵۳b	۶۷/۵±۶/۱۶c
آرد پارسی + ۳ درصد کفیران	۱۳۰±۱۲/۵۸a	۵±۰/۱۷b	۰
آرد پارسی + ۳ درصد زانتان	۸۴±۷/۴۶a	۷۰±۶/۲۹b	۶۵±۵/۳۵c

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲- تأثیر افزودن ۳ درصد کفیران بر کشش‌پذیری خمیر حاصل از آرد پارسی

بعد از طی ۵۰ میلی‌متر از منحنی، سطح ۳ درصد زانتان باعث بهبود نسبت مقاومت به کشش خمیر یا ضریب ویسکوالاستیک (R_{50}/E) در هر دو نوع خمیر می‌شود (جدول ۵) و در هر سه زمان، نمونه‌های حاوی ۳ درصد زانتان دارای بیشترین مقدار این نسبت هستند. نسبت مقاومت به کشش و کشش‌پذیری، در کیفیت خمیر بسیار با اهمیت است و در واقع خاصیت ویسکوالاستیک خمیر را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگزو پلی ساکاریدها می‌توانند با تغییر در نسبت مقاومت و کشش‌پذیری خمیر، در بهبود کیفیت خمیر نقش بسزایی

داشته باشند. جمعی از پژوهشگران با افزودن اگزو پلی ساکارید میکروبی استخراج شده از خمیر ترش اثری مشابه با تأثیر کفیران بر نسبت R_{50}/E خمیر را بر خمیر گندم گزارش کردند (Ketabi *et al.*, 2008). در این تحقیق، نکته جالب توجه این است که با گذشت زمان نسبت ویسکو الاستیک در خمیرهای حاوی کفیران به‌شدت کاهش یافته است. دلیل این فرآیند طولانی شدن زمان تخمیر و تولید اسید بیشتر توسط میکروفلورهای موجود در کفیران است که pH خمیر به‌شدت کاهش یافته است. در این شرایط، پروتئین‌های گلوتن می‌شکنند و شبکهٔ گلوتن به‌دلیل گسیختگی در باندهای نمک-پروتئین توسط عمل یون‌های هیدروژن و دناتوره شدن پروتئین‌ها، تضعیف می‌شود. کاهش pH طی تخمیر، منجر به فعال شدن آنزیم‌های پروتئولیتیک طبیعی موجود در آرد می‌شود که به شکسته شدن بیشتر پروتئین‌های گلوتن و تغییر در مقاومت خمیر و نهایتاً کاهش ضریب ویسکو الاستیک خمیر می‌انجامد.

جدول ٥- تأثیر افزودن ۳ درصد زانتان و کفیران بر تغییرات ضریب ویسکو الاستیک (میلی‌متر/ برابندر) در خمیر گندم‌های سرداری و پارسی

نمونه	زمان (دقیقه)		
	۴۵	۹۰	۱۳۵
خمیر شاهد سرداری	۱/۲۹±۰/۱۴a	۱/۰۹±۰/۳۷a	۰/۹۴±۰/۱۵a
خمیر شاهد پارسی	۰/۶۲±۰/۲۶a	۰/۶۶±۰/۱۸a	۰/۱۶±۰/۰۱a
آرد سرداری + ۳ درصد کفیران	۰/۵±۰/۲۱b	۱/۸۹±۰/۱۴a	۰/۹۷±۰/۱۵b
آرد سرداری + ۳ درصد زانتان	۶/۱۹±۰/۵۴a	۵/۷۶±۰/۳۴b	۵/۱۸±۰/۱۱b
آرد پارسی + ۳ درصد کفیران	۰/۷۵±۱۰/۱۲a	۰	۰
آرد پارسی + ۳ درصد زانتان	۵±۰/۳۸a	۴/۵۷±۰/۴۲a	۴/۶۱±۰/۱۸a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

انرژی خمیر یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام در زمان‌های مختلف، با افزودن ۳ درصد زانتان و کفیران به خمیر سرداری افزایش می‌یابد (جدول ۶)، این پدیده به این معنی است، که با افزودن زانتان و کفیران به خمیر، خمیر از نظر مقاومت و کشش‌پذیری تقویت می‌شود. با افزودن ۳ درصد کفیران به آرد پارسی، در زمان‌های ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه تخمیر، به‌دلیل کاهش مقاومت (صفر) و ضعیف شدن شبکهٔ گلوتن، میزان انرژی لازم برای کشش‌پذیری خمیر نیز به صفر کاهش می‌یابد. در حالی‌که با افزودن زانتان به خمیر پارسی، انرژی لازم برای کشش خمیر به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به خمیر شاهد افزایش می‌یابد. این افزایش انرژی نشان‌دهندهٔ تناسب مطلوب بین مقاومت و کشش‌پذیری خمیر در سطح ۳ درصد زانتان در این نوع خمیر است. در برخی مقالات گزارش شده است که با افزودن ۰/۲۵ درصد تا ۲ درصد از اگزو پلی ساکارید خمیر ترش به خمیر آرد گندم، میزان انرژی لازم برای پاره شدن خمیر (به جزء سطح ۱/۵ درصد) کاهش می‌یابد، همچنین، با گذشت زمان از میزان انرژی لازم نیز کاسته می‌شود (Ketabi *et al.*, 2008). نتایج تأثیر اگزو پلی ساکارید استخراج شده از خمیر ترش (Ketabi *et al.*, 2008) با نتایج تأثیر اگزو پلی ساکارید دانک کفیر (در این تحقیق) بر آرد پارسی همخوانی نزدیک دارد.

جدول ٦- تأثیر ۳ درصد اگزوپلی ساکاریدهای زانتان و کفیران بر انرژی خمیر گندم‌های سرداری و پارسی (سانتی‌متر مربع)

نمونه	زمان (دقیقه)		
	۴۵	۹۰	۱۳۵
خمیر شاهد سرداری	^{a}۳۹±۰/۱۵	^{b}۲۴±۰/۱۸	^{c}۱۹±۰/۱۳
خمیر شاهد پارسی	^{a}۲۳±۰/۱۳	^{b}۱۰±۰/۵۳	^{c}۳±۰/۲۶
آرد سرداری + ۳ درصد کفیران	^{b}۸۳±۱۳/۲۶	^{a}۱۰۹±۱۵/۴۲	^{c}۱۴±۰/۴۱
آرد سرداری + ۳ درصد زانتان	^{a}۵۱±۵/۳۲	^{b}۴۶±۰/۳۵	^{c}۴۰±۰/۵۳
آرد پارسی + ۳ درصد کفیران	^{a}۱۹±۰/۳۶	۰	۰
آرد پارسی + ۳ درصد زانتان	^{a}۴۸±۲/۲۷	^{c}۳۴±۰/۳۵	^{b}۳۵±۰/۱۲

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج مقایسهٔ تأثیر کفیران و زانتان بر بیاتی نان‌های حجیم

با توجه به نتایج جدول ۷ مشخص می‌شود که با افزودن کفیران به هر دو نوع خمیر، سفتی مغز نان در مقایسه با نان‌های شاهد، در هر سه زمان ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت، به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) کاهش می‌یابد؛ ولی در مورد زانتان عکس این قضیه صادق است. در مقایسهٔ دو اگزو پلی ساکارید با هم، کفیران به شکلی چشمگیر، بیاتی نمونه‌های نان را در هر سه زمان آزمون، کاهش می‌دهد. برخی محققان با بررسی اثر زانتان بر بافت نان، گزارش داده‌اند که نمونه‌های حاوی ۳ درصد زانتان، نسبت به نان شاهد سفت‌ترند (Shittu *et al*., 2009)، این نتیجه با نتایج این آزمون همخوانی دارد. می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که زانتان در سطوح بالا نتایج معکوسی بر ویژگی‌های بافتی نان دارد، در حالی‌که اگزوپلی ساکارید کفیران در سطوح بالا نیز اثر مثبتی بر بافت نان‌ها و بیاتی آنها دارد. بنابراین کفیران در این درصد، در مقایسه با زانتان، ترکیب بهینه‌ای است.

جدول ۷- مقایسهٔ تأثیر افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان بر بیاتی نمونه‌های نان حجیم با آزمون مقاومت نسبت به فشردگی (گرم بر سانتی‌متر مربع)

نمونه / زمان	۲۴ ساعت بعد از پخت	۴۸ ساعت بعد از پخت	۷۲ ساعت بعد از پخت
آرد شاهد سرداری	۴۲/۳۳۷ ±۲/۱۴a	۷۹/۴۵۵ ±۱۰/۱۷a	۱۱۳/۲۷۵ ±۲۱/۴۳b
آرد شاهد پارسی	۱۶/۴۱۸ ±۰/۳۶c	۵۶/۲۷۰ ±۷/۵۳c	۸۳/۲۲۰ ±۱۲/۱۷c
آرد سرداری + ۳ درصد کفیران	۱۳/۹۰۱ ±۰/۲۵c	۴۵/۶۹۱ ±۳/۳۶d	۶۵/۱۰۰ ±۸/۴۳d
آرد سرداری + ۳ درصد زانتان	۴۸/۸۶۴±۰/۴۲a	۸۱/۴۲۶ ±۰/۲۳a	۱۲۴/۲۵۳±۸/۱۴a
آرد پارسی + ۳ درصد کفیران	۷/۳۱۱ ±۰/۱۲d	۲۶/۹۸۶ ±۰/۲۵e	۵۰/۱۷۰ ±۶/۴۶e
آرد پارسی + ۳ درصد زانتان	۲۸/۴۳۵ ±۰/۰۳b	۶۱/۶۷۲ ±۰/۳۴b	۱۱۷/۶۴۵ ±۵/۱۸b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج مقایسهٔ تأثیر کفیران و زانتان بر عمر انبارمانی نان‌های حجیم

در خصوص تأثیر افزودن ۳ درصد اگزو پلی ساکاریدهای میکروبی کفیران و زانتان بر انبارمانی نمونه‌های نان حجیم، نمونه‌های نان بعد از پخت و سرد شدن، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در اینکوباتور گرمخانه‌گذاری شدند. اولین پرگنه‌های کپک در نمونه‌های شاهد سرداری و پس از ۵ روز مشاهده شد. در نان سرداری حاوی ۳ درصد کفیران، ۱۲ روز بعد از گرمخانه‌گذاری، اما در نان سرداری انبار شده حاوی ۳ درصد زانتان، بعد از ۱۰ روز، پرگنه‌های کپک ظاهر شدند. بنابراین، اگزو پلی ساکارید زانتان نسبت به کفیران به‌طور موثر مانع از رشد کپک‌های مضر شده است. دلیل این امر وجود گروه‌های هیدروکسیل بیشتر در کفیران است که با تشکیل باندهای بیشتر هیدروژنی و جذب بیشتر آب آزاد، رشد کپک‌ها را به‌تعویق می‌اندازد و به همان نسبت عمر انبارمانی را به‌طور معنی‌داری ($p<0/05$) افزایش می‌دهد. ولی دلیل عمدهٔ فعالیت ضد میکروبی و ضد قارچی کفیران، بیشتر حضور باکتری‌های گروه اسید لاکتیک و کاهش pH در محیط ویسکوالاستیک نان است تا کاهش فعالیت آبی. گزارش‌هایی دربارهٔ منشأ دانک‌های کفیر (*لاکتوباسیلوس پلانتاروم، لاکتوباسیلوس برویس و لاکتوباسیلوس کفیرانوفاسنس*) و حضور میکروفلورها در کفیران وجود دارد (Riviere & Kooiman, 1967; Torino *et al*., 2001; Cheirslip *et al*., 2006; De Antoni *et al*., 2009). ولی به‌طور کلی در نان‌های حاصل از آرد پارسی، عمر انبارمانی نسبت به نان‌های حاصل از آرد سرداری، افزایش نشان می‌دهد، دلیل این امر می‌تواند به قدرت و پایداری بیشتر گلوتن و ایجاد پیوندهای بیشتر و محکم‌تر با اگزو پلی ساکاریدها و در نهایت تشکیل شبکه گلوتن پایدارتر نسبت داده شود، به‌طوری‌که عمر انبارمانی نان شاهد پارسی ۶ روزه است. بنابراین در آردهای نسبتاً قوی، می‌توان با مصرف مقادیر کمتر از این اگزو پلی ساکاریدها به ترکیب‌های مناسبی از خمیر، برای تولید نان‌هایی با عمر انبارمانی بالا و هزینهٔ کمتر نسبت به تیمار حاصل از آرد ضعیف، دست یافت. با این همه، در نان‌های پارسی با ۳ درصد زانتان و کفیران، عمر انبارمانی به‌ترتیب ۱۱ و ۱۳ روز افزایش یافت. پس به‌طور کلی می‌توان به تأثیر مثبت اگزو پلی ساکاریدهای مذکور در ایجاد خواص رئولوژیکی و انبارداری مطلوب در خمیر و نان دست یافت. تیمار سرداری حاوی ۳ درصد زانتان و تیمار پارسی حاوی ۳ درصد کفیران به‌ترتیب، کمترین و بیشترین عمر انبارمانی را داشتند. با توجه به خواص دارویی کفیران، که برخی محققان (Ninane *et al*., 2005; Rodrigues *et al*., 2005) گزارش داده‌اند و همچنین با توجه به خواص عملکردی آن به‌عنوان عامل ضد قارچی (جلوگیری از کپک‌زدگی نان) و ترکیب مفید غذایی (پلی‌ساکارید طبیعی)، که در این تحقیق ثابت شد، می‌توان کفیران را به‌عنوان یک ترکیب مفید و فراسودمند[1] معرفی کرد و برای نیل به اهداف فوق و بهره‌مندی هر چه بیشتر از مواد طبیعی جهت حفظ کیفیت و افزایش ارزش مواد غذایی، از آن در سایر فرآورده‌های غذایی و نانوایی استفاده بهینه کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مقایسهٔ تأثیر افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان بر خواص اکستنسوگرافی خمیر دو نوع گندم سرداری و پارسی، نشان می‌دهد که در سه زمان ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ دقیقه کشش‌پذیری هر دو نوع خمیرها کاهش می‌یابد. کاهش کشش‌پذیری خمیرها با افزودن اگزو پلی ساکاریدها، در نتیجهٔ ایجاد خمیر قوی‌تر در اثر افزودن این نوع بهبود دهنده است که باعث کاهش الاستیسیته و در نتیجه سریع‌تر پاره شدن خمیر (تیمار زانتان) می‌شود. با افزودن ۳ درصد از اگزو پلی ساکاریدهای زانتان و کفیران، مقاومت به کشش در هر دو تیمار ضعیف، در هر سه زمان،

1- Functional Food

افزایش می‌یابد. دلیل این امر به خاصیت آب‌دوست بودن اگزو پلی ساکاریدها و در نتیجه افزایش ویسکوزیته خمیرها نسبت داده شده و در نهایت خمیر سفت‌تر می‌شود. انرژی خمیر یا سطح زیر منحنی اکستنسوگرام در زمان‌های مختلف با افزودن زانتان و کفیران به خمیر سرداری نسبت به خمیرهای شاهد مربوطه افزایش می‌یابد، این پدیده به این معنی است که خمیر با افزودن ۳ درصد زانتان و کفیران به آن، از نظر مقاومت و کشش‌پذیری تقویت شده است. دربارهٔ آزمون بیاتی، مشخص شد که با افزودن کفیران، سفتی مغز نمونه‌های نان، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، کاهش می‌یابد در حالی‌که زانتان سفتی مغز نان‌ها را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. در زمینهٔ افزودن ۳ درصد کفیران و زانتان مشاهده شد، نمونه‌های حاوی اگزو پلی ساکاریدها، عمر انبارمانی طولانی‌تری دارند تا نمونه‌های نان شاهد. در مقایسهٔ تأثیر کفیران و زانتان با هم، تیمار پارسی حاوی ۳ درصد کفیران دارای بالاترین و تیمار سرداری حاوی ۳ درصد زانتان، دارای کمترین عمر انبارمانی هستند.

کفیران نسبت به زانتان، تأثیرات مطلوب‌تری در بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و افزایش عمر انبارمانی نان‌های حجیم دارد. بنابراین می‌توان از کفیران، برای نیل به اهداف فوق و بهبود برخی ویژگی‌های خاص در فرآورده‌های غذایی و محصولات نانوایی، استفادهٔ بهینه کرد، ضمن اینکه از ویژگی‌های منحصر به فرد تغذیه‌ای کفیران به‌عنوان یک ترکیب فراسودمند نیز بهره‌مند شد.

قدردانی

این تحقیق بدون یاری استادان محترم موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر شهرستان کرج قابل اجرا نبود. از این استادان و نیز از دانشگاه تهران سپاسگزارم که فرصت دادند تا بخشی از تحقیقات را در این دانشگاه به انجام برسانم.

مراجع

Anon. 2000. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN.

Cheirslip, B., Shimizu, H. and Shioya, S. 2006. Kinetic modelling of kefiran production in mixed culture of *lactobacillus kefiranofaciens* and *Sacchromyces cervisiae*. Process Biochem. 42, 570-579.

Collar, C., Andreu, P., Martinez, J. C. and Armeo, E. 1999. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. Food Hydrocolloid. 13, 467-475.

Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. and Bekaert, D. 1996. A contribution to the study of staling of white bread: effect of water and hydrocolloid. Food Hydrocolloid. 10, 375-383.

De Antoni, G., Zago, M., Vasek, O., Giraffa, G., Carminati, D., Briggiler Marco, M., Reinheimer, J. and Sua´rez, V. 2009. *Lactobacillus plantarum bacteriophages* isolated from Kefir grains: phenotypic and molecular characterization. J. Dairy Res. 23, 1-6.

Gerez, C. L., Torino, M. I., Rollan, G. and Font de Veldez, G. 2009. Preventation of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. Food Control. 20, 144-148.

Ghasemlou, M., Khodaiyan, F. and Oromiehie, A. 2011. Physical, mechanical, barrier, and thermal properties of polyol-plasticized biodegradable edible film made from kefiran. Carbohyd. Polym. 84, 477-483.

Ketabi, A., Soleimanian-Zad, S., Kadivar, M. and Sheikh-Zeinoddin, M. 2008. Production of microbial exopolysaccharides in the sourdough and its effects on the rheological properties of dough. Food Res. Int. 41, 948–951.

Kohajdova, Z. and Karovicova, J. 2008. Influence of hydrocolloids on quality of baked goods. Acta Sci. Pol. Thechnol. Aliment. 7(2): 43-49.

Kohajdova, Z., Karovicova, J. and Schmidt, S. 2009. Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. Acta Chim. Slov. 2(1): 46-61.

Mandala, I. G. and Sotirakoglou, K. 2005. Effect of frozen storage and microwave reheating on some physical attributes of fresh bread containing hydrocolloids. Food Hydrocolloid. 19, 709-719.

Ninane, V., Berben, G., Romne, J. M. and Oger, R. 2005. Variability of the microbial abundance of kefir grain starter cultivated in partially controlled conditions. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 9, 191-194.

Peighambardoust, S. H. 2010. Technology of cereal products. Food Res. (Agric. Sci.). 1, 44-49. (in Farsi)

Peighambadoust, S. H., Khorasanchi, N. and Ra'fat, S. E. A. 2011. Application of freeze-dried sourdoughs containing of *L. plantarum* and *L. reuteri* starters in pan bread production. Food Res. (Agric. Sci.). 1, 1-10. (in Farsi)

Pene, R. J., Amaya, A., Rajaram, S. and Mujeeb-Kazi, A. 1990. Variation in quality characteristics association with some spring IB/IR translation wheats. J. Cereal Sci.12, 105-112.

Ribotta, P. D., Ausar, S. F., Beltramo, D. M. and Leon, A. E. 2005. Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. Food Hydrocolloid. 19, 93-99.

Riviere, J. M. W. and Kooiman, P. 1967. Kefiran, a novel polysaccharide produced in the kefir grain *Lactobacillus brevis*. Arch. Microbiol. 59, 269-278.

Rodrigues, K. L., Caputo, L. R., Carvalho, J. C., Evangelista, J. and Schneedorf, J. M. 2005. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefiran extract. Int. J. Antimicrob. Ag. 25, 404-408.

Rojas, J. A., Rosell, C. M. and Benedito de Barber, C. 1999. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. Food Hydrocolloid. 13, 27-33.

Shittu, T. A., Aminu, R. A. and Abulude, E. O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloid. 23, 2254-2260.

Smitha, S., Rajiv, J., Begum, K. and Indrani, D. 2008. Effect of Hydrocolloids on rheological, microstructural and quality characteristics of parota-an unleavened indian flat bread. J. Texture Stud. 39, 267-283.

Torino, M. I., Taranto, M. P., Sesma, F. and de Valdez, G. 2001. Heterofermentative pattern and exopolysaccharide production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 18507 in response to environment pH. J. Appl. Microbiol. 91, 846-852.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.15/No.1/2014/P:39-54

Effect of Microbial Biopolymers on Extensographic Properties of Wheat Dough and Shelf Life of Raised Bread

M. Soleimanifard*, M. Alami, F. Khodaiyan-Chegeni, G. Najafian, A.R. Sadeghi-Mahoonak and M. Khomeiri

* Corresponding Author: M. Sc. of Food Science and Technology, Agriculture Faculty and Natural Resource of Gorgan, Gorgan, Iran. E-mail: mansoore.soleimani@yahoo.com
Received: 29 July 2012, Accepted: 29 December 2012

Kefiran is an exogenous microbial metabolite produced mainly by bacteria and fungi during growth. The present study investigated the effects of the addition of 3% kefiran and 3% xanthan on the extensographic characteristics of wheat dough and the shelf life of raised bread. Kefir grain was cultivated in a shaking incubator and kefiran extraction was carried using a centrifugal refrigerator. The physicochemical properties of Sardari and Parsi wheat and their respective flours were analyzed using an Inframatic analyzer. The rheological properties of the wheat dough were measured using an extensograph and the shelf life was recorded from samples preserved in an Incobatore. Sardari wheat recorded lower values for 1000-seed weight, falling number, Zeleny index, protein, water absorption and rigidity, but higher gluten and hectoliter weights than for Parsi wheat. The addition of 3% xanthan significantly decreased ($p < 0.05$) wheat dough extensibility and significantly increased resistance-to-extension and energy. The addition of 3% kefiran to Sardari dough significantly increased ($p < 0.05$) resistance-to-extension (each period) and energy (in periods of 45 and 90 min) over the Parsi wheat and significantly decreased ($p < 0.05$) extensibility in both wheat doughs. The results of staling tests done at 24, 48 and 72 h showed that the addition of 3% kefiran and 3% xanthan significantly decreased crumb staling ($p < 0.05$). The addition of 3% xanthan decreased staling and increased hardness over the control samples. The addition of 3% kefiran and 3% xanthan extended the shelf life of Parsi wheat bread by 13 and 11 d, respectively, and the shelf life of Sardari wheat bread by 12 and 10 d, respectively.

Keywords: Dough extensography, Kefiran, Kefir grains, Parsi and Sardari wheat, Shelf life of raised bread, Xanthan