

تولید و ارزیابی خواص رئولوژیکی و حسی نان تافتون حاوی دانه روغنی بزرک

محمد هادی روزگار^۱، محمد شاهدی^{۲*}، ناصر همدی^۳

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۸)

چکیده

دانه بزرک از جمله دانه‌های روغنی است که به علت داشتن خواص تغذیه‌ای و سلامتی بخش در ترکیب مواد غذایی استفاده می‌شود. در این مطالعه به منظور تولید نان تافتون فراسودمند، دانه‌های بزرک آسیاب شد و برای کاهش ترکیبات ضد تغذیه‌ای سیانوژنیک گلیکوزید، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و به مدت دو دقیقه و نیم با توان ۶۰۰ تحت تاثیر امواج مایکروویو قرار گرفت. دانه‌های فرآیند شده در سه سطح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزین آرد گندم شدند. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات سیانوژنیک ۸۴/۶ درصد کاهش یافت. نتایج آزمون رئولوژیکی خمیر نشان داد که با جایگزینی آرد گندم با دانه بزرک، جذب آب و افزایش حجم خمیر در طی تخمیر کاهش و زمان پایداری خمیر افزایش یافت و در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف آنها معنی‌دار بود. نتایج آزمون تنش بافت نشان داد که با جایگزینی آرد گندم با دانه بزرک، خمیر رفتار ویسکوالاستیک جامد را نشان می‌دهد. نتایج آزمون اکسیداسیون نشان داد که با جایگزینی آرد گندم با دانه بزرک عدد پراکسید و تیوباربیتوریک اسید افزایش یافت و بیشترین مقدار در سطح ۱۵ درصد جایگزینی بود و در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که نان حاوی دانه بزرک، رنگ تیره‌تر و بافت نرم‌تر دارد و روند بیاتی در آن آهسته‌تر است. نتایج آزمون ارزیابی حسی نشان داد که نان حاوی بزرک از نظر ارزیاب‌ها، عطر، طعم، بافت و پذیرش بهتری داشت اگرچه از نظر رنگ، نان حاوی بزرک در سطح ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی، مقبولیت کمتری داشت.

کلید واژگان: بزرک، نان تافتون، اکسیداسیون، رئولوژی خمیر

* مسئول مکاتبات: shahedim@cc.iut.ac.ir

۱- مقدمه

غذاهای بر پایه غلات، به ویژه نان منبع اصلی انرژی و ترکیبات مغذی مردم در سطح جهان می‌باشند. اگرچه نان، حاوی میزان زیادی کربوهیدرات و پروتئین است اما از نظر سایر مواد مغذی مثل فیبر تغذیه‌ای، اسیدهای چرب غیراشباع و ترکیبات فنولیک ضعیف است. ترکیبات غذایی زیاد و متفاوتی تحت عنوان افزودنی برای غنی‌سازی یا افزودنی فراسودمند به فرمولاسیون نان اضافه می‌شوند. آرد بزرک به خاطر ایجاد عطر و طعم بهتر در نان و افزایش خواص تغذیه‌ای و سلامتی آن، به طور گسترده‌ای در فرمولاسیون نان استفاده می‌شود [۱]. بزرک با نام علمی لینوم- استیاتیسم (*Linum usitatissimum*) از خانواده لیناسه (*Linaceae*)، گیاهی یک ساله، با دانه روغنی است. دانه بزرک، کوچک، مسطح، بیضی شکل با یک نوک تیز، با ابعاد $1/5 \times 2/5$ میلی‌متر است [۲]. در بین دانه‌های روغنی، دانه بزرک به علت داشتن ترکیبات مفید تغذیه‌ای، سلامتی بخش و فراسودمند بسیار حائز اهمیت است. بیشترین و مهم‌ترین ترکیب بزرک، روغن آن است که بسته به نحوه کاشت، محل کاشت و شرایط محیطی بین ۳۸ تا ۴۵ درصد است و ۵۰ تا ۶۲ درصد اسید چرب روغن بزرک را اسید چرب آلفالینولنیک تشکیل می‌دهد. این اسید چرب یک اسید چرب ضروری برای بدن بوده، که دارای خواص مفیدی برای پیشگیری از بیماری‌های قلب و عروق، پوکی استخوان و آرتروز است. اثر سلامتی بخش آلفالینولنیک اسید می‌تواند مربوط به تأمین نسبت اسید چرب امگا ۶ به امگا ۳ باشد [۱]. همچنین بزرک حاوی $10/5$ تا 31 درصد پروتئین است [۳]. از جمله ترکیبات مهم دیگر موجود در بزرک فیبر تغذیه‌ای است که به دو صورت محلول و غیر محلول است، فیبر تغذیه‌ای محلول صمغ بزرک و فیبر نامحلول سلولز و لیگنان است. لیگنان به علت خواص ضد سرطانی که دارد بسیار حائز اهمیت است [۲]. به طور کلی بزرک یک منبع غنی از آلفالینولنیک اسید و لیگنان و یک منبع اصلی پروتئین، فیبر تغذیه‌ای و ترکیبات فنولیک است و از این رو یک ترکیب فراسودمند است [۱ و ۲]. علاوه بر ترکیبات ذکر شده، بزرک حاوی ترکیبات ضد تغذیه‌ای از جمله سیانوژنیک گلیکوزید است که میزان این ترکیبات بسته به رقم، سال و محل تولید دانه

متفاوت است [۴]. از آنجا که سیانوژنیک گلیکوزید و آنزیم تخریب کننده آن در گیاه به صورت مجزا از یکدیگر می‌باشند، سیانید فقط بعد از شکستن مکانیکی بافت یا هر آسیب دیگری به آن تولید می‌شود [۵]. اگرچه در مقایسه با بزرک کامل و آسیاب نشده، بزرک آسیاب شده امکان دسترسی و قابل استفاده بودن مواد مغذی را برای مصرف کننده افزایش می‌دهد، اما اکسیداسیون لیپیدها از اصلی‌ترین و مهم‌ترین نگرانی‌ها، هنگام استفاده از بزرک آسیاب شده به عنوان جزئی از ترکیب غذا است و در صورتی که بزرک استفاده شده در ترکیب غذا از اکسیداسیون محافظت نشود، طعم تندی در غذا گسترش می‌یابد [۶ و ۷]. وایت و جایاس (۱۹۹۱) گزارش داده‌اند که زمانی که دانه های آسیاب شده بزرک در دمای ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد در رطوبت نسبی ۳۵ درصد و بالاتر نگهداری شده‌اند، اسید چرب آزاد دو برابر افزایش یافته است که با بی رنگ شدن محتوای دانه مرتبط بوده است [۱]. پرزیبلسکی و دان (۲۰۰۰) گزارش داده‌اند که دانه بزرک آسیاب شده نگهداری شده در کیسه های پلاستیکی، در دمای محیط و محافظت شده از نور برای ۲۰ ماه، بعد از ۱۱ ماه میزان اسید چرب آزاد بیشتر و خواص عطر و طعمی پایین‌تری داشته است [۸]. علاوه بر این بزرک تازه خرد شده حاوی آنزیم بتاگلیکوزیداز است که می‌تواند سیانوژنیک گلیکوزید را تخریب کند و هیدروژن سیانید سمی آزاد کند [۹]. آلپاسلان و حیات (۲۰۰۶) اثر اضافه کردن بزرک به آرد گندم را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه به اندازه ۵، ۱۰، ۱۵ درصد از آرد گندم موجود در فرمولاسیون را با آرد بزرک جایگزین گردیده و مشاهده شده که با افزایش میزان بزرک، طعم کاهش یافته و رنگ نان تیره‌تر شده است [۱۰]. نتایج مشابه به نتایج این محققان توسط کوکا و آنیل (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است [۱۱]. خطاب و همکاران (۲۰۱۲) گزارش داده‌اند که جایگزینی آرد گندم با آرد بزرک چربی گرفته شده باعث افزایش کمی در پروتئین، چربی، فیبر، خاکستر و مواد معدنی و کاهش میزان از دست دادن آب در نان و بهبود خصوصیات بافتی نان شده است [۱۲].

در این مطالعه به منظور تولید نان تافتون حاوی دانه روغنی بزرک، ابتدا سعی شد که میزان ترکیبات سیانوژنیک در دانه آسیاب شده کاهش داده شود، در ادامه به منظور تولید نان تافتون

ترکیبات سیانوژنیک گلیکوزید و آنزیم تخریب کننده آن در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند و این ترکیبات تحت فعالیت آنزیم به هیدروژن‌سیانید تبدیل می‌شوند. حرارت دادن بزرگ آسیاب شده به این فرآیند کمک می‌کند [۹]. برای ایجاد عطر بهتر و مطبوع در دانه‌های بزرگ و کاهش ترکیبات سیانوژنیک گلیکوزید و تبخیر هیدروژن‌سیانید شکل گرفته ناشی از حرارت دادن بزرگ‌ها، دانه‌های بزرگ با مایکروویو برشته شد. برای این منظور از مایکروویو خانگی با قدرت ۶۰۰ وات با سینی دایره‌ای شکل از جنس شیشه با قطر ۲۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای برشته کردن، ۱۰۰ گرم بزرگ آسیاب شده، بر روی سینی مایکروویو به صورت یکنواخت و با ضخامت یکسان پخش شد و با قدرت ۶۰۰ وات برای ۲/۵ دقیقه حرارت دید [۱۴].

نمونه آسیاب و فرآیند شده دانه بزرگ در ۳ سطح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزین آرد گندم شد و با آن مخلوط شد.

برخی از خصوصیات رئولوژیکی خمیر از جمله میزان جذب آب، زمان پایداری و زمان گسترش خمیر توسط دستگاه فارینوگراف برابندر (مدل ۸۲۷۵۰۴ ساخت کشور آلمان) و مطابق روش AACCS به شماره ۲۱-۵۴ تعیین گردید [۱۳].

در این مطالعه برای ارزیابی تأثیر اضافه کردن دانه‌های بزرگ بر روند تخمیر و افزایش حجم خمیر، از اختلاف ارتفاع ناشی از ورآمدن خمیر در طول زمان تخمیر استفاده شد. روش آزمایش به این صورت بود که ابتدا خمیر تهیه شد، نمونه‌ای از خمیر شاهد که ۱۰۰ گرم آرد، ۱ گرم مخمر و ۱ گرم نمک بود و نمونه‌ای از خمیر سایر تیمارها آماده شد. نمونه خمیر در ته قوطی کنسرو قرار داده شد و بعد از یکنواخت کردن سطح آن، فاصله ارتفاع آن با دستگاه اولتراسوند خوانده شد، نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و بعد از یک ساعت ارتفاع خمیر با دستگاه خوانده شد. این اختلاف ارتفاع در سطح قوطی ضرب شد و به عنوان افزایش حجم خمیر در نظر گرفته شد.

به منظور ارزیابی رفتار ویسکوالاستیک خمیر می‌توان از ارتباط بین کرنش و تنش در طی زمان و تغییرات آن‌ها در طی زمان استفاده کرد. ارتباط بین این دو پارامتر وابسته به زمان است و به عنوان استراحت بیان می‌شود [۱۵]. برای انجام این آزمایش ابتدا کرنش معینی به خمیر داده می‌شود و بیشترین نیرو و تنش اولیه

فراسودمند با خواص رئولوژیکی و حسی مناسب دانه‌های بزرگ در ۳ سطح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزین آرد گندم گردید و آزمایشات مربوطه به منظور تعیین مناسب‌ترین سطح جایگزینی انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

دانه بزرگ رقم قهوه‌ای از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. آرد گندم از نانوائی دانشگاه صنعتی اصفهان خریداری و در طول آزمایش در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. از مخمر خشک فعال با مارک تجاری فریمان مشهد استفاده شد.

با استفاده از آسیاب چکشی دانه‌های بزرگ در حدی که به ذراتی با اندازه نه خیلی ریز و نه آنقدر درشت که زیر دندان مشخص شود، تبدیل شود، آسیاب و به منظور یکنواخت کردن اندازه دانه‌های آسیاب شده و حذف دانه‌های آسیاب نشده، با الک با اندازه ذرات کمتر از ۱ میلی‌متر، الک شد.

میزان رطوبت، خاکستر و فیبر خام مطابق روشهای AACCS به ترتیب به روش ۱۵A-۴۴، ۰۱-۰۸ و ۱۰-۳۲ تعیین شد. میزان چربی به روش سوکسله با حلال پتروئوم اتر و چرخش به مدت ۸ ساعت تعیین و پروتئین به روش ماکروکلدال با ضریب تبدیل ۵/۴۱ به منظور تبدیل ازت به پروتئین، تعیین شد [۱۳].

برای اندازه‌گیری ترکیبات سیانوژنیک گلیکوزید بزرگ از روش تیتراسیون قلیایی به منظور اندازه‌گیری هیدروژن‌سیانید استفاده شد. ۲۰ گرم بزرگ خشک شده با هوا، آسیاب و به فلاسک کلدال منتقل شد. ۲۰۰ میلی لیتر آب به آن اضافه و مخلوط گردید، بعد از گذشت ۲ ساعت محلول تقطیر شد. عصاره در فلاسک حاوی ۲۰ میلی لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۲/۵ درصد تا رسیدن به حجم مشخص جمع شد. به عصاره ۸ میلی لیتر آمونیوم هیدروکسید ۶ مولار و ۲ میلی لیتر محلول یدیدپتاسیم ۵ درصد اضافه شد و با نیترات نقره ۰/۰۲ مولار تیترو گردید. نهایتاً میزان هیدروژن‌سیانید از فرمول زیر محاسبه شد [۱۴]:

۱/۰۸ حجم تیترا تهره مصرفی (میلی لیتر) = میلی گرم هیدروژن‌سیانید
برای تخریب سیانوژنیک گلیکوزید و آزاد شدن هیدروژن‌سیانید بزرگ آسیاب شده به مدت ۱۸ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از آسیاب کردن بزرگ

گردید و پس از چانه کردن، تخمیر میانی به مدت ۱۰ دقیقه انجام گرفت. پس از شکل دادن خمیر با استفاده از دستگاه پخت نان، خمیر به مدت ۴ دقیقه در دمای ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد پخته شد. نان‌ها پس از خنک شدن، برای ارزشیابی در کیسه‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی شدند و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

آزمون بیاتی با استفاده از آزمایش پانچر به کمک دستگاه آنالیز کننده بافت اینستران انجام شد. نحوه این آزمایش بدین صورت بود که ابتدا یک پروب استوانه شکل روی دستگاه نصب و سپس دستگاه کالیبره گردید. نمونه مورد آزمایش بعد از تعیین ضخامت، در جایگاه مخصوص دستگاه قرار داده شد. با روشن کردن دستگاه، پروب به درون نمونه نفوذ کرد و دستگاه با رسم یک نمودار، میزان نیروی مورد نیاز را برای نفوذ پروب به داخل نان نشان داد. هر قدر نان به سمت بیاتی پیشرفت نماید، میزان نیروی مورد نیاز برای نفوذ پروب به داخل نان افزایش خواهد یافت. با استفاده از رابطه ۳ میزان بیاتی نان ارزیابی گردید. که در آن S حداکثر تنش برشی بر حسب نیوتن بر سانتی متر مربع، F نیروی وارد بر نمونه نان بر حسب نیوتن، D قطر پروب بر حسب سانتی متر و T ضخامت نمونه نان بر حسب سانتی متر است.

ارزیابی نان‌ها از نظر بیاتی در سه مرحله، ۱ ساعت بعد از پخت، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت انجام گرفت. در طی این ۷۲ ساعت نان‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کیسه های پلی اتیلنی نگهداری شده‌اند.

برای آنالیز رنگ نمونه‌ها از روش پردازش عکس با کامپیوتر استفاده شد. در این روش با استفاده از دوربین دیجیتال از سطح نان عکس برداری شد و بعد از انتقال به کامپیوتر، ابعاد رنگ به صورت L^* ، a^* و b^* ، با برنامه فتوشاپ تعیین شد. با استفاده از کالیبره کردن مقدار این پارامترها توسط کارت‌های رنگی، میزان واقعی این پارامترها تعیین شد. میزان ΔE نیز از رابطه ۴ تعیین شد. که در آن L^* ، a^* و b^* ابعاد رنگ مربوط به نان حاوی بزرگ و L_0^* ، a_0^* و b_0^* ابعاد رنگ مربوط به نان شاهد می‌باشد.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad 4$$

تعیین می‌گردد و در ادامه بدون وارد کردن کرنش مجدد، تغییرات نیرو و تنش در طی زمان ثبت می‌شود. در این تحقیق از دستگاه آنالیز کننده بافت اینستران (مدل ۱۱۴۰ ساخت کشور انگلستان) برای انجام این آزمایش استفاده شد. خمیر تیمارهای مختلف با ابعاد یکسان و استوانه‌ای مانند با ارتفاع ۵ سانتی متر تهیه شد و زیر دستگاه اینستران قرار داده شد. دستگاه با سرعت ثابت به اندازه ۱ سانتی متر نمونه را فشرده کرد و تغییرات نیرو در طی زمان ثبت شد. منحنی به وسیله رابطه ۱ مدل شد، از آنجا که خمیر تحت کرنش زیاد معمولاً رفتار ویسکوالاستیک غیر خطی نشان می‌دهد، مدل به وسیله رابطه ۲ نرمال سازی شد. که در آن F_0 نیروی اولیه در زمان صفر (نیوتن)، t زمان انجام آزمایش (ثانیه) و k_1 و k_2 ثابت‌های فرمول می‌باشند.

$$Y(t) = \frac{F_0}{[F_0 - F(t)]} \quad 1$$

$$\frac{F_0 t}{[F_0 - F(t)]} = k_1 + k_2 t \quad 2$$

داده‌های به دست آمده از نمودار برای بدست آوردن دو پارامتر مدل نرمال سازی شدند، و به این طریق میزان این دو پارامتر تعیین شد [۱۵ و ۱۶]. برای بدست آوردن ثابت‌های فرمول، با استفاده از داده‌های به دست آمده بهترین نمودار با استفاده از معادله ۲ برای آن‌ها رسم شد و پارامترهای ثابت فرمول تعیین شد.

۲-۱- تهیه نان و آزمونهای ارزیابی نان

در این تحقیق برای تهیه خمیر از روش مستقیم استفاده گردید. در این روش آرد و تمام مواد اولیه درون تگار ریخته شد و خمیر طی یک مرحله آماده گردید. یک نمونه از آرد گندم شاهد و سایر نمونه‌ها از آرد گندم و بزرک آسیاب شده که در سه سطح ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزین آرد شد، آماده گردید. مواد اولیه شامل نمونه های آرد، آب (بر حسب جذب فارینوگراف)، ۱ درصد نمک و ۱ درصد مخمر به مدت ۵ دقیقه مخلوط گردید. پس از استراحت اولیه به مدت ۵ دقیقه، برای جذب بهتر آب توسط ذرات آرد و بزرک خمیر حدود ۲ دقیقه دوباره ورز داده شد. خمیر به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تخمیر

۳- نتایج

۳-۱- نتایج تجزیه شیمیایی بزرک و آرد گندم

نتایج تجزیه شیمیایی بزرک و آرد گندم در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان رطوبت در بزرک قهوه‌ای مطالعه شده، از میزان ماکزیمم آن یعنی ۸ درصد کمتر است، از نظر میزان خاکستر شبیه به نتایج سایر محققان از جمله موری و وستکوت (۲۰۰۳) است که میزان خاکستر بزرک را ۳/۵ درصد گزارش داده‌اند [۲۰]. میزان روغن بزرک بسته به شرایط کشت و محیط بین ۳۸ تا ۴۵ درصد گزارش شده است که در نمونه مورد آزمایش این میزان ۴۰/۱ درصد بود که در محدوده گزارش داده شده توسط سایر محققان است [۱]. میزان پروتئین بزرک در نمونه‌های مختلف توسط محققان بین ۱۰/۵ تا ۳۱ درصد گزارش شده است. در این مطالعه با توجه به استفاده از ضریب تبدیل ۵/۴، میزان پروتئین ۱۹/۵۹ درصد گزارش شده است، و در صورتی که از ضریب تبدیل ۶/۵ استفاده می‌شد این میزان تا ۲۳/۵ درصد می‌رسد، که نتایج نشان می‌دهد نمونه مورد مطالعه از نظر پروتئین در حد متوسطی است [۳]. میزان فیبر خام در نمونه آزمایش شده، ۲۲/۵۱ درصد است، که مشابه با نتایج سایر محققان که میزان فیبر موجود در بزرک را کمتر از ۳۰ درصد می‌دانند، می‌باشد [۲۰].

روغن‌گیری از نان حاوی بزرک: ابتدا نان حاوی بزرک آسیاب، هگزان به آن اضافه و به مدت ۵ ساعت به هم زده شد. بعد از ته‌نشینی آرد چربی گرفته شده، محلول حاصل با کاغذ صافی، صاف و حلال آن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تحت خلأ و سپس با گاز ازن تبخیر و خارج شد [۱۷].

عدد پراکسید: برای تعیین عدد پراکسید از روش کلروفرم استیک اسید مطابق روش AOCs (Cd 8b-90) استفاده شد [۱۷].

عدد تیوباریتوریک اسید: مطابق روش پورکورنی و دیفن باچر (۱۹۸۹) تعیین شد [۱۸].

برای ارزیابی کیفیت نان‌ها از روش ۹ نقطه‌ای لذت استفاده شد، که ۱۰ نفر از افراد مختلف ۱۸ تا ۲۷ سال به عنوان ارزیاب انتخاب گردید، که پس از توجیه شدن، جدول را تکمیل کردند. درجه‌بندی هر یک از پارامترهای مورد ارزیابی با دادن عدد بین ۱ تا ۹ بر اساس نظر ارزیاب‌ها انجام شد [۱۹].

۲-۲- پردازش داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح آماری بلوک کاملاً تصادفی در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل با سه تکرار و با استفاده از نرم-افزار آماری SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها، آزمون مقایسه میانگین حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱ ترکیبات دانه بزرک و آرد گندم

ترکیب (درصد)						
نمونه	پروتئین	خاکستر	رطوبت	چربی	فیبر خام	سایر ترکیبات
بزرک	۱۹/۵۹ ± ۰/۲۲	۳/۰۲ ± ۰/۰۵	۴/۸۷ ± ۰/۲۸	۴۰/۱۱ ± ۰/۶۶	۲۲/۵۱ ± ۰/۶۳	۹/۹
آرد گندم	۱۱/۲ ± ۰/۱۹	۱/۲ ± ۰/۱	۱۱ ± ۰/۱۴	۱/۹ ± ۰/۱	۷۳/۷

اعداد بدست آمده، انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار است

۳-۲- میزان سیانوژنیک گلیکوزید

با توجه به این نکته که هر ۱ میکرومول سیانوژنیک گلیکوزید بعد از هیدرولیز ۱ میکرومول هیدروژن سیانید تولید می‌کند، در این مطالعه برای تعیین میزان سیانوژنیک گلیکوزید موجود در بزرک،

میزان هیدروژن سیانید، اندازه‌گیری شده است، که نتایج آن در جدول ۲ آمده است [۲۱]. میزان هیدروژن سیانید در نمونه خام، ۱۶۲ میلی‌گرم در ۱۰۰۰ گرم دانه محاسبه شد، که این نتیجه بسیار نزدیک به نتیجه چادها و همکاران (۱۹۹۵) که میزان هیدروژن سیانید موجود در واریته مختلف بزرک کانادایی را بین

گلیکوزیداز در اثر برشته کردن با مایکروویو، یا تبخیر هیدروژن سیانید شکل گرفته در اثر حرارت دادن، یا هر دو مکانیسم باشد. به صورت کلی این کاهش می‌تواند حاصل دو مرحله باشد، در مرحله اول در اثر حرارت دادن هیدروژن سیانید به صورت آنزیمی از ترکیبات سیانوژنیک گلیکوزید آزاد شده، و در مرحله دوم در اثر مایکروویو کردن این هیدروژن سیانید شکل گرفته تبخیر می‌شود و آنزیم گلیکوزیداز نیز غیر فعال شده و در صورتی که هنوز ترکیبات سیانوژنیک گلیکوزیدی در بزرک باقی مانده باشد توانایی تبدیل آن به هیدروژن سیانید سمی را ندارد [۱۴].

جدول ۲ میزان سیانوژنیک گلیکوزید و درصد کاهش آن

نتایج حاصل از این تحقیق	یانگ و همکاران (۲۰۰۴)	فنگ و همکاران (۲۰۰۳)	
۱۶۲/۰۴	۱۵۷/۶۸	۳۷۷	هیدروژن سیانید اولیه (کیلوگرم دانه/گرم)
۲۵/۰۲	۲۱/۶	۶۳/۵	هیدروژن سیانید ثانویه (کیلوگرم دانه/گرم)
۸۴/۶	۸۶/۳	۸۳/۲	میزان کاهش (درصد)

آنها در سطوح مختلف جایگزینی با نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها در سطح احتمال ۱ درصد معنا دار نبود. افزایش زمان گسترش خمیر می‌تواند به علت رقیق شدن گلوتن در آرد در اثر جایگزینی آرد گندم با بزرک باشد. علاوه بر این بزرک حاوی مقدار زیادی فیبر است. در نتیجه اضافه کردن بزرک میزان فیبر موجود در آرد افزایش یافته و سیستم آرد نیز غیر همگن شده است، که این عوامل نیز باعث افزایش زمان گسترش خمیر می‌شود. این نتایج توسط کوکا و آنیل (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است [۱۱]. نتایج نشان داد زمان پایداری خمیر با اضافه شدن بزرک افزایش یافت و در سطح ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با بزرک با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. افزایش زمان پایداری می‌تواند ناشی از تأثیر صمغ بزرک بر خمیر و تأثیر آن بر پایداری شبکه گلوتن در مقابل هم زدن باشد. صمغ بزرک می‌تواند بر شبکه گلوتن اثر بگذارد و آن را در خمیر یکنواخت‌تر و مترکم‌تر کند و پایداری شبکه گلوتن را در مقابل هم زدن افزایش دهد و باعث افزایش زمان پایداری خمیر شود [۲۶].

۱۲/۴ تا ۱۹/۶، میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه گزارش داده‌اند، است [۲۲].

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میزان این ترکیبات بعد از انجام فرآیند حرارت دادن و مایکروویو کردن به ۲۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه رسیده است، که منجر به کاهش ۸۴/۶ درصدی این ترکیبات شده است. این میزان کاهش بسیار شبیه به نتایج سایر محققین از جمله فنگ و همکاران (۲۰۰۳) که میزان کاهش را ۸۳/۲ درصد گزارش داده‌اند و یانگ و همکاران (۲۰۰۴) که میزان کاهش را ۸۲ درصد بیان کرده‌اند، است [۱۴] و [۲۳]. علت این کاهش می‌تواند ناشی از غیر فعال شدن آنزیم

۳-۳- نتایج آزمون فارینوگرافی

نتایج آزمون فارینوگرافی در جدول ۳ آورده شده است. مشاهده شد با جایگزینی بزرک به جای آرد گندم جذب آب خمیر کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با بزرک، میزان جذب آب خمیر بیشتر کاهش یافت. کاهش جذب آب خمیر ناشی از کاهش میزان پروتئین و گلوتن آرد است، چرا که با جایگزینی آرد گندم با بزرک از مقدار کمی گلوتن مجموعه کاسته شد. هم چنین دانه بزرک حاوی میزان زیادی چربی است، که این چربی در آب حل نمیشود. علاوه بر این چربی بزرک با پوشش دادن پروتئین‌های گلوتن و گرانول نشاسته در حین هم زدن خمیر، از جذب آب توسط آنها جلوگیری می‌کند و منجر به کاهش میزان جذب آب در حین درست کردن خمیر می‌شود [۲۴]. دلکور و حسنی (۲۰۱۰) نیز گزارش داده‌اند که با افزایش شورتینگ، خمیر آب کمتری برای رسیدن به قوام مناسب نیاز دارد [۲۵]. نتایج نشان داد با اضافه کردن بزرک، زمان گسترش خمیر افزایش یافت و با افزایش سطح جایگزینی زمان گسترش خمیر نیز افزایش یافت. اگرچه اختلاف

جدول ۳ نتایج بدست آمده از نمودار فارینوگرام خمیر با درصد های مختلف بزرک

خصوصیات						
درصد جایگزینی	جذب آب	زمان گسترش خمیر (دقیقه)	زمان پایداری (دقیقه)	درجه نرمی (Fu)	درجه نرم شدن (ICC)	عدد کیفی خمیر
۰	۶۱/۵	۳/۰ ^a ± ۰/۲	۲/۳۰ ^b ± ۰/۱۴	۱۲۸/۵ ^a ± ۴/۹۵	۱۵۳ ^a ± ۵/۶۵	۴۰/۰ ^b ± ۲/۸۲ ^b
۵	۶۰/۵	۳/۲۱ ^a ± ۰/۱۲	۲/۲۰ ^b ± ۰/۱۴	۱۰۱/۰ ^b ± ۴/۲۴	۱۴۱ ^b ± ۹/۸۹	۴۳/۰ ^b ± ۴/۲۵ ^b
۱۵	۶۰/۰	۳/۲۳ ^a ± ۰/۱۵	۲/۵۵ ^a ± ۰/۰۷	۷۱/۰ ^c ± ۹/۸۹	۱۰۸ ^c ± ۷/۰۷	۵۹/۵ ^{ab} ± ۲/۱۲
۲۵	۵۹/۵	۳/۵۲ ^a ± ۰/۰۸	۲/۷۰ ^a ± ۰/۱۴	۶۴/۰ ^c ± ۷/۰۷	۱۱۱ ^c ± ۵/۶۵	۷۵/۵ ^a ± ۳/۵۳

در هر ستون اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/01$)

اعداد بدست آمده، انحراف معیار ± میانگین حاصل از دو تکرار است

۳-۴- نتایج افزایش حجم خمیر در طی تخمیر

نتایج حاصل از افزایش حجم خمیر تیمارهای مختلف در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که اختلاف میزان افزایش حجم بین نمونه‌های مختلف در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. افزایش حجم نمونه شاهد نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و با افزایش سطح جایگزینی بزرک به جای آرد گندم، میزان افزایش حجم کمتر بود. این روند افزایش کمتر حجم در حین تخمیر، می‌تواند ناشی از چند دلیل باشد. در نمونه شاهد میزان آرد و در نتیجه درصد گلوتن از نظر کمی بیشتر است، چرا که در سایر تیمارها با اضافه شدن بزرک، از میزان آرد گندم کاسته شده است و بزرک جایگزین آن شده است، اگرچه این کار باعث افزایش کمی پروتئین می‌شود اما میزان گلوتن در نمونه رقیق شده و از

این رو، شبکه گلو تنی ضعیف‌تر شده و از توانایی خمیر در پایداری حباب‌های گاز کاسته است. علاوه بر این، صمغ موجود در لایه خارجی بزرک توانایی تشکیل ژل دارد، از این رو می‌تواند کشش سطحی خمیر را افزایش دهد و یک نیروی مقاوم در مقابل توسعه حباب‌ها در سطح خمیر ایجاد کند. علاوه بر دلایل ارائه شده، دانه‌های خرد شده بزرک، چون درشت می‌باشند، در ایجاد شبکه گلو تنی و پایداری حباب‌های هوا در خمیر تداخل ایجاد می‌کنند. دانه‌های خرد شده بزرک با پاره کردن حباب‌های هوا در حال توسعه باعث کاهش افزایش حجم خمیر می‌شوند. توانایی کمتر خمیر حاوی دانه بزرک در پایداری حباب‌های هوا در حین تخمیر خمیر توسط بورگس و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش شده است [۲۷].

جدول ۴ مقایسه میانگین افزایش حجم خمیر تیمار های مختلف

با درصد مختلف بزرک در طی تخمیر

افزایش حجم (سانتیمتر مکعب)	درصد جایگزینی
۱۲۷۴/۵۳ ^a ± ۳۴/۰۶	۰
۱۱۲۸/۶۲ ^b ± ۳۱/۷۴	۵
۱۰۳۶/۳۶ ^c ± ۲۵/۲۵	۱۵
۹۳۹/۸۰ ^d ± ۲۵/۷۴	۲۵

اعداد بدست آمده، انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار است

اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/01$)

۳-۵- نتایج آزمون تنش بافت

مکانیسم‌های توزیع مولکولی، عامل موثر بر مقاومت خمیر نسبت به تحمل فشار وارده است. محققان بسیاری گزارش کرده‌اند که زمان کاهش آهسته‌تر تنش، نشان دهنده کیفیت پخت بهتر برای نان حاصل از آن خمیر است. اندازه‌گیری میزان کاهش تنش بعد از اعمال میزان کرنش معین در خمیرهای مختلف نشان داده است که روند کاهش تنش (ریلکس شدن خمیر) به صورت دو فرآیند کاهش تنش سریع و آرام توصیف می‌شود، کاهش سریع در ۱ تا ۱۰ ثانیه و کاهش آرام در ۱۰ تا ۱۰۰۰۰ ثانیه صورت می‌پذیرد [۲۸]. نتایج آزمون تنش بافت در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که با جایگزین شدن بزرک به جای آرد گندم، نیروی اولیه لازم برای ایجاد تغییر شکل در خمیر افزایش یافت و در سطح ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با بزرک اختلاف آنها با نمونه شاهد معنادار بود. هم چنین مقایسه ضرایب k_1 و k_2 نشان داد که با جایگزین شدن بزرک به جای آرد گندم مقدار این ضرایب نیز افزایش یافت و در سطح ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با بزرک اختلاف آنها با نمونه شاهد معنادار بود. ضریب k_1 مربوط به نرخ نزول اولیه است و هر چه مقدار آن افزایش پیدا

کند به معنای کاهش نرخ نزول اولیه است و چنین خمیری بیشتر رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهد. ضریب k_2 نیز نشان دهنده درجه جامد بودن است و می‌تواند بین ۱ برای مواد مایع تا بی-نهایت برای مواد الاستیک ایده‌آل جامد تغییر کند. زمانی که مقدار تنش در زمان طولانی کم می‌شود مقدار k_2 به بینهایت میل می‌کند [۱۵ و ۲۹].

به صورت کلی ملاحظه می‌شود که با اضافه شدن بزرک، پایداری خمیر در مقابل تغییر شکل ایجاد شده در آن و کرنش وارد شده بیشتر است و رفتار خمیر از ویسکوالاستیک مایع به جامد تغییر کرده است، که این موضوع نشان دهنده کاهش گرانیوی خمیر است و می‌تواند ناشی از تأثیر صمغ بزرک و اختلال ایجاد شده توسط بزرک در تشکیل شبکه گلوتن و روانی خمیر باشد. علاوه بر این کاهش رطوبت در خمیر با اضافه شدن بزرک، که به دلیل داشتن روغن بیشتر است، نیز می‌تواند باعث این تغییر رفتار شود، چرا که نتایج محققین نشان داده است که با کاهش رطوبت در خمیر، رفتار آن به سمت ویسکوالاستیک جامد تغییر می‌کند.

جدول ۵ مقایسه پارامترهای آزمون تنش خمیر تیمارهای مختلف با درصد مختلف بزرک

خصوصیات			
K_2	K_1 (ثانیه)	نیرو در زمان صفر (نیوتن)	درصد جایگزینی
$1/0.23^b \pm 0/0.05$	$1/673^c \pm 0/0.24$	$5/04^b \pm 0/75$	۰
$1/0.45^b \pm 0/0.19$	$2/438^a \pm 0/402$	$6/69^b \pm 0/91$	۵
$1/0.96^a \pm 0/0.11$	$2/218^b \pm 0/0.23$	$9/305^a \pm 0/55$	۱۵
$1/0.72^a \pm 0/0.051$	$2/197^b \pm 0/0.85$	$11/257^a \pm 0/0.8$	۲۵

اعداد بدست آمده، انحراف معیار \pm میانگین حاصل از سه تکرار است

اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/01$)

۳-۶- نتایج آزمون رنگ نان

رنگ پوسته نان در اثر واکنش مایلارد تشکیل می‌شود، بدین معنی که در اثر ترکیب مواد ازته با مواد احیا کننده، در لایه سطحی عمل قهوه‌ای شدن اتفاق می‌افتد. مقداری از رنگ پوسته نان مربوط به عمل کاراملیزه شدن قندها است، بدیهی است شدت رنگ مربوط به مقدار مواد موثر و شرایطی که این مواد تحت آن وارد عمل می‌شوند نظیر دما و بی آب شدن سطح نان در سرعت و شدت رنگ تأثیر زیادی دارد. اندازه‌گیری رنگ در محصولات

نانوایی برای ارزیابی کیفیت محصول، تعیین اثر مواد مختلف که در فرمول استفاده می‌شود، اثر تغییر متغیرهای فرآیند پخت و ارزیابی شرایط انبارداری، امری بدیهی است [۳۰]. مقایسه میانگین مربوط به بعد های L^* ، a^* ، b^* و ΔE برای رنگ نان‌ها در جدول ۶ آورده شده است همان طور که ملاحظه می‌شود با اضافه شدن بزرک میزان L^* ، a^* و b^* کاهش، و میزان ΔE که نشان دهنده تغییر رنگ نان تولید شده با نان شاهد است افزایش یافت. ضریب L^* نشان دهنده میزان روشنایی نان است که با

پروتئین موجود در خمیر افزایش می‌یابد. افزایش این ترکیبات باعث افزایش میزان واکنش مایلارد میشود. از این رو در نتیجه انجام واکنش مایلارد اضافی در سطح نان، رنگ نان تیره‌تر می‌شود [۱]. این نتایج در مطالعات کوکا و آنیل (۲۰۰۷) و متس و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است [۱۱ و ۳۳].

جایگزینی آرد گندم با بزرک میزان آن کاهش یافت و با نان شاهد اختلاف معنادار داشت. کاهش میزان این ضریب و ضرایب a^* و b^* نشان داد که رنگ نان با جایگزینی آرد گندم با بزرک تیره شد. دانه بزرک حاوی ترکیبات فنولیک و پروتئین‌ها میباشد. از این رو با جایگزینی آرد گندم با بزرک میزان ترکیبات فنولیک و

جدول ۶ مقایسه میانگین پارامترهای رنگ نان حاصل از خمیر تیمارهای مختلف با درصد مختلف بزرک

ابعاد رنگ				
ΔE	b^*	a^*	L^*	درصد جایگزینی
...	$42/795^a \pm 1/32$	$35/749^a \pm 2/03$	$72/591^a \pm 1/78$	۰
$11/919^b \pm 1/57$	$34/78^b \pm 0/66$	$29/638^{ab} \pm 3/52$	$62/829^b \pm 1/78$	۵
$21/093^a \pm 2/16$	$31/345^c \pm 0/66$	$26/992^b \pm 1/16$	$53/848^c \pm 1/84$	۱۵
$23/771^a \pm 2/58$	$25/62^d \pm 1/74$	$23/527^b \pm 2/03$	$52/677^c \pm 1/78$	۲۵

در هر ستون اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/01$)

اعداد بدست آمده، انحراف معیار \pm میانگین حاصل از سه تکرار است

بزرک بر ساختار خمیر باشد. روگرز و همکاران (۱۹۹۸)، بیان کرده‌اند که شورتینگ مغز نان را نرم می‌کند و هم چنین آنتی‌وی و لوریکین (۱۹۷۷) گزارش کرده‌اند که نان حاوی شورتینگ به علت کاهش مهاجرت رطوبت از مرکز نان به خارج تردی بیشتری دارد. تام استورف و همکاران (۱۹۸۸) نیز گزارش کرده‌اند که نان تازه پخته شده با شورتینگ به علت اثر روان‌کنندگی آن مغز نرم‌تری دارد [۲۵ و ۳۲]. نرم شدن با اضافه کردن آرد بزرک در مطالعه متس و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است [۳۱].

۳-۷- نتایج آزمون بافت و بیاتی

میانگین مقدار نیروی لازم برای برش نان بعد از پخت، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت برای نان اندازه گیری شد که نتایج آن در جدول ۷ آورده شده است.

زمان صفر: آنچه در زمان بعد از پخت به عنوان بیاتی اندازه گیری شده است در حقیقت مقدار نیروی لازم برای برش نان است. با اضافه شدن بزرک به نان مقدار نیروی لازم برای برش نان کاهش یافت و نان حاصل بافت نرم‌تری داشت. علت این موضوع می‌تواند مربوط به تأثیر مثبت صمغ بزرک و شورتینگ چربی

جدول ۷ مقایسه میانگین ماکزیم تنش برشی نان حاصل از خمیر تیمارهای مختلف با درصد مختلف بزرک در زمان ۱، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد

از پخت نان

ماکزیم تنش برشی (سانتیمتر مربع/نیوتن)				
معادله خط	۷۲	۴۸	۱	درصد جایگزینی
$y = 1/76x + 6/527$	$12/128^a \pm 0/11$	$9/422^a \pm 0/07$	$8/606^a \pm 0/41$	۰
$y = 0/848x + 7/235$	$9/827^b \pm 0/71$	$8/839^{ab} \pm 0/88$	$8/130^{ab} \pm 0/44$	۵
$y = 0/891x + 5/850$	$8/603^{bc} \pm 0/14$	$7/473^b \pm 1/02$	$6/821^{bc} \pm 0/72$	۱۵
$y = 1/019x + 5/544$	$8/569^c \pm 0/46$	$7/648^b \pm 0/89$	$6/531^c \pm 0/27$	۲۵

اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0/01$)

اعداد بدست آمده، انحراف معیار \pm میانگین حاصل از سه تکرار است

همچنین بزرگ حاوی چربی به صورت شورتینگ است که این عامل نیز می‌تواند بر کاهش روند بیاتی اثر بگذارد. شورتینگ می‌تواند به صورت یک لایه مقاوم در مقابل مهاجرت رطوبت عمل کند و از این رو روند بیاتی را کاهش دهد. روگرز (۱۹۸۸)، برهم کنش بین چربی شورتینگ و چربی داخلی نان را عامل کند شدن روند بیاتی بیان کرده است [۳۲]. اسمیت و جوهانسون (۲۰۰۴) تشکیل کمپلکس آمیلوپکتین با تری آسپیل‌گلیسرول را عامل کاهش سرعت سفت شدن دانسته‌اند [۳۴].

۳-۸- اکسیداسیون نان حاوی دانه بزرگ

مطالعات محققین نشان داده است که، اگر چه برشته کردن منجر به تخریب دانه های بزرگ نمی‌شود، اما سیستم آنتی اکسیدانی داخل دانه و ساختار سلولی ذخیره کننده چربی را تخریب می‌کند و دفع آب و فعالیت آنزیم لیپاز را افزایش می‌دهد و در نتیجه حمله اکسیژن را تسهیل می‌کند [۲۰]. ضخامت نان تافتون پخته شده در این مطالعه همواره کمتر از ۷ میلی‌متر بوده است و از این رو با افزایش میزان بزرگ در فرمولاسیون نان، مقدار زیادی از این دانه ها بر روی سطح نان و در معرض حرارت مستقیم پخت قرار گرفته‌اند و از این رو بسیار با خطر اکسیداسیون مواجه بوده‌اند. مقایسه میانگین عدد پراکسید و تیوباربتوریک اسید نان حاوی دانه بزرگ در جدول ۸ آورده شده است.

زمان ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت: برای مقایسه روند افزایش بیاتی در نان‌ها، با استفاده مقدار نیروی لازم برای برش در لحظه بعد از پخت، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از پخت، منحنی تغییر بیاتی رسم شد و با استفاده از معادله منحنی، شیب آن محاسبه شد. هر چه مقدار شیب بیشتر باشد، نشان دهنده بیاتی سریع‌تر است [۳۱]. معادله خط بیاتی مربوط به هر نان در جدول ۷ آورده شده است. با اضافه شدن دانه های بزرگ روند بیاتی در نان کاهش یافت. کاهش روند بیاتی در نان با اضافه شدن دانه های بزرگ در مطالعه منتس و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است، هم چنین در این تحقیق مشخص شده است که با افزایش بیشتر درصد جایگزینی آرد گندم با دانه بزرگ روند بیاتی افزایش یافته است، در این مطالعه نیز مشاهده شد که با اضافه شدن بیشتر بزرگ روند بیاتی افزایش یافت [۳۱]. کاهش روند بیاتی با اضافه شدن بزرگ ناشی از صمغ بزرگ است، چرا که صمغ بزرگ بر فاز مداوم گلوتن اثر می‌گذارد و آن را در خمیر یکنواخت‌تر و متراکم‌تر می‌کند، علاوه بر این گرانول‌های نشاسته را در شبکه اصلاح شده گلوتن ثابت می‌کند، و باعث کاهش بیاتی نان می‌شود [۲۶]. علاوه بر این هیدروکلوئیدها، از طریق نگه داشتن آب، محدود کردن برهم کنش گلوتن-نشاسته و کاهش میزان واگشتگی نشاسته، بیاتی را به تأخیر می‌اندازند [۳۳].

جدول ۸ مقایسه میانگین عدد پراکسید و تیوباربتوریک اسید تیمار های مختلف ۷۲ ساعت بعد از پخت نان

میزان جایگزین شدن بزرگ (درصد)	۲۵	۱۵	۵	خصوصیت
عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن)	۶/۳۸ ^b ± ۰/۰۱	۸/۱۵۳ ^a ± ۰/۰۱	۵/۳۴۳ ^b ± ۰/۰۱	
عدد تیوباربتوریک اسید	۰/۳۶ ^{ab} ± ۰/۰۶	۰/۴۷ ^a ± ۰/۰۷	۰/۲۴ ^b ± ۰/۰۱	

اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0.01$)

اعداد بدست آمده، انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار است

درصد، باعث اکسیداسیون بیشتر شد. این افزایش به دلیل زیاد شدن دانه بزرگ در نان است، که به دنبال این افزایش، میزان دانه های بزرگی که در سطح نان و در تماس با هوا قرار می‌گیرند نیز

نتایج نشان داد که با جایگزین شدن بزرگ در فرمولاسیون میزان اکسیداسیون در نان افزایش یافت. مقایسه اندیس پراکسید و تیوباربتوریک اسید داد که با افزایش میزان بزرگ تا سطح ۱۵

۳-۹- آزمون ارزیابی حسی

نتایج آزمون ارزیابی حسی در جدول ۹ آورده شده است. نتایج نشان داد که نان حاصل از جایگزین شدن دانه بزرک به جای آرد گندم نسبت به نان شاهد، از نظر عطر، طعم امتیاز بهتری گرفت، اگرچه اختلاف آنها با نان شاهد و سطوح مختلف جایگزینی معنی دار نبود. نان حاصل از جایگزینی آرد گندم با بزرک از نظر بافت امتیاز بهتری گرفت و با نان شاهد اختلاف معنی دار داشت. جایگزینی آرد گندم با بزرک منجر به نرم و ترد شدن بافت نان میشود و از این رو از نظر ارزیابها نان حاصل از جایگزینی آرد با بزرک امتیاز بیشتری گرفت. اگرچه در سطح ۲۵ درصد جایگزینی آرد گندم با بزرک نان حاصل از نظر بافت با نان شاهد اختلاف معنی داری نداشت. نان حاصل از جایگزینی ۵ درصد بزرک آسیاب شده از نظر رنگ بهترین امتیاز را گرفت و در سطح ۲۵ درصد جایگزینی اختلاف آن با نمونه شاهد معنی دار بود. کمتر شدن امتیاز نان حاصل از سطح جایگزینی بیشتر از ۵ درصد می تواند به علت تیره شدن رنگ نان باشد. از نظر پذیرش کلی نیز نان حاوی دانه آسیاب شده بزرک در سطح ۵ درصد بیشترین امتیاز را گرفت، اگرچه بین سطوح مختلف جایگزینی اختلاف معنی داری وجود نداشت.

افزایش می یابد و از این رو اکسیداسیون در این دانه ها شدت می یابد. تانسکا و راتکیز (۲۰۱۱) نیز گزارش کرده اند که میزان عدد پراکسید در دانه های بزرک در سطح نان و در پوسته، دو برابر این عدد در مغز نان است و میزان عدد تیوباربیتوریک اسید دانه های در پوسته تا سه برابر دانه های در مغز بوده است. علاوه بر این دانه هایی که در سطح قرار می گیرند، در معرض حرارت مستقیم دستگاه پخت قرار می گیرند و حرارت بیشتری می بینند [۳۵]. کم شدن عدد پر اکسید و تیوباربیتوریک اسید در سطح ۲۵ درصد می تواند ناشی از تشدید واکنش مایلارد در نان باشد، با اضافه شدن بزرک به نان به علت وجود ترکیبات فنولیک و پروتئین موجود در بزرک میزان واکنش مایلارد افزایش می یابد، از طرفی مشخص شده است که محصولات تشکیل شده از واکنش مایلارد و به ویژه ملانوییدینها خاصیت آنتی اکسیدانی دارند. این نتیجه در مطالعه منتس و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده است، آن ها گزارش کرده اند که در سطح ۱۰ و ۱۵ درصد شدت اکسیداسیون بیشتر بوده است [۳۱].

جدول ۹ مقایسه میانگین خصوصیات آزمون ارزیابی حسی نان حاصل از خمیر تیمارهای مختلف بزرک

امتیاز خصوصیات اندازه گیری شده					
درصد جایگزینی	عطر	طعم	رنگ	بافت	پذیرش کلی
۰	۵/۰ ^a ± ۱/۷	۶/۲ ^a ± ۱/۵	۷/۴ ^a ± ۰/۷	۶/۱ ^b ± ۱/۵	۶/۵ ^a ± ۰/۷
۵	۶/۵ ^a ± ۱/۴	۷/۰ ^a ± ۱/۴	۷/۸ ^a ± ۱/۱	۷/۷ ^a ± ۱/۰	۷/۰ ^a ± ۱/۰
۱۵	۶/۸ ^a ± ۱/۶	۷/۱ ^a ± ۱/۲	۶/۳ ^{ab} ± ۲/۲	۷/۷ ^a ± ۰/۸	۶/۹ ^a ± ۱/۰
۲۵	۵/۹ ^a ± ۱/۱	۶/۳ ^a ± ۱/۰	۵/۳ ^b ± ۲/۲	۷/۴ ^{ab} ± ۰/۹	۶/۰ ^a ± ۱/۴

در هر ستون اعداد دارای حروف غیر مشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار است ($p < 0.01$)

اعداد بدست آمده، انحراف معیار ± میانگین حاصل از سه تکرار است

کردن با میکروویو به مدت ۲ دقیقه و نیم با توان مناسب منجر به کاهش ۸۴/۶ درصدی ترکیبات سیانوژنیک می شود. هم چنین در این مطالعه به منظور تولید نان تافتون فراسودمند با دانه بزرک، خواص رئولوژیکی خمیر و آزمون های مربوط به نان و اکسیداسیون به منظور ارزیابی تأثیر اضافه کردن دانه بزرک، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون رئولوژیکی خمیر نشان داد که

۴- نتیجه گیری

علی رغم اینکه دانه بزرک حاوی ترکیبات تغذیه ای و سلامتی بخشی بسیاری است، ترکیبات ضد تغذیه ای مثل سیانوژنیک گلیکوزید نیز دارد. نتایج نشان داد که حرارت دادن بزرک آسیاب شده در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۸ ساعت و برشته

- enhanced by milling and crushing of flaxseed. *J. Nutr.* 135: 2812–2816.
- [7] Schorno, A. L., Manthey, F. A and Hall, C. A. 2010. Effect of particle size and sample size on lipid stability of milled flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *J. Food. Process. Pres.* 34: 167–179.
- [8] Przybylski, R and Daun, J. K. 2001. Additional data on the storage stability of milled flaxseed. *J. AOCS.* 78: 105-106.
- [9] Yamashita, T., Sano, T., Hashimoto, T., and Kanazawa, K. 2007. Development of a method to remove cyanogen glycosides from flaxseed meal. *Food. Sci. Technol.* 42: 70–75.
- [10] Alpaslan, M and Hayat. M. 2006. The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product. *J. Food. Quality.* 29: 617–627.
- [11] Koca, A. F and Anil, M. 2007. Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. *J. Sci. Food. Agric.* 87: 1172-1175.
- [12] Khattab, R., Zeitoun, M and Barbary, O. M. 2012. Evaluation of pita bread fortified with defatted flaxseed flour. *Current Nutrition and Food Science.* 8: 91-101.
- [13] AACC.2000. Approved methods of the AACC (8th ed).St. Paul. MN: American Association of Cereal Chemists.
- [14] Feng, D., Shen, Y and Chavez, E. R. 2003. Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed. *J. Sci. Food. Agric.* 83: 836–841.۴۷
- [15] Bhattacharya, S., Narasimha, H. V and Bhattacharya, S. 2006. Rheology of corn dough with gum arabic: Stress relaxation and two-cycle compression testing and their relationship with sensory attributes. *J. Food Eng.* 74: 89–95.
- [16] Bhattacharya, S. 2010. Stress relaxation behaviour of moth bean flour dough: Product characteristics and suitability of model. *J. Food Eng.* 97: 539–546.
- [17] AOCS.1989. Official and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society (Ca 8b-90), Champaign, IL.
- [18] Porkorny, J and Dieffenbacher, A. 1989. Determination of 2-thiobarbituric acid value: Direct method. *Pure Appl. Chem.* 61: 1165-1170

جایگزینی آرد گندم با دانه آسیاب شده بزرگ، باعث کاهش جذب آب، افزایش زمان پایداری و زمان گسترش خمیر شد. نتایج آزمون افزایش حجم خمیر در حین تخمیر نشان داد که با جایگزینی آرد گندم با دانه آسیاب شده بزرگ، افزایش حجم خمیر در حین تخمیر کاهش یافت، که این امر ناشی از تضعیف شبکه گلوتن و کاهش توانایی آن در پایداری حباب‌های گاز ایجاد شده در خمیر است. به منظور بررسی رفتار خمیر تحت کرنش معین، آزمون تنش بافت انجام شد، که نتایج این آزمون نشان داد که با جایگزینی دانه بزرگ به جای آرد گندم خاصیت الاستیک خمیر تقویت شد و نیروی لازم برای ایجاد تغییر شکل در خمیر افزایش یافت.

نتایج آزمون انجام شده بر نان نیز نشان داد که، جایگزینی بزرگ به جای آرد گندم، منجر به افزایش اکسیداسیون، تیره شدن رنگ و به تأخیر افتادن بیاتی می‌شود. نتایج آزمون ارگانولپتیکی نشان داد که جایگزینی آرد گندم با دانه بزرگ در سطح ۵ و ۱۵ درصد بیشتر مورد پسند ارزیاب‌ها بود.

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که جایگزین کردن آرد گندم با بزرگ آسیاب شده در سطح ۵ و ۱۵ درصد منجر به تولید نان تافتون فراسودمند با خواص فیزیکی و حسی مطلوب می‌شود.

۵- منابع

- [1] Hall, C., Tulbek. M. C and Xu . Y. 2006. Flaxseed. *Adv. Food. Nutr. Res.* 51: 1-97.
- [2] Rubilar, M., Gutiérrez, C., Verdugo, M., Shene, C and Sineiro, J. 2010. Flaxseed as a source of functional ingredients. *J. Soil Sci. plant nutr.* 10: 373–377
- [3] Oomah, B. D and Mazza , G. 1993. Flaxseed proteins—a review. *Food. Chem.* 48:109–114.
- [4] Oomah, B. D., Mama, G and Kenaschuk, E. 0. 1992. Cyanogenic compounds in flaxseed . *J. Agric. Food. Chem.* 40: 1346-1348.
- [5] Niedzwiedz-Siegine, I and Gierasimiuk, A. 2001. Environmental factors affecting the cyanogenic potential of flax seedlings. *Physiol. Plantarum.* 23: 383-390.
- [6] Kuijsten, A., Arts, I. C. W., Veer, P. V and Hollman, P. C. H. 2005. The Relative bioavailability of enterolignans in humans is

- [27] Borges, J. T. S., Pirozi, M. R., de Paula, C. D., Ramos, D. L. and Chaves, J. B. P. 2011. Physicochemical and sensory evaluation of french-type bread containing flaxseed flour. *B. Ctr. Pesqui. Proc. Al.* 29: 83-96.
- [28] Dobraszczyka, B. J and Morgenstern, M. P. 2003. Rheology and the breadmaking process. *J. Cereal. Sci.* 38: 229-245.
- [29] Peleg, M and Normand, M. D. 1983. comparison of two method for stree relaxation data presentation of aolid food. *Rhol. Acata.* 22: 108-113.
- [30] Costa de Conto, L., Oliveira, R. S. P., Martin, L. G. P., Chang, Y. K and Steel, C. J. 2012. Effects of the addition of microencapsulated omega-3 and rosemary extract on the technological and sensory quality of white pan bread. *Lwt-Food. Sci. Technol.* 45: 103-109.
- [31] Mentis, O., Bakkalbas, E and Ercan, R. 2008. Effect of the Use of Ground Flaxseed on Quality and Chemical Composition of Bread. *Food. Sci. Tech. Int.* 14: 299-306.
- [32] Rogers, D. E., Zeleznak, K. J., Lai, C. S and Hosene, R. C. 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. *Cereal. Chem.* 65:398-401.
- [33] Barcenas, M. E., O-Keller, J. D and Rosell, C. M. 2009. Influence of different hydrocolloids on major wheat dough Components. *J. Food Eng.* 94: 241-247.
- [34] Smith, P. R and Johansson, J. 2004. Influences of the proportion of solid fat in a shortening on loaf volume and staling of bread. *J. Food. Process. Pres.* 28: 359-367.
- [35] Tańska, M and Rotkiewicz, D. 2011. Quality of fat from oilseeds used to produce selected kinds of bread. *Food. Science Technology. Quality.* 18: 62-74.
- [19] Stone, H and Sidel, J. L. 2004. Sensory evaluation practices (3rd ed.). London: Elsevier Academic Press (Chapter 6). pp. 202-226
- [20] Epaminondas, P. S., Araujo, K. L. G. V., Lima de Souza, A., Silva, M. C. D., Queiroz, N., Souza, A. L., Soledade, L. E. B., Santos, I. M. G. and Souza, A. G.. 2011. Influence of toasting on the nutritious and thermal properties of flaxseed. *J. Therm. Anal. Calorim.* 7: 1-5.
- [21] Kobaisy, M., Oomah, B. D and Mazza, G.. 1996. Determination of Cyanogenic Glycosides in Flaxseed by Barbituric Acid-Pyridine, Pyridine-Pyrazolone, and High-Performance Liquid Chromatography Methods. *J. Agric. Food. Chem.* 44: 3178-3181.
- [22] Chadha, R. K., Lawrence, J. F and Ratnayake, W. M. N. 1995. Ion chromatographic determination of cyanide released from flaxseed under autohydrolysis conditions. *Food. Add. Cont.* 12: 527-533.
- [23] Yang, H., Mao, Z., and Tan, H. 2004. Determination and Removal Methods for Cyanogenic Glucoside in Flaxseed. *ASAE/CSAE Annual International Meeting.* 1-4.
- [24] Chin, N. L., Rahman, R. A., Hashim, D. M and Kowng. S. Y. 2010. Palm oil shortening effects on baking performance of white bread. *J. Food. Process. Eng.* 33: 413-433.
- [25] Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A. and Delcour, J. A. 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *J. Cereal. Sci.* 54: 266-279.
- [26] Chen, H., Xu, S., Wang, Z and Tian, J. 2006. Effect of flaxseed gum on the rheology of dough and its application to noodle processing. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering.* 22: 166-169.

Production and Rheological and Sensory Evaluation of Taftoon Bread Containing Flaxseed

Roozegar, M. H.¹, Shahedi, M.^{2*}, Hamdami, N.³

1. Ms.c, Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Food Science and Technology Department

2. Isfahan University of Technology, College of Agriculture, Food Science and Technology Department

3. Isfahan University of Technology, College of Agriculture

(Received: 91/8/16 Accepted: 92/3/8)

Flaxseed is one of the oilseeds that use as ingredient in food product due to its considerable nutritional and beneficial health effects. In this study in order to produce functional Taftoon bread, ground flaxseed was incubated at 30 °c and microwaved for 2.5 minutes in order to reduce cyanogenic glycosides compound. Wheat flour replaced with treated ground flaxseed at 5, 15 and 25 percent levels. Results showed that cyanogenic compound reduced 84/6%. Result of rheological properties test of dough showed that, with replacing wheat flour with ground flaxseed, water absorption of dough and expansion of dough during fermentation decreased and stability time of dough increased and the difference between them was significant ($p < 0.01$). Results of stress relaxation test showed that addition of ground flaxseed to wheat flour, increases the viscoelasticity of dough. Results of oxidative stability test showed that with replacing wheat flour with ground flaxseed, peroxide and thiobarbituric acid value increased and highest value was at 15% ground flaxseed and had significant difference ($p < 0.01$). Results showed that bread containing flaxseed had darker color and softer texture and staling of bread containing flaxseed was lower. Results of organoleptic test showed that bread containing flaxseed had better flavor, aroma, texture and overall acceptability by panelist, although color of bread had less acceptance at 15% and 25% level of replacing ground flaxseeds.

Key Words: Flaxseed, Taftoon Bread, Oxidation, Rheology of Dough

* Corresponding Author E-Mail Address: shahedim@cc.iut.ac.ir