مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تاثیر افزودن پودر هسته خرمای مضافتی و سبوس گندم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، مکانیکی و حسی نان بروتچن

حیدر جمعه کاظم الکعبی[۱]، زهرا امام جمعه[۲*]

[۱] دانشجوی دوره دکتری تخصصی رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی پردیس بین المللی ارس دانشگاه تهران، تهران، ایران.

[۲] آزمایشگاه پدیده‌های انتقال، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۳

کلمات کلیدی:

نان بروتچن،

پودر هسته خرما مضافتی،

سبوس گندم،

فیبر رژیمی،

خواص فیزیکوشیمیایی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.1.

* مسئول مکاتبات:

emamj@ut.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، تأثیر افزودن پودر هسته خرمای مضافتی و سبوس گندم به عنوان منابع فیبر را بر پارامترهای کیفی نان بروتچن و خمیر مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (حجم، حجم مخصوص، وزن، رطوبت، خاکستر، پروتئین، فیبر رژیمی، فعالیت آبی، اندازه ذرات، درصد بیاتی، فالینگ نامبر، گلوتن، شاخص گلوتن، ته نشینی زلنی، ته نشینی تاخیری و بررسی رنگ پوسته و بخش مرکزی نان)، ویژگی‌های فارینوگراف و اکستنسوگراف خمیرهای تهیه شده، ویژگی‌های مکانیکی (پروفایل بافت نان) و ویژگی‌های حسی (ظاهر، رنگ، عطر و طعم،بافت) از نان تولید شده به همراه پودر هسته خرمای مضافتی (۰، ۵ و ۱۰ درصد) و سبوس گندم (۰، ۲/۵ و ۵درصد) در دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه در طی مدت ۷ روز نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان جذب آب، زمان توسعه، پایداری، مقاومت در برابر کشش و حداکثر مقاومت خمیر با افزایش مقادیر پودر هسته خرمای مضافتی و سبوس گندم افزایش یافت. همچنین در درجه نرم شدن، انبساط پذیری، سطوح انرژی، مقادیر L^* و a^* رنگ پوسته و بخش داخلی نان با افزودن پودر هسته خرما کاهش یافت($p>0/05$). تغییر در درجه نرم شدن و مقادیر پایداری از نظر آماری معنی‌دار بود ($p>0/05$). افزودنی دو ماده یاد شده باعث ایجاد ساختار سفت‌تری در نمونه های نان شد و بیاتی نان را کاهش داد. مشاهده شد زمان استراحت ۱۸۰ دقیقه نسبت به ۹۰ نتایج بهتری در بافت و ویژگی‌های فیزیکی نان داشت ($p>0/05$). پذیرش حسی توسط توصیفگران اگرچه کاهش یافت ($p>0/05$) اما در درجه خوب قرار گرفت. نمونه DKP5%-B5%-FT3 بهترین عملکرد را در مجموع آزمون‌های مورد اشاره داشت. نتیجه این مطالعه نشان داد که حضور سبوس گندم و پودر هسته خرمای مضافتی نانی با کیفتی مناسب ارائه و به افزایش فیبر در رژیم غذایی کمک می‌کند.

۱-مقدمه

در سطح جهانی، غلات و محصولات بر پایه نشاسته به عنوان منابع انرژی رژیم غذایی روزانه بر سایر مواد غذایی برتری دارند. نان یکی از مواد غذایی اساسی انسان است که قدمت آن به دوران نوسنگی برمی‌گردد و از پختن در تنور و یا فرهای گوناگون تهیه می‌شود. اولین نان در حدود ۱۰۰۰۰ سال قبل از میلاد پخت شد که ممکن است با آزمایش عمدی با آب و آرد دانه گندم تولید شده باشد[1] . از آنجایی که نان مرتبط ترین منبع کربوهیدرات های موجود در رژیم غذایی است، جهت بهبود کیفیت نان از بیش از ۵۰۰۰ سال پیش از مخمرهای نان که پرکاربردترین آن‌ها گونه مخر ساکارومایسز سروزیه است استفاده شده است. حضور نمک، روغن، شیر، دانه‌های روغنی، ادویه‌هایی مانند زردچوبه به تدریج در نواحی مدیترانه گسترش یافت. تامین انرژی مورد نیاز بدن اولین هدف خوردن نان است اما امروزه و پس از گسترش دانش تغذیه در قرن بیستم میلادی اهدافی دیگر نظیر دریافت ویتامین‌های گوناگون مانند گروه ویتامین ب، دریافت ریز مغذی‌ها مانند اسید فولیک و دیگر موارد و نیز افزایش میزان فیبر دریافتی موجب تغییر فرمولاسیون نان شده است [۲].

فیبر خوراکی در حال حاضر به عنوان عنصری حیاتی در محصولات غذایی در نظر گرفته می شود. محبوبیت فیبر خوراکی در محصولات غذایی ناشی از افزایش علاقه به توسعه غذاهای سالم است و محصولات غذایی محبوب، به ویژه نان، در حال حاضر به عنوان محصولات مقبول برای فیبر خوراکی مورد استفاده قرار می گیرند. فیبرهای خوراکی می توانند به دسته های زیر تعلق داشته باشند: (۱) پلیمرهای کربوهیدرات خوراکی که به طور طبیعی در مواد غذایی مصرف می شوند. (۲) پلیمرهای کربوهیدراتی که از مواد خام غذایی به وسیله ابزارهای فیزیکی، آنزیمی یا شیمیایی به دست آمده و نشان داده شده است که اثر فیزیولوژیکی آنها برای سلامتی مفید است، همانطور که توسط شواهد علمی پذیرفته شده عمومی به مقامات ذیصلاح نشان داده شده است. و (۳) پلیمرهای کربوهیدرات مصنوعی که نشان داده شده است که دارای اثر فیزیولوژیکی برای سلامتی هستند، همانطور که توسط شواهد علمی پذیرفته شده به مقامات ذیصلاح نشان داده شده است [۳].

فیبر رژیمی[1] نوعی دوم فیبر خوراکی است که مخلوطی از پلیمرهای کربوهیدرات گیاهی است که از پلی ساکاریدها و الیگوساکاریدها و همچنین همی سلولز، سلولز، نشاسته مقاوم، مواد پکتین، اینولین و صمغ و غیره تشکیل شده است [۲]. علاوه بر عدم هضم، جذب و هیدرولیز، فیبر رژیمی همچنین در افزایش حجم مدفوع، تحریک تخمیر در روده کوچک، و کاهش سطح کلسترول قبل از غذا و سطوح گلوکز خون پس از غذا در بدن ارگانیسم نقش دارد [٤]. از طرفی کاربرد فیبر رژیمی به دلیل ویژگی های تکنولوژیکی آن در تهیه نان امکان پذیر است. به عنوان مثال، ظرفیت نگهداری آب فیبر رژیمی از بیات شدن نان جلوگیری می کند که می تواند ماندگاری محصول را افزایش دهد. همچنین در خواص آنتی باکتریال بودن فیبر رژیمی تحقیقاتی توانسته‌اند نتایج را اثبات کنند[۵]. دیگر اثرات مفید از افزایش مصرف فیبر غذایی بر سلامت انسان و عملکرد بدن وجود دارد [٦].

از سوی دیگر حضور فیبرهای رژیمی بر شاخص گلایسمی[2] تاثیر مثبت دارد. در تحقیقات پیشین به خوبی مشخص شده است که نشاسته نان سفید به سرعت هضم و جذب می شود و پاسخ های گلوکز و انسولین بالایی را برمی انگیزد [۷] و

1- Dietary fiber

2 -Glycaemic index

این ویژگی باعث می شود نان غذایی با شاخص گلایسمی بالا (<۷۰) باشد [۸].

میوه خرما[3] محصولی مهم از کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک جهان و ایران بوده است. بیشتر نخلستان‌های ایران در مناطق جنوبی مانند خوزستان، بوشهر، کرمان و هرمزگان قرار دارند. کشت خرما همواره نقش مهمی در زندگی اقتصادی و اجتماعی مردم این مناطق داشته است. میوه خرما به عنوان یک غذای اصلی شناخته شده است و از پریکارپ گوشتی و دانه یا هسته با بافت سفت و شکل بیضی تشکیل شده است. میزان تولید خرمای ایران در سال ۲۰۲۳ میلادی معادل بیش از ۱۳۰۰۰۰۰ تن (معادل ۱۵٪ حجم تولید شده در جهان) بوده است. از میان ارقام پر محصول و پر طرفدار نوع مضافتی یکی از محبوب ترین و متداولترین گونه‌های خرمای ایران است که نزدیک به ٤۰٪ وزن خرمای ایران را شامل می‌شود [۹]. امروزه مصرف و همچنین صادرات خرمای بدون هسته در حال افزایش است و مقادیر زیادی هسته خرما تولید می‌شود که به طور معمول دور ریخته می‌شوند یا به عنوان مواد تشکیل دهنده کود گیاهی و یا در بهترین حالت پودر آن به عنوان خوراک دام استفاده می شوند. بین ۱۰ تا ١٤ درصد وزن خرمای مضافتی را هسته آن تشکیل می‌دهد. امروزه و در تحقیقات گوناگون از هسته خرما به عنوان محصولات جانبی در صنایع غذایی استفاده می‌شود.۱۰ معمولا رطوبت این نوع هسته خرما حدود ۱۰٪، پروتئین آن حدود ۷٪، انواع روغن موجود در آن حدود ۱۰٪، فیبر بین ۱۰ الی ۲۵ درصد، کربوهیدرات حدود ۵۰٪، خاکستر بین ۰/۵ تا ۲ درصد و ترکیبات پلی فنولی در حدود ۵۰mg/g متغیر است. فیبر هسته خرما معمولا از نوع محلول بوده و فیبر رژیمی (۷۸–۸۰g/۱۰۰g) را دارا می‌باشد. دیگر جز مهم هسته خرما روغن می‌باشد. روغن هسته خرما حاوی اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع است که به ترتیب اسیدهای چرب لوریک و اولئیک اصلی هستند. توکوفرول ها، توکوترینول ها، فیتواسترول ها و ترکیبات فنلی نیز در مقادیر قابل توجهی وجود دارند. این مواد شیمیایی گیاهی ارزش افزوده‌ای به روغن هسته خرما می بخشد که می‌تواند برای بسیاری از کاربردها مانند فرمولاسیون محصولات غذایی، آرایشی و بهداشتی و دارویی استفاده شود [۱۰].

ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در هسته خرما در تحقیقات پیشین نشان داده شده است. فیبر غذایی و آنتی اکسیدان ها می توانند به طور مشترک در روده بزرگ متابولیزه شوند و توسط میکروبیوتای باکتریایی برای ارائه مزایای سلامتی برای انسان استفاده شوند. علاوه بر بهبود سلامت روده، این ترکیبات می تواند اکسیداسیون لیپیدها را مهار کرده و از بیماری قلبی عروقی در شرایط آزمایشگاهی جلوگیری کند [۱۱]. همچنین نشان داده شده است که این ترکیبات سرطان کولورکتال و تومورزایی روده را در مدل موش مهار جدا از ارائه مزایای سلامت محور برای انسان، ترکیبات آنتی اکسیدانی همچنین برای بهبود ماندگاری محصول در سیستم غذایی گنجانده شده است، مانند افزایش ماندگاری ماست و سس سالاد، حفظ در برابر فساد نان و جلوگیری از اکسیداسیون لیپید در ماهی [۱۲–۱٤].

امروزه محصولات نان با آردهای تصفیه شده تهیه می شوند که به دلیل حذف سبوس و جوانه گندم، فاقد مواد مغذی مهم مانند فیبر رژیمی، ویتامین ها، مواد معدنی و آنتی اکسیدان ها هستند[۱۵]. بنابراین نان های تهیه شده از آرد سفید گندم نمی توانند نیازهای روزافزون تغذیه ای و سالم مصرف کنندگان را برآورده کنند. اخیراً روند رو به رشدی برای ترکیب محصول جانبی سبزیجات یا میوه در نان برای بهبود

3 -Phoenix dactylifera L

ارزش‌های تغذیه‌ای و مزایای سلامتی وجود دارد [۱۶]. تولید نان با فیبر غذایی یا پلی فنل های آنتی اکسیدانی طی دو دهه گذشته غنی تواید شده اند [۱۷].

سبوس گندم[4] لایه رویی یا پوسته گندم است که شامل پریکارپ، تستا و لایه های هیالین و آلورون می باشد. از نظر وزنی، کاریوپسیس گندم از پوسته سبوس خارجی ۱۴ تا ۱۶ درصد دانه گندم را تشکیل می‌دهد [۱۸]. سبوس دانه گندم غنی از فیبر، مواد معدنی، ویتامین B6، تیامین، فولات و ویتامین E و برخی مواد شیمیایی گیاهی، به ویژه آنتی اکسیدان ها مانند ترکیبات فنلی هستند. از سبوس در تولید آردهای قهوه‌ای و سبوس‌دار استفاده می‌شود، از این رو برخی از اجزای مغذی با ارزش را حفظ می‌کند که با حذف بیشتر این بخش‌ها در تصفیه آرد سفید، کیفیت نان سفید کاهش می‌یابد [۱۹]. اثرات فیزیولوژیکی سبوس گندم را می توان به اثرات تغذیه ای (از مواد مغذی موجود)، اثرات مکانیکی (عمدتا بر روی دستگاه گوارش، به دلیل محتوای فیبر) و اثرات آنتی اکسیدانی (ناشی از مواد مغذی گیاهی موجود مانند اسید فنولیک و آلکیل رزورسینول ها) تقسیم کرد[۲۰].

در این پژوهش خواص فیزیکوشیمیایی، مکانیکی، حسی و میکروبی نان غنی شده بروتچن با پودر هسته خرما[5] و سبوس گندم با توجه به خواص خمیر و نان از نظر خصوصیات رئولوژیکی (به عنوان مثال، زمان توسعه خمیر، پایداری خمیر، مقاومت در برابر کشش، کشسانی و موارد دیگر نان)، تعاملات پودر هسته خرما، سبوس و اجزای نان با یکدیگر و تاثیر آن بر ویژگی‌های مکانیکی (مانند سختی، حجم نان، رنگ پوسته و درون نان، بافت و خواص حسی) و ویژگی‌های میکروبی (اثر حضور پودر هسته خرما بر رشد کپک و مخمر) را بررسی می‌کنیم.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱ مواد

۲-۱-۱ تهیه پودر هسته خرما

در این تحقیق از هسته‌های خرما از رقم مضافتی استفاده شد. نمونه‌های پنج کیلوگرمی به‌طور تصادفی از دسته‌های خرمای کاملاً رسیده در پایان فصل، بدون هیچ ترجیحی برای اندازه، رنگ، ظاهر یا سفتی جمع‌آوری شد. هسته‌ها ابتدا از خرما جدا و در آب خیسانده، شسته شده تا گوشت میوه خرما از بین رفت و سپس با جریان هوا در دمای اتاق خشک شد و ابتدا با استفاده از آسیاب چکشی به پودر درشت تبدیل و توسط آسیاب آزمایشگاهی (IKA M 20 Universal Mill; IKA werke GmbH Co. KG, Staufen, Germany) آسیاب شد. سپس جهت تهیه پودر ریز با استفاده از الک های آزمایشگاهی (با مش ۴۰، سایز ۱۵۰ میکرون، شرکت آزمان، ایران) جداسازی انجام شد. پودر حاصل در دمای اتاق برای تهیه نان ذخیره شد.

۲-۱-۲ دیگر مواد اولیه

سبوس گندم (شرکت سواهی، تهران، ایران)، آرد گندم (کارخانه آرد مرشدی، تهران، ایران)، نمک طعام (شرکت نمک هدیه، سمنان، ایران) شکر (شرکت نیشکر هف تپه، خوزستان، ایران)، مخمر ساکارومایسز سروزیه (شرکت نیشکر هف تپه، خوزستان، ایران)، روغن (روغن لادن، ایران) و کلیه مواد شیمیایی آزمایشگاهی از شرکت سیگمای آلمان خریداری شد.

۲-۱-۳ تهیه نان بروتچن حاوی آرد هسته خرما و سبوس گندم

4- Bran

5-Date Seed Powder (DSP)

خمیر نان حاوی آرد (۱۰۰ قسمت)، شکر (۲/٤ قسمت)، نمک (۱ قسمت)، مخمر (۰/۸ قسمت) و آب مقطر/دیونیزه (۵۰ قسمت) بود. پودر هسته خرما در سه سطح ۰٪، ۵٪ و ۱۰٪ وزنی/وزنی ماده خشک موجود در فرمولاسیون و سبوس گندم نیز در سه سطح ۰٪، ۲/۵٪ و ۵٪ وزنی/وزنی ماده خشک به فرمولاسیون افزوده شد. مواد را در دستگاه خمیر گیر دارای همزن (Kitchen Aid Kenwood, Great Britain) با سرعت کم به مدت ۳۰ دقیقه و در سه مرحله با هم مخلوط شد تا خمیر یکدستی به دست آمد. خمیر در دو زمان ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه در دمای ٤۰ درجه سلسیوس استراحت کرده و تخمیر شد. سپس خمیر را به ٤ قسمت مساوی تقسیم کرده و در دمای اتاق به مدت ۲۰ دقیقه استراحت دوم داده شد. گلوله‌ها پس از آماده سازی فر در دمای ۲۵۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۱۵٪ به مدت ۲۰ دقیقه پخته شدند. نان ها بر روی طوری فلزی در دمای اتاق خنک شده، در کیسه های پلی اتیلن قرار گرفتند و تا زمان استفاده نگهداری شدند.

۲-۲ آزمون‌ها

۲-۲-۱ آزمون‌های پودر هسته خرما

در تجزیه و تحلیل شیمیایی و فیزیکی پودر هسته خرما، رطوبت (A۱٦-٤٤)، پروتئین به روش کلدال (۱۳-٤٦)، خاکستر (۰۷-۰۸)، چربی (۱۰-۳۰)، گلوتن مرطوب (۱۱-۳۸) و فیبر خام (۱۰/۰۱- ۳۲) بر اساس روش های استاندارد AACC (۲۰۰۰) تعیین شد [۲۱].

۲-۲-۲ بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نان بروتچن حاوی پودر هسته خرما و سبوس

وزن نمونه‌ها پس از تولید و سرد شدن کامل در دمای اتاق به روش یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) با اندکی تغییر انجام شد. ابتدا نمونه‌ها بر روی ترازوی آزمایشگاهی دیجیتال ٤ صفر (شرکت Sartorius، کشور آلمان) در سه تکرار وزن شد. سپس حجم ویژه نمونه‌ها به روش مونتریو و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییر اندازه گیری شد [۲۲]. نمونه ها در ابعاد بالاتر از ۳/۵ cm^3/g برش داده شد. برخی آنالیزها مانند فالینگ نامبر (۸۱-۵٦) بر اساس روش AACC (۲۰۰۰) انجام شد [۲۰]. تجزیه و تحلیل رطوبت در نان بر اساس AACC و به روش ۱۹-٤٤، تجزیه و تحلیل خاکستر خام بر اساس روش ۰۱-۰۸ و چربی (۱۰-۳۰) انجام شد. تعیین میزان گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن بر اساس روش ۱۲-۳۸ با استفاده از دستگاه های Glutomatic-2200 و (Perten Instruments AB, Huddinge, Sweden) Glutork 2020 تعیین شد. مقدار فالینگ نامبر با استفاده از روش ۸۱b-۵٦ اندازه گیری شد. آزمایش رسوب گذاری زلنی بر اساس روش یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) انجام شد. تعیین مقادیر ته نشینی تاخیری، متفاوت از آزمون ته نشینی زلنی، با اندازه گیری پس از افزودن برم فنل بلو و باقی ماندن به مدت ۲ ساعت تعیین شد [۲۱]. همچنین بیاتی نان پس از ۷ روز نگهداری از فرمول ۱ تعیین شد:

$$BS_d = \frac{H_{7d} - H_{1d}}{H_{1d}} \times 100 \qquad (۱)$$

که H_{1d} نتیجه سنجش سفتی در روز اول، H_{7d} نتیجه سنجش سفتی در روز هفتم، BS_d برابر با درصد بیاتی است [۲۳].

در آزمون رنگ سنجی بخش پوسته و داخلی نان جداگانه با دستگاه هانترلب (HUNTERLAB-D25-9000، ایالات متحده آمریکا) انجام شد. شاخص L^* [(۰) سیاه-(۱۰۰) سفید]، شاخص a^* [مقادیر(+) قرمز- مقادیر(-) سبز] و شاخص b^* [مقادیر (+) زرد- مقادیر(-) آبی]. اندازه ذرات به کمک میکرومتر دیجیتال (شرکت Mitutoyo، کشور ژاپن) به روش لاپچیکوا و همکاران (۲۰۱۹) با کمی تغییر اندازه گیری شد. به صورتی که ابتدا ۱ قطعه ۱×۱ میلی متر مربع از مرکز هر نمونه بریده و جداسازی شد. پس از کالیبره کردن دستگاه، نمونه را در بخش مخصوص قرار داده و با پیچ

مخصوص تا جای ممکن سفت می کنیم و عدد نشان داده شده بر روی نشانگر دیجیتال اندازه ذرات است. این آزمون در سه تکرار انجام شد[۲٤].

آزمون فعالیت آبی توسط دستگاه a_w meter (شرکت Novasina، کشور آلمان) به روش ژائو و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییرانجام شد. در این روش قطعه ۵×۵ میلی متر مربع از بخش مرکزی نان برش داده شد و پس از روشن شدن دستگاه و انتخاب برنامه مربوطه در بخش مخصوص قرار داده و درب دستگاه را بستیم. پس از ثابت شدن عدد نشان داده شده بر روی نمایشگر دیجیتال، از آن به عنوان عدد فعالیت آبی نمونه استفاده می کنیم [۲۵].

۲-۲-۳ بررسی پارامترهای فارینوگراف و اکستنسوگراف

ظرفیت نگهداری آب (بر حسب درصد)، زمان رسیدن خمیر[6] (بر حسب دقیقه)، پایداری[7] (بر حسب دقیقه) و درجه نرم شدن نان[8] (۱۲ دقیقه پس از حداکثر مقدار روی منحنی) در نمونه‌ها بر اساس روش AACC (٥٤-۲۱) توسط دستگاه فاریونوگراف انجام شد (دستگاه Brabender، کشور آلمان). مقاومت خمیر در برابر کشش[9]، حداکثر مقاومت خمیر[10]، کشش پذیری[11] و مقادیر انرژی[12] با استفاده از همان دستگاه و همان روش اندازه کیری شد. در هر دو آنالیز بر اساس ۳۰۰ گرم آرد بودند [۲۰].

۲-۲-٤ بررسی خصوصیات مکانیکی نان

تجزیه و تحلیل پروفایل بافت نان[13] در دمای اتاق با استفاده از دستگاه HOUNSFIELD/H5KS (کشور انگلستان) انجام شد. نمونه برداری و اندازه گیری با برش و برداشتن ثلث بالایی نان و از بخش میانی نان انجام شد. پروب اندازه گیری در وسط برش‌های نان قرار گرفت و از ناحیه نزدیک به پوسته اجتناب کرد. ضخامت هر تکه نان حدود ۱۰۰ میلی متر بود. تنظیمات اعمال شده پروب استوانه ای اکریل قطری ۳۵ میلی متر، کرنش ۵۰ درصد، سرعت ۵ میلی متر بر ثانیه و زمان انتظار ۵ ثانیه بین دو اندازه گیری بود. سفتی[14]، انسجام[15] و خاصیت فنری بودن[16]، تاب آوری[17]، جویدن[18] و خاصیت چسبندگی[19] پارامترهای اصلی بافت نمونه بودند. این آزمون در روزهای اول، سوم و هفتم نگهداری نمونه‌ها انجام شد[۲٦].

۲-۲-۵ آزمون حسی

گروه ارزیابی حسی به روش هدونیک شامل ۱۵ نفر (۱۰ زن و ۵ مرد، بین ۲۵ تا ٤٦ سال که در این زمینه آموزش ندیده‌اند) نمونه‌های نان را مورد ارزیابی قرار دادند. ارزیابان یک برش کامل از نمونه را بدون هیچ گونه شناخت و به صورت کور دریافت کردند و از آنها خواسته شد تا شدت ٤ ویژگی اصلی حسی را ارزیابی کنند [۲۷]. برای ویژگی ظاهری رنگ پوسته و بخش درونی و نیز تخلخل نان، برای طعم شیرینی و شوری نان، برای عطر و مزه میزان پذیرش پودر هسته خرما و سبوس و نیز برای بافت میزان چسبندگی،

6- Dough Development Time

7- Stability

8- Degree of Softening

9- Resistance to Extension

10 -Dough's Maximum Resistance

11 -Extensibility

12 -Energy

13 -Texture Profile Analysis (TPA)

14 -Hardness

15 -Cohesiveness

16 -Springiness

17 -Resilience

18 -Chewiness

19 -Gumminess

لاستیکی بودن و لطافت نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.. نمونه ها با کدهای ۳ رقمی روی صفحات پلاستیکی سفید زیر نور سفید در دمای اتاق سرو شدند.

۲-۳ تجزیه و تحلیل آماری

داده های دریافتی با نرم افزار IBM SPSS Statistics (۲۵/۰/۲/۲، ایالات متحده آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل شد. تفاوت معنی داری بین گروه های اندازه گیری شده با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد. پس از نرمال بودن و آزمون همگنی انحراف معیار از آزمون Tukey HSD استفاده شد. تجزیه و تحلیل تشخیص خطی (LDA) برای بررسی تفکیک پذیری هر نوع نان انجام شد. داده های آزمون حسی با استفاده از ANOVA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در صورت وجود تفاوت معنادار، آزمون توکی با سطح ۵ درصد معناداری به کار گرفته شد. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار صورت پذیرفتند.

۳-نتایج و بحث

۳-۱ ویژگی‌های پودر هسته خرما

ویژگی‌های میزان ماده خشک، رطوبت، خاکستر، پروتئین، کربوهیدرات کل، محتوای فیبر، چربی و ویژگی‌های چربی پودر هسته خرمای مضافتی در جدول ۱ نشان داده می‌شود. میزان رطوبت آن بسیار کم و در حدود ۲٪ بود که نشان از عدم امکان ایجاد بستری مناسب جهت آلودگی میکروبی و یا امکان ایجاد فساد شیمایی دارد. مقدار پروتئین موجود در پودر هسته خرما ۸/۹٪ بود که در مقایسه با تحقیق مرابت و همکاران (۲۰۱۵) که از سه رقم دیگر آزمون گرفته بودند نزدیک به ٤٪ بیشتر بود. ارزیابی فیبر موجود در هسته خرمای مضافتی نشان از حضور ۲۸ درصدی داشت [۹]. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کرده بودند که در میان دو رقم مضافتی جیرفت و بم اختلاف معنی داری در مقدار پروتئین بود. در هسته خرمای بم این مقدار بیش از ۲۸ ٪ بود در حالی که در هسته خرمای جیرفت کمتر از ۲٦ ٪ را نشان داد. در دیگر ارقام ساویا و همکاران (۱۹۸٤) میزان فیبر رژیمی در هسته خرمای روزیز و سیفری را حدود ۲۲ درصد و دوشنونی و همکاران (۱۹۹۲) در خرمای زاهدی و مجول در حدود ٪۱٦ گزارش کردند. این عامل می‌تواند علاوه بر واریته خرما به مراحل رسیدگی، عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی باشد. حضور بالای فیبر رژیمی در پودر هسته خرما که در بیماران دیابتی، بیماران دستگاه گوارش به ویژه گروهی که از مشکلات کولون رنج می‌برند می‌تواند کمک شایانی به پیشگیری از مشکلات بعدی یا پیشرفت بیماری آنها بکند. میزان فیبر رژیمی پودر هسته خرما از هسته خرما مضافتی بیشتر است که آن را به عنوان یکی از ارکان فرمولاسیون مواد غذایی رژیمی تبدیل می‌کند [۲۸-۳۰]. بررسی میزان چربی پودر هسته خرمای مضافتی ۷/۰۹٪ بود که در ویژگی‌های مهم آن عدد پراکسید ۰/۲ که مشابه نتایج سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) بود[۳۰]. اما در فعالیت آنتی اکسیدانی ۲۳۹۷٤٥/۹ میلی مولار آسکوربیک اسید در صد گرم پودر هسته خرما را نشان داد. این رقم خرما در نتایج سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) ۱۹٤٤۸۸/٦ و ۲٤۸۱٦٦/۷ میلی مولار آسکوربیک اسید در صد گرم پودر هسته خرمای مضافتی بم و جیرفت بود. هرچند نوع خرمای مضافتی مورد استفاده ما نیز بم است اما داده ها تفاوت معنی داری دارد که نشان از بالاتر بودن ترکیبات پلی فنلی و فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی دارد [۳۰]. اما مقدار ۱۸٤۷٦/۹ میلی ایکی والان گرم پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن از ترکیبات فنلی در مقایسه با ۱۹٤٤۸۸/٦ میلی ایکی والان گرم پراکسید در ۱۰۰۰ گرم روغن نشان از کمتر بودن ترکیبات فنلی دارد. لذا احتمالا در ترکیبات پلی فنلی تفاوت معنی داری را داشته ایم [۳۱].

۳-۲ نتایج بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نان

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان بروتچن حاوی پودر هسته خرما و سبوس در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس

نتایج حجم نان با افزایش نسبت پودر هسته خرما افزایش معنی دار یافت (p>۰/۰۵). به طوری که در نمونه شاهد با تخمیر ۹۰ دقیقه این مقدار ٤١١/٢١ سی سی به ٤٨٥/٥٧ سی سی افزایش یافت. این موضوع به تاثیر حضور پودر هسته خرما در تیمارهای DKP10%-B0% و DKP5%-B5% در هر دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه بر تخمیر نان و افزایش کارایی مخمر ساکارومایسز سروزیه مربوط است که در تحقیقات اونوار و همکاران (۲۰۱۳) نیز نتایج مشابه کسب شد [۳۲]. در مورد وزن خمیر نیز به علت جرم حجمی بالا و قدرت جذب آب بیشتر سبوس گندم و پودر هسته خرما شاهد افزایش وزن خمیر از ۱۲۹/٥٤ گرم در نمونه شاهد به ۱۳۷/۸۹ گرم در نمونه DKP10%-B5% در زمانهای تخمیر ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه و رشد ٦ درصدی هستیم. میزان رطوبت نان پخته شده در پس از خنک شدن با افزایش هر دو متغیر افزایش معنی داری را نشان نداد و با افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس تنها ۱٪ افزایش نشان داد. از آنجایی که زمان استراحت خمیر بر رطوبت اثری ندارد تنها در زمان ۹۰ استراحت آزمون رطوبت سنجی انجام شد. رطوبت نان در هنگام نگهداری هنگامی که کمتر از ۱۵٪ باشد امکان فساد شیمیایی مانند اکسید شدن چربی و رشد کپک و باکتری‌ها را به حداقل می‌رساند [۳۳]. افزایش خاکستر با رشد نسبت سبوس و پودر هسته خرما به میزان فیبر نمونه‌ها باز می‌گردد. زمان تخمیر در این مورد تاثیر معنی داری نداشت و نمونه DKP10%-B5% بیشترین میزان خاکستر را نشان داد. البته این افزایش نباید به ۵٪ کل نان برسد چرا که موجب ایجاد بافت بسیار سفت و کاهش انعطاف پذیری نان می‌شود. از طرفی با تغییر نسبت آرد و پودر هسته خرما و سبوس، میزان پروتئین کاهش می‌یابد که به علت کم بودن میزان پروتئین در هر دو متغییر است. با افزایش پودر هسته خرما از صفر به ۱۰٪ در نمونه DKP10%-B۰% ماده خشک نان تاثیر بیشتری بر افزایش درصد فیبر کل را شاهد هستیم (افزایش حدود ۲٪)، اما با افزایش سبوس از سطح صفر به ۵٪ ماده خشک نان در نمونه DKP0%-B5% این افزایش تنها ۰/۵٪ افزایش را نشان داد (p>۰/۰۵) [۲۷]. با توجه به حضور ۲۸٪ فیبر در پودر هسته خرما و تنها ۸٪ در سبوس گندم، این افزایش مطابقت دارد. میزان فعالیت آبی یا تغییر سطوح متغیرهای مورد اشاره تفاوت معنی داری مشاهده نشد(p<۰/۰۵). یوکسل و همکاران در افزودن پودر هسته خرما به فرمولاسیون آرد خود شرایطی مشابه را مشاهده کردند. مدت زمان تخمیر نیز بر این مورد تاثیر معنی داری نداشت و تقریبا ثابت بود. اندازه ذرات در نان پخته شده با افزایش۱۰۰ میکرومتری مواجه شد و تفاوت معنی داری با نمونه شاهد داشت. این تغییر به سبوس گندم باز میگردد. کورتی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند افزایش اندازه ذرات حاصل از سبوس گندم موجب افزایش رطوبت نان نیز می‌شود. اما با توجه به افزایش اندک سبوس (۵٪ کل ماده خشک) رطوبت به میزان اندکی افزایش یافت [۲۷]. افزایش سطح پودر هسته خرما که دارای چربی بیشتری نسبت به آرد گندم موجب کاهش درجه بیاتی پس از ۷ روز شد. به طوری که میزان بیاتی از ۸۲/۵٪ در نمونه DKP0%-B0% با ۹۰ دقیقه زمان استراحت به ۸۵/۵ ٪ در نمونه DKP10%-B0% افزایش یافت. یکی از علل آن می‌تواند به عدم توازن میزان پودر هسته خرما و آب موجب در خمیر و کاهش میزان آب به مقدار کمتر از ۸۵٪ ماده خشک باشد [٢٤]. سبوس گندم نیز ابتدا موجب افزایش بیاتی نان به ۹۲/٤١٪ در نمونه DKP0%-B2.5% شد اما در نمونه DKP0%-B5% با ۵٪ سبوس به ۸۰٪/۷۲ رسید که افزایش اولیه به همان علت یاد شده بود. این امر نشان داد که افزایش سطح سبوس می‌تواند موجب جلوگیری از بیاتی نان داشته باشد اما طبق نتایج کورتی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش سبوس بیش از ۵٪ در نان‌های حجیم موجب تغییر بافت و بیاتی بیشتر نان می‌شود [۲۷]. افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس گندم موجب

کاهش درجه بیاتی نان از ٦۲/۹۹٪ به حدود ٦۰٪ شد. مدت زمان تخمیر نیز بر این امر تاثیر معنی داری گذاشت. کاهش این درصد در حضور هر دو متغیر پودر هسته خرما و سبوس گندم در مدت زمان تخمیر ۱۸۰ دقیقه نتایج بهتری نسبت به ۹۰ دقیقه زمان استراحت و تخمیر را نیز نشان داد (از حدود ٦۰٪ به حدود ۵۵٪ کاهش نشان داد). افزایش زمان تخمیر موجب ایجاد فضای تخلخل اولیه بیشتر و نیز پیوندهای هیدروژنی بیشتری در بافت خمیر نان می‌شود. این امر کاهش بیاتی نان را که در اثر بهبود ویژگی سفتی نان در زمانهای اولیه و انتهای نگهداری است را به دنبال دارد [۲۳].

ویژگی های رنگ ماده خام مورد استفاده در محصول نهایی منعکس می شود و یکی از مهم ترین عوامل موثر بر انتخاب مصرف کننده، ویژگی بصری محصول است. وجود رنگدانه‌هایی مانند کاروتن‌ها در آرد موجب ایجاد رنگ نارنجی تیره مایل به قهوه‌ای روشن در نان پخته شده می شود. همین امر موجب تیره شدن پوسته نمونه نان شاهد شد (جدول۳). از طرفی وجود رنگدانه‌های فلاوونوییدی و فنولی تغییر رنگ از نارنجی تیره به قهوه‌ای تیره را موجب می‌شود [۳۲]. در بررسی رنگ پوسته و بخش درونی نمونه‌ها مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه‌های دارای پودر هسته خرما و سبوس گندم وجود دارد ($p>۰/۰۵$) و مشخص شد که مقدار روشنایی (L^*) پوسته و بخش داخلی نان به موازات افزایش میزان پودر هسته خرما و سبوس گندم کاهش می یابد. بیشترین پارامتر رنگ مورد استفاده و گزارش شده برای تجزیه و تحلیل رنگ پوسته نان در مختصات L^* است، به دلیل ارتباط آن با درخشندگی پوسته [۳۲]. از سوی دیگر، مقدار a^* که در قسمت پوسته با افزایش نسبت پودر هسته خرما افزایش یافت ($p>۰/۰۵$)، اما در حضور سبوس گندم این افزایش بیشتر بود. در بخش درونی نیز این روند حاکم بود که با نتایج یوکسل و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت داشت (جدول۳). دلیل این وضعیت ممکن است به دلیل واکنشی باشد که به دلیل واکنش میلارد که در هنگام پخت روی سطح نان رخ می دهد ایجاد می شود. شاخص b^* در کل با کاهش مواجه شد که نشان دهنده تمایل رنگ بخش‌های پوسته و درونی نان به سمت زردی و قهوه‌ای شدن به دلیل واکنش میلارد مورد اشاره است [۲۱, ۳٤].

فالینگ نامبر، گلوتن، شاخص گلوتن، ته نشینی زلنیی و آزمایش ته نشینی تاخیری را نمی توان در آرد با افزودن پودر هسته خرما به دست آورد. پودر هسته خرما از نظر ترکیب با آرد حاصل از گندم یا سایر غلات متفاوت است. بنابراین، با توجه به محتوای گلوتن متفاوت و پتانسیل تشکیل شبکه گلوتن در آردهای افزوده شده با پودر هسته خرما، نمی توان از آزمایشات مورد اشاره به نتایج مطلوب دست یافت. اما با حضور سبوس گندم شاخص گلوتن افزایش معنی داری نشان داد ($p>۰/۰۵$). ته نشینی زلنی و تاخیری نیز افزایش معنی داری یافت ($p>۰/۰۵$) [۲۱, ۳٤].

۳-۳ نتایج بررسی پارامترهای فارینوگراف و اکستنسوگراف

تجزیه و تحلیل فارینوگرافی اطلاعات مهمی را برای ارزیابی ساختار گلوتن و قدرت آرد، و همچنین خواص پردازش و کیفیت خمیر ارائه می‌دهد. نتایج آزمایش فارینوگرافی برای ارزیابی عواملی مانند مقاومت خمیر، قابلیت انبساط، ظرفیت انبساط، ظرفیت نگهداری آب و کارایی کلی مورد استفاده قرار گرفت. برخی از پارامترها (جذب آب، زمان توسعه، پایداری و درجه نرم شدن) تجزیه و تحلیل فارینوگراف در جدول ٤ نشان داده شده است. زمان پایداری با قدرت آرد و دیگر مواد جامد در ارتباط است. زمان‌های پایداری طولانی معمولاً برای تولید انواع نان مناسب‌تر است و اغلب به زمان‌های اختلاط طولانی‌تری نیاز دارند. مشاهده می شود که با افزایش مقدار پودر هسته خرما و سبوس گندم در مخلوط آرد، مقدار زمان توسعه و پایداری خمیر ($p>۰/۰۵$) افزایش می یابد. مدت زمان استراحت وقتی دوب رابر شد این

افزایش بسیار بیشتر شد که بر اساس نتایج فررا و همکاران (۲۰۲۰) نشان از تاثیر زمان استراحت بر پایداری خمیر دارد به طوری که بیش از ۱۲۰ دقیقه موجب ایجاد ساختار بسیار منظم توسط مخمر ساکاروکایسز سروزیه می‌شود [۳۵]. هرچند در هیچ تیماری این زمان به ۱٦ دقیقه نرسید که به اندازه ذرات پودر هسته خرما و سبوس گندم مربوط است[۳٦]. همچنین همبستگی معنی داری بین زمان پایداری و حجم نان مشاهده شد($P<۰/۰۵$). از سوی دیگر شاخص نرم شوندگی نمونه‌ها با افزودن سبوس گندم و پودر هسته کاهش یافت که موجب افزایش ماندگاری نان می‌شود[۳۷]. در حضور سبوس گندم مقدار نرم شدن کاهش کمتری یافت اما با حضور پودر هسته خرما این کاهش افزایش یافت. زمان تخمیر ۱۸۰ دقیقه و حضور حداکثری دو متغیر موجب شد تا کمترین میزان نرم شوندگی ثبت شود. اقبال و همکاران (۲۰۱۵) بیان کرد که زمان توسعه خمیر تحت تأثیر غلظت و کمیت پروتئین گندم است. مدت زمان طولانی توسعه خمیر یک خاصیت مطلوب برای نان است [۳۸]. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که افزودن پودر هسته خرما، سبوس و افزایش زمان تخمیر به ۱۸۰ دقیقه تأثیر مثبتی بر زمان توسعه خمیر دارد. ظرفیت نگهداری آب و پایداری بالا ویژگی مورد نیاز نانوایان است زیرا فرآوری خمیر را تسهیل می کند [۳۹]. همچنین آیدوگان و همکاران (۲۰۱۲) روابط معنی داری بین ظرفیت نگهداری آب بالاتر از٦۰٪ و خواص روئولوژیکی و مکانیکی یافتند [٤۰]. به طوری که هرچه این شاخص افزایش یابد، مدت زمان ماندگاری افزایش، بیاتی کاهش و سفتی نان نیز در حد بهینه خود می‌ماند [٤۱]. افزایش نسبت هر دو متغیر تاثیر معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب نداشت ولی افزایش زمان تخمیر توانست افزایش معنی داری را در این شاخص داشته باشد. علاوه بر این، با افزایش نسبت PKP، پایداری نیز افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد رئولوژی خمیر تأثیر مثبتی دارد. آرد با کیفیت بالا را با ظرفیت نگهداری آب بالا و درجه نرم شدن کم نشان می دهد [٤۲]. یافته های به دست آمده در این مطالعه نیز مؤید اطلاعات ارائه شده در مطالعات قبلی است.

اثرات متفاوت افزایش پودر هسته خرما و سبوس گندم مورد مطالعه در تمایز مقاومت خمیر در برابر کشش بیشتر آشکار شد. با افزایش مقدار پودر هسته خرما، افزایش مقاومت در برابر کشش و مقادیر حداکثر مقاومت و کاهش در مقادیر انرژی و کشش مشاهده شد (جدول ٤). اما مشخص شد که این تغییر از نظر آماری معنی دار نبود ($p<۰/۰۵$). زمان تخمیر بر تمام موارد بی اثر بود. حضور بیش از حد فیبر (بالای ۲۲٪) در پودر هسته خرما باعث کاهش کشش پذیری و ارزش انرژی خمیر شد (جدول ٤). لذا افزایش درصد این پودر باعث افزایش مقاومت به کشش شد و در همین راستا انرژی مورد نیاز نیز کاهش یافت [۲۹].

۳-٤ بررسی خصوصیات مکانیکی نان

نتایج اندازه‌گیری‌های پارامترهای پروفایل بافت نان در طول آزمایش ماندگاری طی روزهای اول، سوم و هفتم در جدول ۵ ارائه شده است. به طور کلی، می‌توان مشاهده کرد که نمونه DKP10%-B5%-FT3 به طور قابل‌توجهی ($p>۰/۰۵$) سختی بالاتر اما انسجام کمتری در طول کل مطالعه داشت. DKP0%-B0%-FT1.5 بدون پودر هسته خرما و سبوس گندم با ۹۰ دقیقه زمان استراحت در روز ۱ به طور قابل توجهی نرم تر بود، اما تفاوت معنی داری با DKP0%-B0%-FT3 در ۱۸۰ دقیقه زمان استراحت در روز بعد داشت به طوری که نرم ترین نان موجود در روز نخست نمونه شاهد با ۱۸۰ ذقیقه تخمیر بود. DKP0%-B5%-FT3 در پایان دوره نرم‌ترین نان دارای پودر هسته خرما بود اما در پایان روز هفتم تخمیر ۹۰ دقیقه ای نان‌های با سفتی بیشتری را دارا بودند.

انسجام زیاد منجر به عدم تجزیه در حین جویدن می شود، در صورت انسجام کم نان خرد می شود. مور و همکاران (۲۰۰٤) کاهش انسجام ($p < ۰/۰۱$) در نمونه‌های نان بدون گلوتن را پس از دو روز ذخیره‌سازی را تجربه کرد [٤۳, ٤٤]. در این مطالعه، تمام نمونه‌های نان بروتچن دارای پودر هسته خرما و سبوس در دو زمان استراحت ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه در طول آزمایش ذخیره‌سازی ۷ روزه در مقایسه با نمونه نان تیمار مبتنی بر گندم، انسجام کمتری داشتند. در مورد نمونه‌های زمان استراحت ۱۸۰ دقیقه همراه با سبوس گندم و پودر هسته خرما،DKP10%-B5%-FT3 دارای کمترین میزان انسجام است. در مقایسه با تیمارهای -DKP10% B2.5%-FT3 (مقدار سبوس گندم نصف نمونه قبل) و DKP10%-B0%-FT1.5 (فاقد سبوس گندم) میزان انسجام کاهش معنی داری یافته است. هرچند در کل همانطور که اشاره شد افزودن پودر هسته خرما و سبوس گندم به دلیل اندازه ذرات بالا موجب کاهش انسجام از ۰/۳۱ در نمونه شاهد به ۰/۲۱ در نمونه آخر شد [٤٥].

در نان، خاصیت فنری بودن با تازگی همراه است و محصولات با ارزش پایین با شکنندگی و ایجاد خرده نان مرتبط هستند. بنابراین، داشتن ارزش فنری بالا در طول عمر مفید مورد نظر است. در این مطالعه، نمونه -DKP10% B5%-FT1.5 به طور قابل‌توجهی ($p > ۰/۰۵$) فنری کمتری را در طول آزمایش ذخیره‌سازی ۷ روزه در مقایسه با سایر نمونه‌های نان نشان داد. سطح فنری روز به روز کاهش یافت، اما در روز هفتم، همه نمونه‌ها بجز نمونه -DKP10%-B5% FT1.5 (۸٤ ٪) توانستند بالای ۸۵٪ را ثبت کنند. در مقایسه با تحقیق توث و همکاران (۲۰۲۲) که در بهترین حالت توانستند به ۸۰٪ دست یابند نتایج نشان از بافت مناسب نان بعد از ۷ روز دارد (جدول ۵).

ویژگی ارتجاعی شروع کشش نمونه را مشخص می کند و از نسبت سطح زیر منحنی نیمه دوم چرخه اول به نیمه اول چرخه محاسبه می‌شود [۲۷]. کاهش فنری بودن و خاصیت ارتجاعی منعکس کننده تغییر بافت و ایجاد خرده نان است [٤٦]. نان‌های بروتچن شاهد (DKP0%-B0%-FT1.5 و DKP0%-B0%-FT3) بیشترین خاصیت ارتجاعی را در روزهای اول تا هفتم (٤۰ و ٤۱ در روز نخست،۳۱ و ۳۷ در روز هفتم) داشتند. در مقایسه با سایر تیمارها، نمونه‌های دارای سبوس گندم و پودر هسته خرما در بیشترین مقادیر خود دارای کمترین خاصیت ارتجاعی (۱۷ در روز هفتم) بودند. تفاوت زمان استراحت موجب ایجاد تفاوت معنی دار در تمام نمونه ها نشد به طوری که در مورد دو تیمار اشاره هر دو یک عدد را نشان دادن اما در مقادیر کمتر مانند این تفاوت معنی دار ($p >۰/۰۵$) بود.

در مورد خاصیت جویدن و چسبندگی نمونه‌های فاقد پودر هسته خرما و سبوس گندم نتایج بهتری را ارائه کردند. در خاصیت جویدن با توجه به کاهش انسجام، نیروی کمتری با افزایش پودر هسته خرما و سبوس گندم نیاز بود و مقادیر این آزمون در طول زمان یک هفته‌ای و نیز با افزایش مقادیر دو متغیر کاهش معنی داری داشت. از سوی دیگر چسبندگی محصول به دلیل سفتی بیشتر نمونه‌های پودر هسته خرما و سبوس گندم افزایش معنی داری در طول یک هفته داشت.

۳-۵ آزمون حسی

میانگین رتبه‌بندی بررسی کننده‌ها برای ۱۵ توصیفگر حسی ۱۸ نمونه نان در جدول ٦ ارائه شده است. تمام نمونه‌ها با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی داری را نشان داد. در مجموع کمترین امتیاز برای نمونه DKP10%-B5%-FT1.5 با بیشترین سطح پودر هسته خرما و سبوس گندم در ۹۰ دقیق زمان استراحت بود و بعد از آن DKP10%-B5%-FT3 با ٤/۲ بود. اما هیچ تیماری در مجموع امتیازات از سطح خوب

(٤) پایین‌تر نیامد. تغییر ویژگی‌های ظاهری مانند رنگ پوسته و درون نان و نیز تخلخل موجود در نمونه‌ها با افزایش سطوح پودر هسته خرما و سبوس گندم موجب کاهش امتیاز توصیفگران شد اما در سطح خوب (٤) ماند. ویژگی طعم اما با کاهش در سطح مناسب (٣) برای شوری و خوب (٤) برای شیرینی موجب شد کمترین امتیاز به DKP10%-B5%-FT3 تعلق داشته باشد. با افزایش سطوح متغیرها میزان اقبال از عطر و احساس نمونه‌ها کاهش یافت. در مورد بافت نیز همین روند مشاهده شد.

٤-نتیجه گیری

پودر هسته خرما در جهان هنوز به عنوان ضایعات و یا در بهترین حالت به عنوان غذای دام استفاده می‌شود در حالی که دارای درصد فیبر بالا و امکان بهره‌گیری از آن در بخش‌های مختلف صنعت غذا هست. نان بروتچن یک نان حجیم است که مانند همه نان‌های حجیم دیگر با تغییر فرمولاسیون آن امکان کاهش کیفت ظاهری، بافت و تغییر در عطر و طعم وجود دارد. اما حضور پودر هسته خرمای مضافتی و سبوس گندم با توجه به درصدهای استفاده شده در تحقیق نشان دادند که ویژگی‌های فیزوکوشیمیایی، مکانیکی و حسی نان و همچنین ویژگی‌های خمیر بجز چند مورد اگرچه افت داشت اما کیفیت نان همچنان حفظ شد. در تیمار DKP١-B5%-FT3 خواص فیزیکی نان نشان از عدم افت شدید در مقدار پروتئین، افزایش خاکستر، رطوبت و نیز اندازه ذرات نبود. اگرچه مقدار اندازه ذرات افزایش داشت که حاصل حضور پودر هسته خرما و سبوس گندم بود، اما مورد قبول آزمون گران آرمون حسی بود و نیز نشان داد که در آزمون پروفایل بافت نان تاثیر منفی زیادی نگذاشته و بافت نان تا حدودی حفظ شد. یکی از مهمترین ویژگی‌های افزودن دو متغیر ذکر شده به نان بروتچن کاهش بیاتی طی ٧ روز نگهداری بود که نشان از افزایش ماندگاری و افزایش ارزش تجاری محصول در تیمار DKP5%-B5%-FT3 را دارد. در بررسی خمیر نان نیز شاهد افزایش مواردی مانند زمان توسعه و پایداری در نمونه DKP5%-B5%-FT3 بودیم که خود کمک به بهبود بافت و ساختار نان می‌کند. در بررسی ویژگی‌های فیزیکی مشخص شد که با گذشت ٧ روز در مقایسه با نمونه شاهد، زمان تخمیز ١٨٠ دقیقه نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. پذیرش حسی در مورد رنگ و طعم محصول نیز نسبت به شاهد تغییر داشت اما در درصدهای بالاتر سبوس گندم و پودر خرمای مضافتی خوب بود. در کل با توجه به تمام نتایج نمونه DKP5%-B5%-FT3 نتایج مناسبی را داشت و می‌تواند به عنوان یک محصول صنعتی به بازار عرضه گردد.

٥-منابع

[1] Mondal, A. and A. Datta, *Bread baking–A review.* Journal of food engineering, 2008. **86**(4): p. 465-474.

[2] Fuentes-Zaragoza, E., et al., *Resistant starch as functional ingredient: A review.* Food Research International, 2010. **43**(4): p. 931-942.

[3] Phillips, G.O. and S.W. Cui, *An introduction: Evolution and finalisation of the regulatory definition of dietary fibre*. 2011, Elsevier. p. 139-143.

[4] Gómez, M., et al., *Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes.* LWT-Food Science and Technology, 2010. **43**(1): p. 33-38.

[5] Angioloni, A. and C. Collar, *Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads.* LWT-Food Science and Technology, 2011. **44**(3): p. 747-758.

[6] Dreher, M.L., *Dietary fiber overview*, in *Handbook of dietary fiber*. 2001, CRC Press. p. 1-16.

[7] Juntunen, K.S., et al., *Postprandial glucose, insulin, and incretin responses to grain products in healthy subjects.* The American journal of clinical nutrition, 2002. **75**(2): p. 254-262.

[8] Scazzina, F ,.S. Siebenhandl-Ehn, and N. Pellegrini, *The effect of dietary fibre on reducing*

[20] Committee, A.A.o.C.C.A.M., *Approved methods of the American association of cereal chemists*. Vol. 1. 2000: American Association of Cereal Chemists.
[21] YÜKSEL, Y. and M.K. DEMİR, *Investigation of the effect of using palm kernel powder in bread flour on quality parameters of flour.* International Journal of Secondary Metabolite, 2023 :(٤)١٠ .p. 545-554.
22] Monteiro, J.S., et al., *A systematic review on gluten-free bread formulations using specific volume as a quality indicator.* Foods, 2021. **10**(3): p. 614.
[23] Różyło, R., et al., *Physical properties of gluten-free bread caused by water addition.* Int. Agrophys, 2015. **29**(3): p. 353-364.
[24] Lapčíková, B., et al., *Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics.* Food chemistry, 2019. **297**: p. 124938.
[25] Zhao, B., et al., *Quality evaluation of steam reheated frozen steamed bread.* LWT, 2021. **150**: p. 112074.
[26] Hejri-Zarifi, S., et al., *Dough performance, quality and shelf life of flat bread supplemented with fractions of germinated date seed.* Journal of Food Science and Technology, 2014. **51**: p. 3776-3784.
[27] Curti, E., et al., *Effect of the addition of bran fractions on bread properties.* Journal of Cereal Science, 2013. **57**(3): p. 325-332.
[28] Devshony, S., E. Eteshola, and A. Shani, *Characteristics and some potential applications of date palm (Phoenix dactylifera L.) seeds and seed oil.* Journal of the American Oil Chemists' Society, 1992. **69**(6): p. 595-597.
[29] Sawaya, W., J. Khalil, and W. Safi, *Chemical composition and nutritional quality of date seeds.* Journal of Food Science, 1984. **49**(2): p. 617-619.
[30] SOLAIMANI, D.N., T.A. GOLSHAN, and A.S. YASINI, *Investigating antioxidant activity, polyphenols content, pigments and total crude fiber of date pits of Mazafati and Kalutah varieties in Kerman province.* 2016.
[31] Platat, C., et al., *Identification of date seeds varieties patterns to optimize nutritional benefits of date seeds.* J. Nutr. Food Sci. S, 2014. **8**(2): p. 1-8.
[32] Ünüvar, A., *Menengiç (Pistacia terebinthus L.) ve bazı ekmek katkı maddelerinin the glycaemic index of bread.* British Journal of Nutrition, 2013. **109**(7): p. 1163-1174.
[9] Mrabet, A., et al., *Date seeds: A promising source of oil with functional properties.* Foods, 2020. **9**(6): p. 787.
[10] Hayder, J, AL -Kaabi . *Physical and Nutritional Properties of Iraqi Dayri Dates*. Journal of Food Science and Technology (Iran), 2022. 129(19):p. 67-76.
[11] Saura-Calixto, F., *Dietary fiber as a carrier of dietary antioxidants: an essential physiological function.* Journal of agricultural and food chemistry, 2011. **59**(1): p. 43-49.
[12] Sánchez-Alonso, I., et al., *Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage.* LWT-Food science and Technology, 2008. **41**(1): p. 42-50.
[13] Sánchez-Alonso, I., et al., *Effect of grape antioxidant dietary fibre on the prevention of lipid oxidation in minced fish: Evaluation by different methodologies*, in *Seafood research from fish to dish*. 2006, Wageningen Academic. p. 95-104.
[14] Sánchez-Tena, S., et al., *Grape antioxidant dietary fiber inhibits intestinal polyposis in Apc Min/+ mice: Relation to cell cycle and immune response.* Carcinogenesis, 2013. **34**(8): p. 1881-1888.
[15] Tebben, L., Y. Shen, and Y. Li, *Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality.* Trends in Food Science & Technology, 2018. **81**: p. 10-24.
[16] Majzoobi, M., et al., *Effect of tomato pomace powder on the physicochemical properties of flat bread (Barbari bread).* Journal of Food Processing and Preservation, 2011. **35**(2): p. 247-256.
[17] Sivam, A.S., et al., *Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: A review.* Journal of food science, 2010. **75**(8): p. R163-R174.
[18] Stevenson, L., et al., *Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective.* International journal of food sciences and nutrition, 2012. **63**(8): p. 1001-1013.
[19] Hemdane, S., et al., *Wheat (Triticum aestivum L.) bran in bread making: A critical review.* Comprehensive reviews in food science and food safety, 2016. **15**(1): p. 28-42.

[40] Aydogan, S., et al., *Ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografta ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi.* Ziraat Fakültesi Dergisi, 2012. **7**(1): p. 74-82.
[41] GÖÇMEN, S.A.M.Ş.A. and A.S.H.S. TANER, *Relationships between farinograph parameters and bread volume, physicochemical traits in bread wheat flours.* J. Bahri Dagdas Crop Res., 3 (1), 2015: p. 14-18.
[42] Biel, W., et al., *Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains.* European Food Research and Technology, 2021. **247**(6): p. 1525-1538.
[43] Moore, M.M., et al., *Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads.* Cereal Chemistry , :(٥)٨١ .٢٠٠٤p. 567-575.
[44] Onyango, C., et al., *Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch.* LWT-Food Science and Technology, 2011. **44**(3): p. 681-686.
[45] Matos, M.E. and C.M. Rosell, *Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads.* European Food Research and Technology, 2012. **235**(1): p. 107-117.
[46] Onyango, C., et al., *Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase.* Journal of Food Engineering, 2010. **97**(4): p. 465-470.
hamur reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkileri. 2013 ,Fen Bilimleri Enstitüsü.
[33] Bhatt, C.M. and J. Nagaraju, *Studies on electrical properties of wheat bread as a function of moisture content during storage.* Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2010. **4**: p. 61-66.
[34] Castro, W., et al ,.*Application of image analysis to optimization of the bread-making process based on the acceptability of the crust color.* Journal of Cereal Science, 2017. **74**: p. 194-199.
[35] Ferreira, E., et al., *Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters.* Food Chemistry, 2020. **310**: p. 125954.
[36] El-Porai, E., et al., *Effect of different milling processes on Egyptian wheat flour properties and pan bread quality.* Annals of Agricultural Sciences, 2013. **58**(1): p. 51-59.
[37] Luo, D., et al., *Effect of inulin with different degree of polymerization on plain wheat dough rheology and the quality of steamed bread.* Journal of Cereal Science, 2017. **75**: p. 205-212.
[38] Iqbal, Z., et al., *Physico-chemical, functional and rheological properties of wheat varieties.* Journal of Agricultural Research (03681157), 2015. **53**.(٢)
[39] Sahin, M., et al., *Evaluation of grain yield, some quality traits and farinograph parameters in bread wheat genotypes grown in irrigated and rainfed.* Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences, 2019. **7**(3): p. 119-123.

Table 1. Date Seed Powder characteristics ‡ [a]

PHENOLIC CONTANT[**] [*]	DPPH[**]	PEROXIDE[*]	OIL (%)	FIBER (%)	CHO (%)	Protein Contant (%)	Ash (%)	Moisture Contant	DRY MATTER (%)
18476.9±0.34 [f]	239745.9±0.18[c]	0.2±0.44[g]	7.09±0.14[b]	28±0.13[b]	80±0.1[a]	8.9±0.33[f]	1.2±0.3 [e]	2.1±0.29[d]	**90.01±0.29 [d]**

[*] Milliequivalent grams of peroxide per 1000 grams of oil

[**] Millimolar ascorbic acid per 100 grams

[***] mg of gallic acid per 100 grams of dry matter

‡ Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[a] Data are means ± SD.

Table 2. Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

Sample Name[a]	Volume (cc)	Specific volume (CC/g)	Weight (g)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Total Dietary Fiber (TDF) (%)
DKP0%-B0%-FT1.5	411.21 ± 0.19^{c}	3.27 ± 0.1^{b}	129.54 ± 0.01^{a}	9.76 ± 0.54^{d}	0.44 ± 0.14^{b}	10.97 ± 0.27^{d}	2.79 ± 0.3^{f}
DKP5%-B0%-FT1.5	435.41 ± 0.21^{c}	3.45 ± 0.02^{a}	131.21 ± 0.04^{a}	9.79 ± 0.69^{f}	0.51 ± 0.24^{c}	10.25 ± 0.33^{e}	3.01 ± 0.24^{e}
DKP10%-B0%-FT1.5	485.57 ± 0.1^{b}	3.74 ± 0.12^{c}	133.78 ± 0.1^{b}	9.81 ± 0.47^{c}	0.59 ± 0.13^{b}	10.16 ± 014^{c}	3.51 ± 0.19^{d}
DKP0%-B0%-FT3	415.35 ± 0.14^{a}	3.30 ± 0.09^{b}	-	-	-	-	-
DKP5%-B0%-FT3	439.78 ± 0.07^{a}	3.48 ± 0.1^{b}	-	-	-	-	-
DKP10%-B0%-FT3	501.89 ± 0.1^{b}	3.78 ± 0.12^{b}	-	-	-	-	-
DKP0%-B2.5%-FT1.5	415.22 ± 0.17^{c}	3.21 ± 0.2^{f}	131.75 ± 0.19^{d}	9.58 ± 0.74^{g}	0.61 ± 0.07^{a}	11.06 ± 0.26^{d}	3.49 ± 0.13^{b}
DKP5%-B2.5%-FT1.5	440.87 ± 0.14^{b}	3.35 ± 0.14^{c}	132.02 ± 0.24^{f}	9.88 ± 0.51^{e}	0.66 ± 0.15^{b}	10.40 ± 0.47^{f}	3.11 ± 0.06^{a}
DKP10%-B2.5%-FT1.5	489.37 ± 0.27^{e}	3.59 ± 0.2^{f}	135.99 ± 0.21^{e}	9.94 ± 0.41^{b}	0.71 ± 0.29^{d}	10.16 ± 0.57^{g}	3.60 ± 0.07^{a}
DKP0%-B2.5%-FT3	421.01 ± 0.15^{b}	3.28 ± .17^{e}	-	-	-	-	-
DKP5%-B2.5%-FT3	454.75 ± 0.29^{e}	3.38 ± 0.15^{c}	-	-	-	-	-
DKP10%-B2.5%-FT3	492.22 ± 0.3^{f}	3.63 ± 0.21^{g}	-	-	-	-	-
DKP0%-B5%-FT1.5	414.63 ± 0.08^{a}	3.19 ± 0.13^{c}	131.28 ± 0.14^{c}	9.68 ± 0.81^{i}	0.73 ± 0.29^{d}	11.7 ± 0.33^{e}	3.64 ± 0.16^{c}
DKP5%-B5%-FT1.5	461.28 ± 0.14^{b}	3.35 ± 0.15^{d}	134.39 ± 0.12^{c}	10.09 ± 0.78^{h}	0.79 ± 0.09^{a}	10.59 ± 0.08^{a}	3.84 ± 0.06^{a}
DKP10%-B5%-FT1.5	492.54 ± 0.24^{d}	3.48 ± 0.16^{d}	137.89 ± 0.2^{e}	10.24 ± 0.37^{a}	0.87 ± 0.33^{e}	10.21 ± 0.11^{b}	4.07 ±0.14^{b}
DKP0%-B5%-FT3	440.77 ± 0.39^{g}	3.24 ± 0.16^{d}	-	-	-	-	-
DKP5%-B5%-FT3	472.29 ± 0.14^{b}	3.45 ± 0.24^{g}	-	-	-	-	-
DKP10%-B5%-FT3	509.55 ± 0.13^{b}	3.53 ± 0.2^{f}	-	-	-	-	-

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[*] Data are means ± SD.

Table 2. (continued) Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

Sample Name	aw	Particle Size (µm)	Degree of Staling Bread-BSd(%)	Falling number (s)	Gluten (%)	Gluten index (%)
DKP0%-B0%-FT1.5	0.968 ± 0.41[i]	529.54 ± 0.01[a]	82.5 ± 1.2[b]	350.11 ± 0.1[b]	27.67 ± 0.04[a]	99.12 ± 0.08[a]
DKP5%-B0%-FT1.5	0.963 ± 0.37[h]	631.21 ± 0.02[b]	60.4 ± 1.5[c]	0	0	0
DKP10%-B0%-FT1.5	0.951 ± 0.51[k]	633.78 ± 0.02[b]	85.5 ± 1.64[d]	0	0	0
DKP0%-B0%-FT3	0.965 ± 0.29[f]	-	75.16 ± 2.34[e]	0	0	0
DKP5%-B0%-FT3	0.954 ± 0.21[d]	-	72.69 ±1.1[a]	0	0	0
DKP10%-B0%-FT3	0.948 ± 0.21[d]	-	60.09 ± 3.54[k]	0	0	0
DKP0%-B2.5%-FT1.5	0.971 ± 0.11[a]	643.75 ± 0.01[a]	92.41 ±2.41[f]	345.1 ± 0.12[c]	23.5 ± 0.12[a]	0
DKP5%-B2.5%-FT1.5	0.971 ± 0.36[h]	644.02 ± 0.02[b]	62.99 ± 2.39[f]	0	0	0
DKP10%-B2.5%-FT1.5	0.967 ± 0.14[b]	644.99 ± 0.02[a]	54.88 ± 3.31[j]	0	0	0
DKP0%-B2.5%-FT3	0.977 ± 0.12[a]	-	79.68 ± 1.13[a]	0	0	0
DKP5%-B2.5%-FT3	0.972 ± 0.16[c]	-	60.63 ± 2.75[g]	0	0	0
DKP10%-B2.5%-FT3	0.966 ± 0.17[c]	-	47.85 ± 3.67[l]	0	0	0
DKP0%-B5%-FT1.5	0.979 ± 0.46[j]	644.28 ± 0.01[a]	80.72 ± 3.21[i]	342.65 ± 0.07[a]	20.64 ±0.08[b]	0
DKP5%-B5%-FT1.5	0.974 ± 0.35[h]	644.39 ± 0.02[b]	68.78 ± 3.14[h]	0	0	0
DKP10%-B5%-FT1.5	0.967 ± 0.22[d]	643.89 ± 0.3[c]	60.4 ± 1.24[b]	0	0	0
DKP0%-B5%-FT3	0.978 ± 0.37[h]	-	66.35 ± 2.33[e]	0	0	0
DKP5%-B5%-FT3	0.975 ± 0.31[e]	-	65.45 ± 2.37[e]	0	0	0
DKP10%-B5%-FT3	0.970 ± 0.33[g]	-	55.57 ± 1.09[a]	0	0	0

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[*] Data are means ± SD.

Table 2. (continued) Physicochemical properties of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

Sample Name[a]	Sedimentation (cc)	Delayed sedimentation (cc)
DKP0%-B0%-FT1.5	40.05 ± 0.1[b]	50.05 ± 0.41[c]
DKP5%-B0%-FT1.5	0	0
DKP10%-B0%-FT1.5	0	0
DKP0%-B0%-FT3	0	0
DKP5%-B0%-FT3	0	0
DKP10%-B0%-FT3	0	0
DKP0%-B2.5%-FT1.5	45.78 ± 0.14[c]	54.78 ± 0.37[b]
DKP5%-B2.5%-FT1.5	0	0
DKP10%-B2.5%-FT1.5	0	0
DKP0%-B2.5%-FT3	0	0
DKP5%-B2.5%-FT3	0	0
DKP10%-B2.5%-FT3	0	0
DKP0%-B5%-FT1.5	51.28 ± 0.09[a]	61.28 ± 0.29[a]
DKP5%-B5%-FT1.5	0	0
DKP10%-B5%-FT1.5	0	0
DKP0%-B5%-FT3	0	0
DKP5%-B5%-FT3	0	0
DKP10%-B5%-FT3	0	0

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)
[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).
[*] Data are means ± SD.

ble 3. CIE analysis parameters of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

		Samples[a]																	
		DKP0%-B0%-FT1.5	DKP5%-B0%-FT1.5	DKP10%-B0%-FT1.5	DKP0%-B0%-FT3	DKP5%-B0%-FT3	DKP10%-B0%-FT3	DKP0%-B2.5%-FT1.5	DKP5%-B2.5%-FT1.5	DKP10%-B2.5%-FT1.5	DKP0%-B2.5%-FT3	DKP5%-B2.5%-FT3	DKP10%-B2.5%-FT3	DKP0%-B5%-FT1.5	DKP5%-B5%-FT1.5	DKP10%-B5%-FT1.5	DKP0%-B5%-FT3	DKP5%-B5%-FT3	DKP10%-B5%-FT3
Crust	L*	72.54 ±0.21[e]	59.67 ±0.08[b]	50.18 ±0.11[a]	73.07 ±0.1[a]	59.69 ±0.16[b]	50.24 ±0.26[d]	65.23 ±0.11[d]	54.9 ±0.23[d]	45.45 ±0.27[c]	65.27 ±0.1[a]	54.89 ±0.16[c]	45.71 ±0.25[d]	63.21 ±0.2[b]	51.62 ±0.19[a]	41.77 ±0.16[b]	64.18 ±0.37[d]	51.78 ±0.16[d]	41.45 ±0.2[b]
	a*	9.23 ±0.14[c]	11.14±0.09[c]	15.18 ±0.18[b]	9.45 ±0.21[f]	11.08 ±0.13[a]	15.45 ± 0.16[a]	11.14 ±0.09[b]	10.53 ±0.28[e]	9.35 ±0.22[b]	12.25 ±0.33[e]	11.41 ±0.17[d]	9.99 ±0.19[a]	13.1 ±0.3[d]	10.18 ±0.23[b]	9.15 ±0.39[f]	14.54 ±0.16[a]	12.47 ±0.14[d]	11.68±0.24[d]
	b*	29.8 ±0.2[d]	26.5 ±0.8[b]	22.41 ±0.24[c]	30.63 ±0.15[e]	27.73 ±0.41[e]	24.98 ±0.25[c]	28.41 ±0.13[e]	22.88 ±0.39[f]	19.76 ±36[e]	29.55 ±0.14[b]	25.13 ±0.22[e]	23.91 ±0.24[c]	27.65 ±0.22[c]	21.16 ±0.37[d]	18.58 ±0.27[c]	28.41 ±0.33[c]	23.95 ±0.19[e]	20.93 ±0.25[e]
Crumb	L*	73.54 ±0.11[a]	62.45 ±0.13[e]	56.14 ±0.26[d]	75.45 ±0.14[d]	65.65 ±0.33[c]	58.11 ±0.27[e]	69.41 ±0.08[a]	61.57 ±0.18[b]	53.88 ±0.16[a]	70.99 ±0.29[d]	64.16 ±0.14[b]	59.97 ±0.2[b]	66.58 ±0.14[a]	60.1 ±0.39[e]	50.17 ±0.14[a]	68.14 ±0.21[b]	61.18 ±0.1[a]	51.29 ±0.22[c]
	a*	-0.88 ±0.11[a]	2.54 ±0.1[d]	4.54 ±0.35[e]	-1.41 ±0.11[b]	3.57 ±0.37[d]	5.91 ±0.23[b]	0.14 ±0.1[c]	3.97 ±0.23[c]	6.01 ±0.28[d]	0.54 ±0.26[c]	4.58 ±0.31[f]	6.87 ±0.34[e]	1.09 ±0.22[c]	5 ±0.44[f]	7.1 ±0.33[e]	1.94 ±0.4[e]	5.87 ±0.13[b]	8.88 ±0.16[a]
	b*	14.14 ±0.12[b]	12.51 ±0.07[a]	10.87 ±0.11[a]	14.69 ±0.13[c]	13.02±0.42[e]	11.47 ±0.3[f]	14.97 ±0.11[d]	13.56 ±0.16[a]	12.41 ±0.44[f]	15.31 ±0.44[f]	14.06 ±0.13[a]	13.08 ±0.34[e]	14.68 ±0.31[e]	12.99 ±0.36[c]	10.78 ±31[d]	14.84 ±0.33[c]	13.14 ±0.14[d]	11.12 0.3[f]

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[*] Data are means ± SD.

Table 4. Farinograph and Extensograph analysis parameters of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

Sample Name[a]	Farinograph Values						Extensograph Values			
	Dough Development time (DDT) (min.)	Stability (min.)	Degree of Softening (DOS) (BU)	Water absorption (%)	Arrival Time (AT) (min)	gelatination temperature (GT)(°C)	Energy (cm2)	Resistance to Extension (BU)	Extensibility (mm)	Maximum Resistance (BU)
DKP0%-B0%-FT1.5	1.8±0.43^{i}	9.67±0.24^{g}	52.12±0.41^{j}	60.05±0.29^{e}	1.4±0.31	92.05±0.08^{f}	100.21±0.12^{b}	767.4±0.25^{c}	102.42±0.24^{d}	845±0.28^{f}
DKP5%-B0%-FT1.5	1.9±0.19^{a}	13.01±0.15^{d}	42.87±0.35^{f}	61.01±0.3^{f}	1.1±0.35^{h}	91.08±0.09^{g}	89.5±0.19^{d}	799.14±0.21^{a}	90.41±0.25^{e}	865.77±0.16^{b}
DKP10%-B0%-FT1.5	2±0.34^{e}	13.51±0.16^{d}	39.95±0.29^{d}	61.18±0.24^{a}	1.1±0.31^{f}	91.02±0.04^{b}	82.41±0.09^{a}	801.2±0.41^{g}	88.91±0.29^{g}	885.34±0.34^{i}
DKP0%-B0%-FT3	1.9±0.24^{b}	9.89±0.19^{e}	52.14±0.28^{d}	61.21±0.25^{a}	1.3±0.3^{e}	92.01±0.05^{c}	-	-	-	-
DKP5%-B0%-FT3	2.07±0.18^{a}	14.57±0.1^{a}	43.01±0.29^{c}	62.78±0.27^{c}	0.9±0.29^{d}	91±0.02^{a}	-	-	-	-
DKP10%-B0%-FT3	2.11±0.41	14.98±0.11^{a}	39.94±0.43^{k}	62.97±0.26^{b}	0.8±0.29^{d}	90.8±0.06^{d}	-	-	-	-
DKP0%-B2.5%-FT1.5	2.05±0.35^{f}	9.55±0.16^{d}	41.62±0.49^{l}	60.78±0.29^{e}	1.5±0.36^{h}	91.78±0.07^{e}	94.63±0.15^{c}	789.56±0.35^{f}	95.41±0.23^{c}	859±0.33^{h}
DKP5%-B2.5%-FT1.5	2.15±0.39^{h}	14.1±0.13^{b}	39.51±0.36^{g}	61.29±0.28^{d}	1±.034^{g}	90.2±0.06^{d}	81.39±.15^{c}	809.91±0.34^{e}	89.88±0.15^{a}	877.45±0.15^{s}
DKP10%-B2.5%-FT1.5	2.3±0.37^{g}	14.15±0.24^{g}	37±0.33^{e}	61.34±0.26^{b}	0.87±0.19^{b}	90.1±0.1^{h}	80.01±0.11^{b}	854.87±0.24^{b}	84.35±0.25^{e}	890.14±0.29^{g}
DKP0%-B2.5%-FT3	2.1±0.33^{e}	9.71±0.26^{i}	41.67±0.37^{h}	60.97±.034^{g}	1.3±0.16^{a}	91±0.11^{i}	-	-	-	-
DKP5%-B2.5%-FT3	2.19±0.27^{c}	14.28±0.22^{f}	39.5±0.38^{i}	62.05±0.34^{g}	0.9±0.34^{g}	90.5±0.09^{g}	-	-	-	-
DKP10%-B2.5%-FT3	2.41±0.22^{b}	14.76±0.26^{i}	37.54±0.39	62.49±0.36^{h}	0.8±0.33^{g}	90.4±0.04^{b}	-	-	-	-
DKP0%-B5%-FT1.5	2.64±0.26^{c}	9.44±0.25^{h}	39.71±0.34^{e}	61.28±0.34^{g}	1.6±0.28^{d}	90.9±0.05^{c}	90.43±0.23^{e}	796.45±0.23^{b}	89.58±0.16^{b}	867±0.25^{c}
DKP5%-B5%-FT1.5	2.85±0.29^{d}	14.84±0.26^{i}	34.51±0.33^{e}	61.31±0.33^{g}	0.9±0.35^{h}	90±0.01^{h}	80.75±0.15^{c}	863.71±0.29^{d}	74.54±0.15^{a}	881.31±0.26^{d}
DKP10%-B5%-FT1.5	3.07±0.31^{e}	15.07±0.29^{j}	31.81±0.26^{b}	61.35±0.38^{i}	0.8±0.36^{h}	89.8±0.1^{h}	79.24±0.19^{d}	910.54±0.34^{e}	67.34±0.28^{f}	897±0.27^{e}
DKP0%-B5%-FT3	2.73±0.23^{b}	9.5±0.25^{h}	39.8±0.26^{b}	62.09±0.34^{g}	1.3±0.22^{c}	89.9±0.08^{f}	-	-	-	-
DKP5%-B5%-FT3	3.12±0.33^{e}	15±0.22^{f}	34.51±0.22^{a}	63.75±0.29^{e}	0.7±0.31^{f}	89.80.05^{c}	-	-	-	-
DKP10%-B5%-FT3	3.28±0.26^{c}	15.25±0.34^{k}	31.87±0.29	64.99±0.26^{b}	0.6±0.41^{i}	89.8±0.05^{c}	-	-	-	-

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[*] Data are means ± SD.

Table 5. TPA analysis parameters of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran[‡*]

	Hardness (N)			Cohesiveness (−)			Springiness (%)			Resilience (−)			Chewiness (J)			Gumminess (N)		
Sample Name[a]	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7	Day 1	Day 3	Day 7
DKP0%-B0%-FT1.5	5.41 ± 0.1^{a}	7.94 ± 0.4^{d}	9.25 ±0.1^{a}	0.84 ±0.2^{b}	0.52 ±0.1^{b}	0.31 ±0.1^{a}	92 ±0.1^{a}	91 ±0.2^{b}	90 ±0.1^{a}	40 ±0.1^{a}	37 ±0.4^{d}	31 ±0.2^{b}	0.75 ±0.1^{a}	0.84 ±0.2^{b}	0.94 ±0.4^{d}	1.25 ±0.1^{a}	3.51 ±0.1^{a}	5.1 ±0.4^{d}
DKP5%-B0%-FT1.5	5.91 ±.01^{a}	8.9 ±0.1^{a}	9.48 ±0.2^{b}	0.77 ±0.1^{a}	0.45 ±0.2^{c}	0.22 ±0.2^{b}	91 ±0.2^{b}	90 ±0.3^{c}	90 ±0.2^{b}	35 ±0.1^{a}	30 ±0.1^{a}	24 ±0.1^{a}	0.1 ±0.1^{a}	0.13 ±01^{a}	0.12 ±0.1^{a}	2.01 ±0.2^{b}	3.99 ±0.1^{a}	6.97 ±0.1^{a}
DKP10%-B0%-FT1.5	7.01 ±0.4^{d}	9.11 ±0.1^{a}	9.55 ±0.5^{e}	0.7 ±0.3^{c}	0.42 ±0.09^{a}	0.22 ±0.1^{a}	91 ±0.4^{d}	88 ±0.3^{c}	87 ±0.1^{a}	34 ±0.2^{b}	29 ±0.2^{b}	24 ±0.3^{c}	0.11 ±0.1^{a}	0.14 ±0.1^{a}	0.15 ±0.2^{b}	2.1 ±0.2^{b}	4.59 ±0.1^{a}	7.8 ±0.2^{b}
DKP0%-B0%-FT3	4.98 ±0.5^{e}	6.24 ±0.2^{b}	9.47 ±0.6^{f}	0.9 ±0.1^{a}	0.69 ±0.1^{b}	0.33 ±0.3^{c}	94 ±0.3^{c}	93 ±0.1^{a}	90 ±0.3^{c}	41 ±0.7^{g}	37 ±0.3^{c}	34 ±0.1^{a}	0.79 ±.01^{a}	0.82 ±0.3c	0.9 ±0.5^{e}	1.01 ±0.1^{a}	2.97 ±0.2^{b}	3.81 ±0.1^{a}
DKP5%-B0%-FT3	5.53 ±0.2^{b}	6.77 ±0.3^{c}	9.55 ±0.4^{d}	0.8 ±0.1^{a}	0.6 ±0.2^{c}	0.23 ±0.3^{c}	92 ±0.1^{a}	90 ±0.6^{f}	90 ±0.4^{d}	39 ±0.4^{d}	35 ±0.1^{a}	29 ±0.2^{b}	0.91 ± 0.2^{b}	0.12 ±0.1^{a}	0.1 ±0.4^{d}	1.54 ±0.3^{c}	3.7 ±0.1^{a}	50.3 ±0.1a
DKP10%-B0%-FT3	6.59 ±0.3^{c}	6.87 ±0.2^{b}	10.55 ±0.6^{f}	0.74 ±0.2^{b}	0.51 ±0.1^{b}	0.22 ±0.2^{b}	93 ±0.2^{b}	91 ±0.5^{e}	90 ±0.1^{a}	35 ±0.6^{f}	30 ±0.2^{b}	26 ±0.1^{a}	0.11 ±0.3c	0.12 ±0.3^{c}	0.14 ±0.6^{f}	1.9 ±0.2^{b}	4.1 ±0.4^{d}	6.7 ±0.2^{b}
DKP0%-B2.5%-FT1.5	5.14 ±0.2^{b}	8.99 ±0.2^{b}	9.89 ±0.1^{a}	0.79 ±0.4^{d}	0.49 ±0.2^{c}	0.21 ±0.3^{c}	90 ±0.1^{a}	88 ±0.7^{g}	87 ±0.3^{c}	39 ±0.5^{e}	34 ±0.4^{d}	30 ±0.3^{c}	0.08 ±0.1^{a}	0.88 ±04^{d}	0.95 ±0.1^{a}	1.57 ±0.4^{d}	4.11 ±0.3^{c}	7.5 ±0.3^{c}
DKP5%-B2.5%-FT1.5	6.08 ±0.2^{b}	9.14 ±0.1^{a}	9.91 ±0.3^{c}	0.71 ±0.3c	0.4 ±0.1^{b}	0.21 ±0.2^{b}	90 ±0.2^{b}	89 ±0.4^{d}	87 ±0.2^{b}	34 ±0.3^{c}	29 ±0.1^{a}	22 ±0.4^{d}	0.11 ±0.3^{a}	0.14 ±05^{e}	0.17 ±0.2b	2.27 ±0.1^{a}	5 ±0.1^{a}	8.1 ±0.3^{c}
DKP10%-B2.5%-FT1.5	6.45 ±.03^{c}	9.01 ±0.4^{d}	9.99 ±0.2^{b}	0.64 ±0.1^{a}	0.37 ±0.3^{d}	0.18 ±0.1^{a}	89 ±0.1^{a}	88 ±0.5^{e}	86 ±0.4^{d}	32 ±0.1^{a}	24 ±0.3^{c}	19 ±0.1^{a}	0.12 ±0.5^{e}	0.15 ±05^{e}	0.18 ±0.1^{a}	2.35 ±0.5^{e}	5.4 ±0.2^{b}	11.36 ±0.5e
DKP0%-B2.5%-FT3	5.07 ±.01^{a}	6.88 ±0.3^{c}	9.11 ±0.1^{a}	0.8 ±0.1^{a}	0.54 ±0.4^{e}	0.22 ±0.2^{b}	91 ±0.1^{a}	89 ±0.2^{b}	89 ±0.1^{a}	40 ±0.4^{d}	37 ±0.1^{a}	35 ±0.1^{a}	0.8 ±0.4^{d}	0.84 ±0.1^{a}	0.88 ±0.1^{a}	1.4 ±0.6^{f}	3.45 ±0.1^{a}	7.5 ±0.4^{d}
DKP5%-B2.5%-FT3	5.97 ±.04^{d}	7.11 ±0.3^{c}	9.59 ±0.1^{a}	0.75 ±0.2^{b}	0.41 ±0.1^{a}	0.24 ±0.1^{a}	90 ±0.1^{a}	90 ±0.1^{a}	89 ±0.1^{a}	36 ±0.4^{d}	30 ±0.2^{b}	27 ±0.3^{c}	0.95 ±0.2^{b}	0.11 ±03^{c}	0.15 ±0.2^{b}	2.01 ±0.1^{a}	4.7 ±0.1^{a}	7.9 ±0.1^{a}
DKP10%-B2.5%-FT3	6.77 ±.01^{a}	7.41 ±0.4^{d}	10.01 ±0.3^{c}	0.7 ±0.2^{b}	0.4 ±0.3^{d}	0.3 ±0.3^{c}	89 ±0.1^{a}	89 ±0.3^{c}	87 ±0.2^{b}	34 ±0.1^{a}	27 ±0.1^{a}	23 ±0.3^{c}	0.1 ±0.1^{a}	0.14 ±0.4^{d}	0.18 ±0.2^{b}	2.2 ±0.2^{b}	5.5 ±0.1^{a}	11.1 ±0.5^{e}
DKP0%-B5%-FT1.5	5.5 ±0.3^{c}	7.41 ±0.3^{c}	9.94 ±0.2^{b}	0.73 ±0.3^{c}	0.51 ±0.1^{b}	0.34 ±0.1^{a}	89 ±0.2^{b}	88 ±0.4^{d}	87 ±0.2^{b}	36 ±0.1^{a}	31 ±0.4^{d}	25 ±0.1^{a}	0.1 ±0.2^{b}	0.14 ±0.1^{a}	0.17 ±0.4^{d}	1.6 ±0.3^{c}	5.7 ±0.2^{b}	8 ±0.6^{f}
DKP5%-B5%-FT1.5	5.99 ±0.1^{a}	8.25 ±0.3^{c}	10.11 ±0.1^{a}	0.62 ±0.3^{c}	0.35 ±0.3^{d}	0.25 ±0.2^{b}	88 ±0.1^{a}	86 ±0.1^{a}	86 ±0.3^{c}	33 ±0.2^{b}	25 ±0.2^{b}	20 ±0.4^{d}	0.14 ±0.1^{a}	0.17 ±0.1^{a}	0.19 ±0.3^{c}	2.31 ±0.1^{a}	5.5 ±0.1^{a}	9.7 ±0.2^{b}
DKP10%-B5%-FT1.5	6.49 ±0.2^{b}	8.54 ±0.1a	10.41 ±0.4^{d}	0.51 ±01^{a}	0.3 ±0.1^{a}	0.14 ±0.1^{a}	87 ±0.2^{b}	85 ±0.1^{a}	84 ±0.3^{c}	31 ±0.5^{e}	24 ±0.3^{c}	17 ±0.1^{a}	0.14 ±0.1^{a}	0.18 ±.3^{c}	0.21 ±0.1^{a}	2.35 ±0.1^{a}	5.7 ±0.1^{a}	12.4 ±0.3^{c}
DKP0%-B5%-FT3	5.35 ±0.1^{a}	7.64 ±0.3^{c}	8.9 ±0.5^{e}	0.76 ±0.4^{d}	0.55 ±0.2^{c}	0.41 ±0.3^{c}	90 ±0.4^{d}	89 ±0.2^{b}	89 ±0.1^{a}	38 ±0.5^{e}	34 ±0.2^{b}	29 ±0.5^{e}	0.1 ±0.3^{c}	0.14 ±02^{b}	0.17 ±0.2^{b}	1.5 ±0.4^{d}	5.4 ±0.2^{b}	7.9 ±0.2^{b}
DKP5%-B5%-FT3	5.5 ±0.1^{a}	8.11 ±0.2^{b}	9.1 ±0.3^{c}	0.71 ±0.5^{e}	0.44 ±0.1^{b}	0.22 ±0.1^{a}	88 ±0.5^{e}	87 ±0.4^{d}	87 ±0.2^{b}	35 ±.05^{e}	29 ±0.4^{d}	21 ±0.3^{c}	0.13 ±0.4^{d}	0.15 ±0.4^{d}	0.17 ±0.4^{d}	2.3 ±0.3^{c}	5.5 ±0.1^{a}	9.5 ±0.4^{d}
DKP10%-B5%-FT3	6.01 ±0.1^{a}	8.81 ±0.1^{a}	9.35 ±0.1^{a}	0.69 ±0.1^{a}	0.41 ±0.1^{b}	0.21 ±0.1^{a}	87 ±0.3^{c}	86 ±0.1^{a}	85 ±0.1^{a}	32 ±0.1^{a}	24 ±0.1^{a}	17 ±0.1^{a}	0.13 ±0.2^{b}	0.15 ±0.2^{b}	0.21 ±0.3^{c}	2.3 ±0.1^{a}	5.5 ±0.2^{b}	11.7 ±.01^{a}

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT 1.5 & 3h)

[‡] Means within each column with the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

[*] Data are means ± SD.

Table 6. Sensory evaluation of Brotchen bread fortified by date seed powder and wheat bran‡

Sensory descriptor	Samples[a]																	
	DKP0 %- B0%- FT1.5	DKP5 %- B0%- FT1.5	DKP10 %- B0%- FT1.5	DKP0 %- B0%- FT3	DKP5 %- B0%- FT3	DKP10 %- B0%- FT3	DKP0 %- B2.5% -FT1.5	DKP5 %- B2.5% -FT1.5	DKP10 %- B2.5%- FT1.5	DKP0 %- B2.5% -FT3	DKP5 %- B2.5% -FT3	DKP10 %- B2.5%- FT3	DKP0 %- B5%- FT1.5	DKP5 %- B5%- FT1.5	DKP10 %- B5%- FT1.5	DKP0 %- B5%- FT3	DKP5 %- B5%- FT3	DKP10 %- B5%- FT3
Appearance																		
Porosity	4.8	4.8^{b}	4.6^{b}	4.8^{b}	4.6^{b}	4.4^{b}	4.8^{c}	4.6^{c}	4.8c	4.8^{d}	4.8^{c}	4.8^{e}	4.4^{a}	4.6^{d}	4.4^{e}	4.6^{b}	4.4^{e}	4.6^{f}
Crumb color	5^{b}	4.8^{b}	4.8^{c}	5^{c}	4.8^{c}	4.8^{e}	4.6^{b}	4.6^{c}	4.8^{c}	4.6^{b}	4.8^{c}	4.8^{e}	4.8^{d}	4.6^{d}	4.6^{f}	4.8^{d}	4.8	4.8^{g}
Crust color	5^{b}	4.8^{b}	4.6^{b}	5^{c}	5^{d}	4.8^{e}	4.6^{b}	4.4^{b}	4.6^{d}	4.6^{b}	4.6^{b}	4.6^{d}	4.4^{a}	4.4^{c}	4.6^{f}	4.6^{b}	4^{c}	4.4^{e}
Taste																		
Sweet	5^{b}	4.6^{a}	4.4^{a}	4.4^{a}	4^{a}	4.4^{b}	4^{a}	3.6^{a}	3.8^{a}	4.6^{b}	4.4^{a}	4^{a}	4.6^{b}	4^{b}	3.6^{a}	4.6^{b}	3.4^{a}	3.4^{a}
Salty	5^{b}	4.8^{b}	4.4^{a}	4.4^{a}	4.6^{b}	4.6^{c}	4.8^{c}	4.4^{b}	4.6^{d}	4.8^{d}	4.6^{b}	4.6^{d}	5^{e}	4.8^{d}	4.8^{g}	5^{e}	4.4^{e}	4.4^{e}
Flavor & Smell (by gustation)																		
DPK	5^{b}	5^{c}	4.4^{a}	5^{c}	5^{d}	4^{a}	5^{d}	4.6^{c}	4.6^{d}	5^{e}	4.8^{c}	4.8^{e}	5^{e}	4.6^{c}	4.6^{f}	5^{e}	4.8^{f}	4.6^{f}
BRAN	5^{b}	5^{c}	4.8^{c}	4.8^{b}	5^{d}	4.6^{d}	4.8^{c}	4.6^{c}	4.6^{d}	5^{e}	4.8^{c}	4.6^{d}	4.4^{a}	4^{b}	3.8^{c}	4.4^{a}	3.8^{b}	3.4^{a}
Texture (by gustation)																		
Adhesive	4.8^{a}	4.8^{b}	4.8^{c}	5^{c}	5^{d}	5^{f}	4.8^{c}	4.6^{c}	4.6^{d}	4.6^{b}	4.4^{a}	4.4^{a}	4.6^{b}	4^{b}	4^{d}	4.8^{d}	4.8^{f}	4.6^{f}
Rubbery	4.8^{a}	4.6^{a}	4.6^{b}	4.8^{b}	4.6^{b}	4.6^{d}	4.8^{c}	4.4^{b}	4^{b}	4.8^{d}	4.6^{a}	4.6^{d}	4.6^{b}	3.8^{a}	3.4^{b}	4.6^{b}	4^{c}	4^{c}
Soft	5^{b}	4.8^{c}	4.6^{b}	5^{c}	4.6^{b}	4.6^{d}	4.8^{d}	4.6^{c}	4.6^{d}	4.8^{d}	4.6^{a}	4.4^{b}	4.6^{b}	4^{b}	3.4^{b}	4.6^{b}	4^{c}	3.8^{b}
Overall	$4.94^{a,b}$	4.8^{c}	4.6^{b}	$4.82^{b,c}$	$4.72^{b,c}$	$4.58^{c,d}$	4.7^{c}	$4.44^{b,c}$	4.5^{c}	$4.76^{c,d}$	$4.64^{b,c}$	$4.56^{c,d}$	$4.64^{b,c}$	$4.28^{b,c}$	$4.12^{d,e}$	4.7^{c}	4.24^{d}	4.2^{d}

[a] Brutchen bread with date kernel powder (DKP, 0, 5 & 10%), wheat bran (B, 0, 2.5 & 5%) in two times of fermentation (FT, 1.5 & 3h)

‡ Means with the same letters in the same row do not statistically differ ($p > 0.05$) by Tukey's test

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of adding date seed powder and wheat bran on the physicochemical, mechanical and sensory characteristics of Brotchen bread

Hayder Jumahh Kadhim Al-Kaabi[1], Zahra Emam-Djomeh[2*]

1-(Ph.D) student in Food science and technology at Aras International Campus, University of Tehran

2 -Transfer Phenomena Laboratory (TPL), Department of Food Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/5/19

Accepted:2024/11/13

Keywords:

Brotchen Bread,

Palm Seed Powder,

Wheat Bran,

Dietary Fiber,

Physicochemical Characteristics.

DOI: **10.22034/FSCT.22.161.1.**

*Corresponding Author E-

emamj@ut.ac.ir

ABSTRACT

This study investigated the effect of adding Mozafati date seed powder and wheat bran on the quality parameters of Brotchen bread and dough. For this purpose, the values of physical and chemical characteristics (volume, specific volume, weight, moisture, ash, protein, dietary fiber, water activity, particle size, percentage of biota, Falling number, gluten, gluten index, zelenic sedimentation, delayed sedimentation) and examining the color of the crust and the central part of the bread), farinograph and extensograph characteristics of the prepared doughs, mechanical characteristics (texture profile analysis) and sensory characteristics (appearance, color, flavor, texture) of the bread produced with additional date kernel powder (0, 5, and 10 %) and wheat bran (0, 2.5, and 5%) were investigated in two resting periods of 90 and 180 minutes during 7 days of storage. The results showed that the amount of water absorption, development time, stability, tensile strength and maximum dough strength increased with the increase in the amount of added date kernel powder and wheat bran. It also decreased in softening degree, extensibility and energy levels. The values of L* and a* color of the crust and the Crumb part of the bread decreased with the addition of PKP ($p<0.05$). The change in softening degree and stability values was statistically significant ($p<0.05$). The addition of the two mentioned substances caused a firmer structure in the bread samples and reduced the staleness of the bread. It was observed that resting time of 180 minutes compared to 90 minutes had better results in texture and physical characteristics of bread ($p<0.05$). Although the sensory acceptance by the descriptors decreased ($p<0.05$), it was placed in a good grade. The result of this study showed that the presence of wheat bran and date kernel powder provides good quality bread and helps to increase fiber in the diet.