

# بررسی و مقایسه تأثیر فیبر چغندر قند و پسیلیوم بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر نان بربری

هما بهمدی<sup>۱\*</sup>، فروغ شواخی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۲)

## چکیده

فیبر رژیمی به دلیل خواص فیزیولوژیکی و متابولیکی مطلوب آن، در سال‌های اخیر مورد توجه صاحبان صنایع، پژوهشگران و مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. از آنجاکه مصرف فیبر در رژیم روزانه معمولاً کمتر از مقدار توصیه‌شده (۳۰ گرم در روز) است، غنی‌سازی آرد با فیبر می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به مزایای سلامتی بخش آن داشته باشد. این پروژه به منظور بررسی امکان افزودن فیبرهای خوراکی به آرد نان بربری انجام شد. دو مورد از منابع مختلف فیبر، یک فیبر محلول (پسیلیوم) و یک فیبر نامحلول (چغندر قند) با توجه به حداقل اثرات سوء بر خواص کیفی نان انتخاب شدند. معیارهای مهم در انتخاب منبع فیبر، قیمت، رنگ، طعم، ظرفیت جذب آب و ظرفیت نگه‌داشتن آب پس از پخت بودند. ابتدا خصوصیات آرد و فیبرهای مصرفی شامل رطوبت، فیبر، خاکستر و شاخص‌های رنگ ( $a^*$ ،  $b^*$ ،  $L^*$ ) اندازه‌گیری شد. اثر غنی‌سازی آرد با فیبر بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر شامل شاخص‌های فارینوگرافی (قوام، جذب آب، زمان تکامل، زمان ثبات، درجه سست شدن بعد از ۱۰ و ۱۲ دقیقه از شروع و بیشینه، کیفیت فارینوگراف) و شاخص‌های اکستنسوگرافی (حداکثر مقاومت در مقابل کشش، مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه، کشش‌پذیری، عدد نسبی، انرژی خمیر) بررسی شد. طرح آماری به‌کاررفته، طرح کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل با دو سطح فیبر، چهار سطح افزودن فیبر (صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد) بود. نتایج نشان داد که به‌طور کلی افزودن فیبر باعث بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر خواهد شد.

**کلید واژگان:** آرد، بربری، پسیلیوم (اسفرزه)، فیبر چغندر قند، ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر

## ۱- مقدمه

فیبر رژیمی به دلیل خواص فیزیولوژیکی و متابولیکی مطلوب آن، در سال‌های اخیر مورد توجه صاحبان صنایع، پژوهشگران و مصرف‌کنندگان قرار گرفته است و اهمیت آن در کاهش چربی و قند خون، کاهش احتمال ابتلا به سرطان‌های روده و دستگاه گوارش و درمان چاقی به‌خوبی شناخته شده است [۱،۲،۳]. فیبر محلول کاهش‌دهنده کلسترول و فیبر نامحلول کاهش‌دهنده خطر سرطان کولون است [۴].

دپارتمان بهداشت و خدمات انسانی آمریکا<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۱، مقدار فیبر خوراکی ۲۰-۳۰ گرم در روز را برای بزرگسالان توصیه کرده است و به‌منظور ارتقاء سلامت مردم نیاز به افزایش فیبر مصرفی به حد دو برابر فعلی، پیشنهاد شده است [۵]. با توجه به اینکه مصرف فیبر در رژیم روزانه معمولاً کمتر از مقدار توصیه‌شده بین‌المللی است، غنی‌سازی نان با منابع مختلف فیبر می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به مزایای سلامتی بخش آن داشته باشد.

هنگام آسیاب کردن دانه گندم، درصد زیادی از سلولز که در پوسته گندم قرار دارد، حذف می‌شود. هرچه میزان استخراج آرد کمتر باشد، فرآورده حاصل سفیدتر و دارای املاح و فیبر کمتری است که در نتیجه ارزش غذایی پایین‌تری خواهد داشت [۶]. با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده [۷-۲۱] افزودن سایر منابع تأمین‌کننده فیبر خوراکی در فرآورده‌های غلات، آثار متفاوتی بر خواص رئولوژیکی، تکنولوژیکی و ارزش تغذیه‌ای نسبت به سبوس گندم داشته و لزوم تحقیقات گسترده در زمینه استفاده از سایر منابع فیبر را در نان‌های سنتی ایرانی ضروری و اجتناب‌ناپذیر کرده است.

گیاه اسفرزه که فرمول دارویی آن با نام پسیلیوم<sup>۲</sup> در بازار ایران موجود است، از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی است که مصارف درمانی متعددی برای آن شناخته بودند. گیاه اسفرزه که دو گونه مهم دارویی *Plantago psyllium* و *Plantago ovate* دارد از خانواده بارهنگ است. اسفرزه در بخش‌های وسیعی از ایران می‌روید و امروزه به لحاظ اقتصادی و دارویی در بسیاری از نقاط جهان کشت و تولید می‌شود. ترکیبات شیمیایی متنوعی در این گیاه یافت می‌شود که مهم‌ترین آن

موسیلاژ (لعاب) است. موسیلاژ این گیاه به علت دارا بودن ویژگی‌های باارزش مانند پایدارکنندگی، سوسپانسیون‌کنندگی، امولسیون‌کنندگی در صنعت و داروسازی و در ترکیبات غذایی به‌عنوان تغلیظ‌کننده و تثبیت‌کننده کاربردهای گسترده‌ای دارد [۲۲،۲۳].

فیبر چغندر قند به دلیل دارا بودن هر دو نوع فیبر محلول و غیرمحلول قابلیت بالایی در حفظ سلامتی دارد. آنچه پس از استخراج قند از خلال چغندر قند باقی می‌ماند تفاله نامیده می‌شود [۲۴]. این ماده حاوی مقدار زیادی فیبر رژیمی کم انرژی و عاری از نشاسته و فیتات است. ظرفیت نگهداری آب این فیبر از فیبرهای غلات بالاتر است و می‌توان از آن به‌عنوان ماده پرکننده در صنایع غذایی استفاده کرد. اسید فیتیک فیبر تفاله چغندر قند بسیار اندک است و مصرف آن در تولید غذاهای رژیمی در جذب آهن اختلال ایجاد نمی‌کند. آثار مفید این فیبر بر کنترل میزان کلسترول خون و حفظ تعادل املاح معدنی در بدن انسان به اثبات رسیده است و اضافه کردن آن به رژیم غذایی بدون داشتن اثر تداخلی در جذب مواد معدنی دیگر، جذب کلسیم را بهبود می‌بخشد. این فیبر به‌وضوح کلسترول را کاهش داده و در کاهش فشارخون نیز مؤثر است [۲۴].

استفاده از منابع مختلف فیبر چغندر قند و پسیلیوم برای غنی‌سازی محصولات نانوائی و نیز تأثیر استفاده از فیبرهای مختلف بر خواص رئولوژیکی آرد در تحقیقات متعددی آمده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: در تحقیقی اثر افزودن مقادیر مختلف ۷/۵-۲/۵ درصد فیبر چغندر قند نیز در تولید نان با اندازه‌های مختلف، درشت، متوسط و ریز بررسی شده است. نتایج نشان داده است که ذرات درشت و متوسط بهترین حجم را داشته‌اند ولی رنگ و بافت تحت تأثیر اندازه ذرات نبوده است [۱۶].

در سال ۱۹۹۴ نان غنی‌شده با فیبر آرد جو تهیه شده است. محققان از مقادیر مختلف ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد آرد جو جایگزین‌شده در آرد گندم استفاده کرده و کیفیت فیبر نان حاصل را بررسی نموده‌اند. با افزایش آرد جو، جذب آب، زمان اختلاط و وزن قرص نان افزایش ولی حجم قرص نان کاهش یافته است و با درصد اختلاط ۱۰ درصد اثرات سوء زیاد نبوده و افزایش مقدار فیبر از ۳ به ۵ درصد گزارش شده است [۱۴].

1. The US Department of Health &amp; Human Service

2. Psyllium

بررسی کردند. افزایش یک درصد پسیلیوم باعث افزایش ۴ درصد در جذب آب فارینوگراف شد و حجم ویژه قرص نان سفید Pan با ۵-۱ درصد پسیلیوم ۴/۴-۴ میلی لیتر/گرم در مقایسه با ۴/۱ میلی لیتر/گرم برای شاهد و ۳/۳-۵/۳ میلی لیتر/گرم برای نان گندم کامل در مقایسه با ۳/۳ میلی لیتر/گرم شاهد بود [۲۸].

خصوصیات کاربردی فیبر اسفرزه در محصولات برپایه گندم بررسی شده است و مشخص شده که در تولید نان، مناسب ترین سطح افزودن این فیبر ۴ درصد آرد گندم است [۲۲]. نیکوزاده و همکاران اثر جایگزین کردن مقادیر ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد پوسته اسفرزه بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت و ماندگاری نان سنگک را بررسی کرده اند. ویژگی های خمیر با استفاده از فارینوگراف تعیین شد. رطوبت نان ها نیز مطابق روش های استاندارد اندازه گیری و با شاهد مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از پوسته اسفرزه جذب آب خمیر زیاد شده و قوت آرد حاصل افزایش می یابد [۱۰]. پسیلیوم جذب آب و زمان اختلاط را در فرآورده های مختلف غلات افزایش داده است و حجم کیک و نان تابه ای را افزایش داده ولی تأثیری بر بافت و مزه نداشته است، نودل را بیرنگ کرده و حجم و کیفیت نان چینی را کاهش داده است [۲۹].

در سال های اخیر در کشور سوئد از تفاله چغندر ماده ای جدید با نام تجاری "فایبرکس" به بازارهای جهانی عرضه شده است [۸،۷]. استفاده از فایبرکس در تولید نان هم به لحاظ خصوصیات تکنولوژیکی و هم تغذیه ای مورد توجه است. افزایش زمان ماندگاری و جلوگیری از بیات شدن، بهبود قابلیت برش خوردن، کاهش خرد شدن و ضایعات، افزایش بازده، بهبود پروسه فرآوری از خمیر نرم، کاهش برآمدگی حاصل از انجماد، کاهش چروکیدگی و شکستگی حین پخت، افزایش زمان ماندگاری خمیرترش و حفظ سلامتی عمده ترین فواید استفاده از فایبرکس در نان هستند. فایبرکس را می توان هم در تولید نان های سنتی و مسطح نظیر لواش و هم در تولید نان های فانتزی به کار برد [۳۰]. نان بربری یکی از نان های سنتی مصرفی در ایران است. آرد مصرفی برای تهیه نان بربری آرد ستاره با درجه استخراج حدود ۷۸-۸۲ درصد است.

با مرور پژوهش های پیشین بهترین منابع تأمین کننده فیبر خوراکی و مقدار قابل قبول آن برای افزودن به نان تعیین شده است. به منظور بررسی امکان افزودن فیبر خوراکی به نان، منابع

خواص رئولوژیکی خمیر آرد گندم و کیفیت نان حاصله با افزودن فیبر آسیدین تونیک<sup>۳</sup> بررسی شده است. آزمایش های مقاومت به کشش پذیری، ویسکوزیته و دمای ژلاتینه شدن و سفتی پس از ۵ روز نگهداری در ۲۰ درجه سانتی گراد انجام شده است و خواص فیزیکی نان حاصل، حجم و وزن بررسی شده است. نتایج نشان داده است که این فیبر باعث تأخیر بیاتی شده و زمان ماندگاری را با بهبود ظرفیت نگهداری آب افزایش داده است [۲۱].

اثر افزودن پودر تفاله گوجه فرنگی و پودر تفاله چغندر قند بر خواص فارینوگرافی خمیر نان مقایسه شده است. تفاله گوجه فرنگی و چغندر قند پس از آماده سازی اولیه، با درصد های مختلف (۰، ۱، ۳، ۵، ۷ و ۱۰ درصد وزنی آرد) به آرد افزوده شده و سپس خواص فارینوگرافی و میزان جذب آب در نمونه ها مقایسه شده است. نتایج آزمون فارینوگراف نشان داد که با افزایش درصد تفاله، میزان جذب آب در آرد و خمیر افزایش می یابد. همچنین با افزایش درصد تفاله چغندر قند، زمان رسیدن، گسترش و ثبات خمیر افزایش می یابد، در صورتی که در تفاله گوجه فرنگی کاهش می یابد. شاخص مقاومت به اختلاط و نرم شدن خمیر، با افزایش درصد تفاله چغندر قند کاهش و در تفاله گوجه فرنگی افزایش می یابد [۹].

در مطالعات متعدد، کاربردهای فیبر اسفرزه (پسیلیوم) مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس مطالعه ای در سال ۱۹۸۸، لعاب اسفرزه<sup>۴</sup> یک فیبر رژیمی طبیعی است که می تواند برای کاهش ارزش کالری زایی، جانشین نشاسته در غلات و محصولات پف کرده شود. این ترکیب ممکن است سبب بهبود بافت خمیر در برش، خشک کردن و پف کردن بهتر در تولید غلات و محصولات پف کرده شود [۲۵]. برخی از کاربردهای اسفرزه و لعاب شامل استفاده در نوشیدنی های فوری، کلوچه، محصولات نانویی رژیمی، پودینگ ها با ژل نرم، سس ها و سس های گوشت، سوپ ها و محصولات قنادی است [۲۶]. فورست و همکاران استفاده از اسفرزه را در تولید ترکیبی قابل پخش در آب، به عنوان عامل حجم دهنده رژیمی پیشنهاد دادند [۲۷]. آل هوتی و همکاران اثر ۵-۱ درصد پسیلیوم را بر خواص رئولوژیکی آرد گندم و کیفیت نانوی نان Pan

3. ascidian tunic

4. Psyberloid

آسیاب خانگی و آسیاب چکشی، ترازوی الکتریکی ۰/۰۱ مدل B502 ساخت شرکت Mettler سوئیس، ترازوی الکتریکی ۰/۰۰۰۱ مدل Bp210s ساخت شرکت Sartorius آلمان.

## ۲-۳ روش‌ها

رطوبت آرد با استفاده از آون ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲۰ دقیقه تعیین شد. فیبر با استفاده از روش استاندارد ملی شماره ۸۹۱۷ در پژوهشکده غلات انجام شد [۳۲]. خاکستر به روش کوره الکتریکی اندازه‌گیری شد [۳۳].

آزمون فارینوگراف بر اساس روش ICC و دستورالعمل کارخانه برابندر در بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام گردید. مقدار ۱۰ گرم آرد با ۱۴ درصد رطوبت مورد آزمون قرار گرفت. نرم‌افزار دستگاه قادر به سنجش و ارزیابی شاخص‌های قوام (واحد فارینوگراف)، جذب آب (%)، جذب آب (%)، زمان تکامل خمیر (دقیقه)، زمان ثبات خمیر مقاومت خمیر (دقیقه)، درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۰ دقیقه از شروع (واحد فارینوگراف)، درجه سست شدن خمیر بعد از ۱۲ دقیقه از بیشینه (واحد فارینوگراف)، شاخص کیفیت فارینوگراف بود.

آزمون اکستنسوگراف بر اساس روش استاندارد ICC و دستورالعمل کارخانه در بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. شاخص‌های مورد ارزیابی: حداکثر مقاومت در مقابل کشش ( $R_{max}$ ) برحسب واحد اکستنسوگراف، مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه ( $RS$ ) برحسب واحد اکستنسوگراف، کشش‌پذیری ( $Ex$ ) برحسب میلی‌متر، عدد نسبی ( $RS/Ex$ ): بدون واحد، انرژی خمیر ( $E$ ): برحسب سانتی‌متر مربع بود.

طرح آماری مورد استفاده در این پژوهش، طرح کاملاً تصادفی (CRD) بر پایه آزمون فاکتوریل و با دو سطح فیبر (چغندر قند و اسفزه)، چهار سطح افزودن فیبر (صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد)، مقایسه میانگین‌های نتایج آزمون‌های رئولوژیکی با بهره‌گیری از آزمون تعقیبی چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد، با روش سیستماتیک GLM و با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 انجام گرفت. نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد.

## ۳-نتایج و بحث

### ۳-۱- ویژگی‌های شیمیایی آرد اولیه

در جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های آرد بربری، اسفزه و چغندر قند مصرفی ارائه شده است.

مختلف فیبر خوراکی شامل سبوس جو، برنج، ذرت، جودوسر، گندم، سلولز، مرکبات، دانه کتان، تاج‌خروس، فروکتوز اولیگوساکارید، میوه‌ها، آلو، پسیلیوم (اسفزه)، سویا، نخود، چغندر قند، آفتابگردان و سبزی‌ها، پودر سلولز، هسته خرما و برخی از صمغ‌ها و پایدارکننده‌ها مانند کاراگینان، صمغ عربی، کونجاک، صمغ خرنوب، سدیم کربوکسی متیل سلولز و زانتان بررسی شد. با توجه به مرور منابع تحقیق شده در گذشته و عوامل مؤثر در انتخاب این دو منبع فیبر قابلیت دسترسی، قیمت، رنگ، طعم، ظرفیت جذب آب آرد و ظرفیت نگهداشتن آب پس از پخت، در پروژه حاضر، دو مورد از منابع مختلف فیبر، یک مورد محلول (فیبر اسفزه) و یک مورد نامحلول (فیبر چغندر قند)، برای افزودن به نان با توجه به حداقل اثرات سوء بر خواص کیفی نان انتخاب شد. هدف از این تحقیق تعیین تأثیر افزودن مقادیر مختلف فیبر بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر حاصل و در نهایت تعیین کیفیت و ترکیبات اولیه آرد و منابع فیبر مصرفی برای تولید نان بربری غنی شده با فیبر بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

برای انجام آزمون‌ها از آرد ۷۵-۷۸ درصد استخراج استفاده شد که به صورت تجارتي در تهیه نان بربری به کار می‌روند. مدت اجرای پروژه، آردها در مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و با شرایط استاندارد نگهداری آرد [۳۱]. نگهداری شدند. فیبر چغندر قند از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند خریداری شد. به کمک آسیاب چکشی آرد شده و پس از عبور از الک با مش ۲۰ به آرد افزوده شد. اسفزه از یکی از فروشگاه‌های گیاهان دارویی شهر کرج خریداری شد. به کمک آسیاب چکشی آرد شده و پس از عبور از الک با مش ۲۰ به آرد افزوده شد.

### ۲-۲- تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده

دستگاه فارینوگراف مدل Brabender-E ساخت کارخانه برابندر آلمان، دستگاه اکستنسوگراف مدل Brabender-OHG ساخت کارخانه برابندر آلمان، دستگاه رنگ‌سنج مدل DP-25-9000 ساخت شرکت Hunterlab آمریکا، کوره الکتریکی مدل K1251 ساخت کارخانه Heraeus آلمان،

در جدول ۲ شاخص‌های رنگ نمونه‌های آرد بربری، اسفرزه و چغندرقد و همچنین تأثیر افزودن مقادیر مختلف چغندرقد و اسفرزه بر رنگ مخلوط حاصل نشان داده شده است. از نظر  $L^*$  بین آرد نان بربری و تمام تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. از نظر  $a^*$  به غیر از ۲ و ۴ درصد فیبر چغندرقد تفاوت معنی‌دار بود. از نظر  $b^*$  تنها با ۶ درصد اسفرزه غیر معنی‌دار بود و از نظر  $a^*/b^*$  به غیر از ۲ و ۴ درصد چغندر و ۲ درصد اسفرزه بقیه تیمارها معنی‌دار بودند.

آرد بربری دارای ۱۱/۰۶ درصد پروتئین، ۲۷/۴۱ درصد گلوتن مرطوب و ۱۰/۹۶ درصد گلوتن خشک بود.

جدول ۱ ویژگی‌های شیمیایی آرد نان بربری، اسفرزه و

ویژگی	چغندرقد		
	رطوبت (درصد)	خاکستر (درصد)	فیبر (درصد)
آرد نان بربری	۱۲/۹۶	۰/۸۷	۵/۶۸
اسفرزه	۵/۴۹	۴/۷۹	۲۶/۸۳
چغندرقد	۳/۳۳	۸/۱۲	۶۲/۴۳

جدول ۲ شاخص‌های رنگ آرد نان بربری، اسفرزه و چغندرقد

ویژگی	آرد نان بربری		چغندرقد		اسفرزه		آرد حاوی ۲٪		آرد حاوی ۴٪		آرد حاوی ۶٪		آرد حاوی ۲٪ اسفرزه		آرد حاوی ۴٪ اسفرزه		آرد حاوی ۶٪ اسفرزه			
نوع آرد	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$a^*/b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$a^*/b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$a^*/b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$a^*/b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$a^*/b^*$
آرد نان بربری	f	۹۱/۲۷ ± ۰/۱۱۵	a	۰/۲۸ ± ۰/۰۶۸	d	۱۱/۸۹ ± ۰/۱۲۱	a	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۵	c	۸۲/۸۹ ± ۰/۶۲۶	b	۰/۵۷ ± ۰/۱۱۱	bc	۸۷/۳۰ ± ۱/۸۵۴	c	۰/۶۰ ± ۰/۱۴۵	c	۱۱/۴۷ ± ۰/۱۶۶	ab	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۵
چغندرقد	a	۵۵/۸۰ ± ۰/۴۸۴	e	۲/۰۴ ± ۰/۰۹۵	e	۱۲/۵۳ ± ۰/۰۷۲	d	۰/۱۸ ± ۰/۰۰۵	d	۸۶/۱۰ ± ۰/۲۸۸	d	۰/۹۵ ± ۰/۱۳۱	d	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	bc	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۰۹ ± ۰/۰۲۸
اسفرزه	a	۵۵/۶۹ ± ۰/۶۵۱	f	۳/۴۱ ± ۰/۰۸۷	f	۲۰/۵۸ ± ۰/۱۶۱	d	۰/۱۸ ± ۰/۰۲۸	d	۸۷/۷۳ ± ۰/۰۹۶	e	۰/۳۶ ± ۰/۰۳۰	a	۹۱/۲۷ ± ۰/۱۱۵	f	۳/۴۱ ± ۰/۰۸۷	f	۲۰/۵۸ ± ۰/۱۶۱	d	۰/۱۸ ± ۰/۰۲۸
آرد حاوی ۲٪	e	۸۷/۷۳ ± ۰/۰۹۶	a	۰/۳۶ ± ۰/۰۳۰	b	۱۰/۵۹ ± ۰/۱۰۵	ab	۰/۰۳ ± ۰/۰۰۵	ab	۸۴/۶۴ ± ۰/۰۱۵	c	۰/۴۰ ± ۰/۰۸۰	ab	۹/۹۶ ± ۰/۱۰۱	a	۰/۴۰ ± ۰/۰۸۰	ab	۹/۹۶ ± ۰/۱۰۱	ab	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۵
آرد حاوی ۴٪	c	۸۴/۶۴ ± ۰/۰۱۵	ab	۰/۴۰ ± ۰/۰۸۰	a	۹/۹۶ ± ۰/۱۰۱	ab	۰/۰۴ ± ۰/۰۰۵	ab	۸۲/۸۹ ± ۰/۶۲۶	b	۰/۵۷ ± ۰/۱۱۱	bc	۸۷/۳۰ ± ۱/۸۵۴	c	۰/۶۰ ± ۰/۱۴۵	c	۱۱/۴۷ ± ۰/۱۶۶	ab	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۵
آرد حاوی ۶٪	b	۸۲/۸۹ ± ۰/۶۲۶	b	۰/۳۶ ± ۰/۰۳۰	a	۹/۹۱ ± ۰/۰۳۲	c	۰/۰۶ ± ۰/۰۱۰	c	۸۶/۱۰ ± ۰/۲۸۸	d	۰/۹۵ ± ۰/۱۳۱	d	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	bc	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۰۹ ± ۰/۰۲۸
آرد حاوی ۲٪ اسفرزه	de	۸۷/۳۰ ± ۱/۸۵۴	c	۰/۶۰ ± ۰/۱۴۵	c	۱۱/۴۷ ± ۰/۱۶۶	ab	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۵	ab	۸۶/۱۰ ± ۰/۲۸۸	d	۰/۹۵ ± ۰/۱۳۱	d	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	bc	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۰۹ ± ۰/۰۲۸
آرد حاوی ۴٪ اسفرزه	d	۸۶/۱۰ ± ۰/۲۸۸	d	۰/۹۵ ± ۰/۱۳۱	c	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	bc	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰
آرد حاوی ۶٪ اسفرزه	bc	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	d	۱/۱۲ ± ۰/۰۹۶	d	۱۱/۷۳ ± ۰/۱۳۵	c	۰/۰۹ ± ۰/۰۲۸	c	۸۴/۱۰ ± ۰/۶۱۱	bc	۱۱/۴۲ ± ۰/۰۶۸	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۱ ± ۰/۰۲۰	c	۰/۰۹ ± ۰/۰۲۸

پنتوزان قرار می‌گیرد. طبق نظر رائو و همکاران جذب آب بیشتر از ۶۵ درصد نشان‌دهنده قوی بودن آرد است [۳۴]. در مورد نان‌های مسطح ایرانی گفته می‌شود که اگر جذب آب آرد از ۵۰/۵ درصد پایین‌تر باشد کیفیت آرد ضعیف و بالاتر از ۵۸/۶ آرد قوی خواهد بود [۳۵]. بنابراین گرچه آرد اولیه مصرفی با دارا بودن جذب آب ۵۹/۸ درصد قوی محسوب نمی‌شود، افزودن فیبر در تمامی مقادیر باعث افزایش معنی‌دار ( $p < ۰/۰۵$ ) درصد جذب شده است و خمیر حاصل ویژگی‌های جذب آب خوبی داشته است. با افزایش مقدار فیبر، درصد جذب آب نیز افزایش بیشتری داشته است به طوری که بیشترین درصد جذب آب (۷۲/۸ درصد) مربوط به افزودن ۶ درصد اسفرزه بوده است.

### ۳-۲- آزمون‌های رئولوژیکی خمیر

در جدول ۳ نتایج فارینوگرافی نمونه‌های آرد اولیه و آردهای حاوی درصدهای مختلف اسفرزه و چغندرقد نشان داده شده است.

### ۳-۲-۱- درصد جذب آب و قوام خمیر

میزان جذب آب توسط آرد به لحاظ اقتصادی و کیفیت نان فاکتور بسیار مهمی است. میزان جذب آب رابطه مستقیمی با افزایش راندمان خمیر، رطوبت، نرمی و ماندگاری نان دارد و تحت تأثیر میزان ترکیبات شیمیایی مختلف گندم به خصوص

جدول ۳ تأثیر افزودن مقادیر مختلف فیبر بر ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر

ویژگی	نوع آرد	مقادیر مختلف فیبر												
		قوام (واحد فارینوگراف)	جذب آب (درصد)	زمان تکامل خمیر (دقیقه)	زمان نپاژت خمیر (دقیقه)	شروع (واحد فارینوگراف)	سست شدن ۱۰ دقیقه پس از	پیشینه (واحد فارینوگراف)	سست شدن ۱۲ دقیقه پس از	شاخص کیفیت	شماره			
آرد نان بربری	b	۴۹۳	a	۵۹/۸	a	۳/۵	a	۵/۱	c	۸۹	d	۱۲۴	a	۵۲
آرد حاوی ۲ درصد چغندر قند	a	۴۸۸	b	۶۷/۷	b	۴/۵	d	۷/۱	a	۴۸	a	۷۷	c	۷۱
آرد حاوی ۴ درصد چغندر قند	c	۵۱۱	c	۶۸/۳	c	۵/۸	c	۶/۶	b	۵۵	e	۱۳۴	d	۸۰
آرد حاوی ۶ درصد چغندر قند	e	۵۴۳	d	۶۸/۱	d	۶/۲	d	۵/۷	b	۵۷	e	۱۳۰	e	۸۳
آرد حاوی ۲ درصد اسفرزه	b	۵۰۲	b	۶۵/۱	c	۵/۴	c	۷/۱	d	۴۷	b	۹۰	c	۷۱
آرد حاوی ۴ درصد اسفرزه	d	۵۳۰	b	۶۵/۲	b	۴/۲	b	۵/۰	a	۱۱۶	d	۱۵۷	b	۶۵
آرد حاوی ۶ درصد اسفرزه	d	۵۳۰	d	۷۲/۸	d	۶/۰	d	۵/۶	b	۵۷	c	۱۱۸	d	۷۹

در هر سطر حروف یکسان نشانه عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

موجود در ساختار فیبر، با ایجاد پیوندهای هیدروژنی جذب آب را افزایش می‌دهند [۳۷]. بنابراین افزودن فیبر اساساً جذب آب خمیر را افزایش می‌دهد و میزان افزایش بسته به ساختار فیبر متفاوت است.

نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سریری و همکاران نیز مطابقت دارد. این محققان نیز گزارش کرده‌اند که با افزایش درصد تفاله‌های گوجه‌فرنگی و چغندر قند درصد جذب رطوبت نیز روند افزایشی داشته است و این امر در هنگام تهیه خمیر نان نیز مشاهده شده است. البته افزایش جذب آب در مورد نمونه حاوی تفاله چغندر قند نسبت به نمونه حاوی تفاله گوجه‌فرنگی بیشتر بوده است که می‌تواند به دلیل مقادیر بالاتر فیبر و نقش آن در جذب و نگهداری رطوبت بیشتر باشد. سریری و همکاران نیز گزارش کرده‌اند که درصد جذب رطوبت در آرد همراه با هر یک از تفاله‌ها بیشتر از نمونه‌های شاهد مربوطه بود [۹]. آل‌هوتی و همکاران اثر ۵-۱ درصد پسیلیوم را بر خواص رئولوژیکی آرد گندم و کیفیت نانایی نان Pan بررسی کردند. در این تحقیق افزایش ۱ درصد پسیلیوم باعث افزایش ۴ درصد در جذب آب فارینوگراف شده است که با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد [۲۸].

در جدول ۳ مشاهده می‌شود که افزودن مقادیر مختلف فیبر تأثیر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بر قوام خمیر حاصل داشته است. در سطح افزودن ۲ درصد تفاوت معنی‌داری با شاهد مشاهده نشده است و حتی با افزودن فیبر چغندر قند اندکی کاهش در میزان قوام نیز مشاهده شده است اما به‌طور کلی افزودن فیبر باعث افزایش قوام نسبت به شاهد شده است. بیشترین میزان قوام در نمونه حاوی ۶ درصد چغندر قند ثبت شده است. این نتایج با یافته‌های نیکوزاده و همکاران که اثرات جایگزین کردن مقادیر ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد پوسته اسفرزه را بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت و ماندگاری نان سنگک بررسی کرده‌اند، مطابقت دارد. این محققان نیز گزارش کرده‌اند که درصد جذب آب آرد با افزودن پوسته اسفرزه به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است ( $p < 0.05$ ). بالاترین میزان جذب آب مربوط به نمونه حاوی ۱۰ درصد پوسته اسفرزه و پایین‌ترین میزان جذب آب مربوط به نمونه شاهد بوده است [۱۰]. افزایش در جذب آب آردهای حاوی پوسته اسفرزه در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است [۲۲، ۲۹]. اثرات مشابهی بر جذب آب با افزودن سبوس گندم [۱۷]، سبوس چاودار [۳۶] مشاهده شده است. بررسی هیدروکلوئیدهای مختلف نشان داده است که تعداد زیاد گروه‌های هیدروکسیل

**۳-۲-۲-زمان تکامل خمیر**

با توجه به زمان تکامل خمیر یا زمان مورد نیاز برای تبدیل آرد به خمیر، می‌توان به روند تورم خمیر طی عمل‌آوری پی برد. هر چه مقدار و کیفیت گلو تن آرد بهتر باشد، زمان تکامل خمیر طولانی‌تر می‌شود. در خصوص گندم‌های ایرانی در تحقیقات متعددی زمان تکامل خمیر حاصل از واریته‌های مختلف گندم کمتر از ۴ گزارش شده است و به‌طور میانگین زمان تکامل بالاتر از ۳ دقیقه را مطلوب دانسته‌اند [۳۵،۳۸،۳۹]. در جدول ۳ تأثیر افزودن مقادیر مختلف اسفرزه و چغندر قند بر زمان تکامل خمیر بررسی شده است. مشاهده می‌شود که آرد اولیه با دارا بودن زمان تکامل ۳/۵ دقیقه از نظر تشکیل شبکه گلو تنی در وضعیت مطلوبی قرار داشته است. افزودن مقادیر مختلف فیبر در تمام سطوح باعث بهبود معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) زمان تکامل خمیر شده است به‌طوری‌که با افزودن ۶ درصد اسفرزه یا چغندر قند زمان تکامل خمیر به ۶ دقیقه افزایش یافته است. نتایج تحقیق نیکوزاده و همکاران نیز بیانگر این بوده است که در آرد حاوی پوسته اسفرزه زمان تکامل خمیر افزایش چشمگیری داشته است ( $p < 0/01$ ) [۱۰]. در بررسی اثر افزودن سبوس گندم [۳۴] و در بررسی اثر افزودن سبوس چاودار (لوریکاین و هارکونن، ۱۹۹۸)، افزایش زمان تکامل خمیر گزارش شده است؛ اما دآپولونیا و یانگز در بررسی اثر افزودن سبوس جودوسر بر ویژگی‌های فارینوگراف خمیر نشان دادند که زمان تکامل خمیر با افزودن سبوس کاهش می‌یابد [۴۰]. تفاوت در اثر فیبرهای مختلف بر زمان تکامل خمیر را می‌توان با فعل‌وانفعال بین فیبرها و پروتئین گلو تن آرد گندم مرتبط دانست. چن و همکاران در بررسی میکسوگراف مخلوط آرد گندم و فیبر نشان دادند که رقیق‌شدن گلو تن با فیبر به‌تنبهایی نمی‌تواند تمام تغییرات مشاهده‌شده در خصوصیات اختلاط مخلوط‌های حاوی آرد گندم و فیبر را توضیح دهد. شواهد موجود از امکان فعل‌وانفعال بین فیبر و گلو تن می‌تواند خصوصیات نانویی ضعیف نان حاوی فیبر را توضیح دهد [۲۶].

**۳-۲-۳-زمان ثبات خمیر**

زمان ثبات خمیر نشان‌دهنده کیفیت پروتئینی آرد است. هرچه درصد پروتئین بیشتر و کیفیت آن بهتر باشد طبیعتاً آرد قوی‌تر بوده و خمیر حاصل زمان ثبات بیشتری دارد. در صورتی‌که زمان مقاومت آرد از ۴ دقیقه بالاتر باشد، کیفیت آرد قوی خواهد بود. در تحقیق حاضر این زمان برای نمونه شاهد ۵/۱ دقیقه بوده است. افزودن فیبر باعث بهبود زمان ثبات خمیر

( $p < 0/05$ ) شده است، اما به نظر می‌رسد این افزایش در سطح ۲ درصد فیبر بیشتر از مقادیر ۴ و ۶ درصد بوده است. بیشترین مقدار زمان ثبات خمیر با افزودن ۲ درصد فیبر چغندر قند و اسفرزه به دست آمده است. زمان تکامل خمیر و زمان ثبات خمیر با یکدیگر رابطه مثبت ( $+0/553$ ) و معنی‌داری دارند [۴۱]. از این‌رو آردهایی که زمان تکامل خمیر بالایی دارند، قاعدتاً باید زمان ثبات خمیر خوبی نیز داشته باشند. این مطلب در نتایج تحقیق حاضر مشاهده نشده است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در مورد فیبر اسفرزه افزایش مقدار فیبر باعث افزایش معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) زمان تکامل شده است در حالی‌که در خصوص زمان ثبات کاهش معنی‌داری ثبت شده است. در مورد چغندر قند نیز بیشترین زمان ثبات با کمترین مقدار افزودنی به دست آمده است که با نتایج پیش‌بینی‌شده، انطباق ندارد. نیکو زاده و همکاران افزایش زمان مقاومت خمیر را در اثر افزودن پوسته اسفرزه، گزارش کرده‌اند. در تحقیق این محققان آرد حاوی ۱۰ درصد پوسته اسفرزه علاوه بر بالا بودن زمان تکامل خمیر، بالاترین زمان مقاومت (۱۲/۷۲ دقیقه) را در بین نمونه‌ها داشته است [۱۰]. نتایج تحقیق سریری و همکاران نیز نشان داده است که مدت زمان رسیدن، تکامل و ثبات خمیر نان با افزایش درصد تقاله چغندر قند افزایش یافته است [۹].

**۳-۲-۴-سست شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه از شروع**

در جدول ۳ تأثیر افزودن مقادیر مختلف اسفرزه و چغندر قند به ترتیب بر میزان سست شدن خمیر پس از ۱۰ دقیقه از شروع و ۱۲ دقیقه از پیشینه منحنی فارینوگرام نشان داده شده است. این پارامتر معیاری برای سنجش کیفیت و قدرت خمیر است و هر چه مقدار آن بیشتر باشد آرد و خمیر ضعیف‌تر خواهد بود. آردهای ضعیف درجه سست شدن بالاتر از ۱۵۰ واحد فارینوگراف و آردهای قوی درجه سست شدن کمتر از ۴۰ واحد فارینوگراف دارند. در جدول ۳ مشاهده می‌شود که پس از ۱۰ دقیقه بیشترین میزان سست شدگی در آرد حاوی ۴ درصد اسفرزه به وجود آمده است که حتی از نمونه شاهد هم بیشتر بوده است ( $p < 0/05$ ). اما در سایر تیمارها میزان سست شدن در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داشته است و از این نظر افزودن فیبر تأثیر مطلوبی داشته است.

**۳-۲-۵-سست شدن خمیر پس از ۱۲ دقیقه از پیشینه**

در جدول ۳ مشاهده می‌شود که افزودن مقادیر ۴ درصد فیبر اسفرزه و ۴ و ۶ درصد فیبر چغندر قند در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی‌دار میزان سست‌شدگی پس از ۱۲ دقیقه از

اندازه قابلیت پخت و تولید نان را دارا است و در واقع جمع‌بندی نتایج حاصل از زمان مخلوط شدن خمیر، زمان ثبات و سست شدن خمیر است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود آرد اولیه شاخص کیفیت خوبی داشته است. افزودن فیبر در تمامی سطوح باعث بهبود معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) و چشمگیر این شاخص شده است. آرد حاوی فیبر چغندر قند شاخص کیفیت بهتری نسبت به آرد حاوی اسفرزه داشته است. با افزودن ۴ و ۶ درصد چغندر قند این شاخص به ترتیب به ۸۰ و ۸۳ رسیده است که بسیار خوب است.

### ۳-۲-۷- حد اکثر مقاومت در مقابل کشش

همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود اثر افزودن منابع فیبر مختلف با مقادیر مختلف بر حداکثر مقاومت خمیر به کشش معنی‌دار است ( $p < 0.05$ ). به جز تیمار افزودن ۲ درصد چغندر قند در تمامی تیمارهای دیگر با افزودن فیبر ویژگی مقاومت به کشش بهبود یافته است. در مورد ۴ درصد چغندر قند اثر افزودن معنی‌دار نبوده است. اگر مقاومت ماکزیم زیاد باشد خمیر گسترش و تورم کافی نیافته و در هنگام تخمیر متورم نمی‌شود و اگر کم باشد نشانه ضعیف بودن آرد است (کمتر از ۱۵۰ واحد اکستنسوگراف) [۳۵]. به‌طور کلی خمیرهایی که مقاومت ماکزیم متوسطی در برابر کشش داشته باشند هنگام فرآوری خمیر و پخت نان کیفیت مطلوب‌تری ایجاد می‌کنند.

جدول ۴ تأثیر افزودن مقادیر مختلف فیبر بر ویژگی‌های اکستنسوگرافی خمیر

ویژگی نوع آرد	حداکثر مقاومت به کشش (واحد اکستنسوگراف)	مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه (واحد اکستنسوگراف)	قابلیت کشش (میلی‌متر)	عدد نسبی	انرژی خمیر (سانتی‌متر مربع)
آرد نان بربری	b ۴۹۰	b ۴۲۰	c ۱۵۰	a ۲/۸	b ۱۰۴
آرد حاوی ۲٪ چغندر قند	a ۲۷۰	a ۲۳۰	d ۱۶۷	a ۱/۳۷	a ۶۳
آرد حاوی ۴٪ چغندر قند	c ۵۷۵	c ۵۷۰	a ۹۳	c ۶/۱۲	a ۷۲
آرد حاوی ۶٪ چغندر قند	b ۴۴۰	b ۴۴۰	a ۹۵	b ۴/۶۳	a ۶۰
آرد حاوی ۲٪ اسفرزه	d ۶۳۵	c ۵۹۵	b ۱۳۳	b ۴/۴۷	d ۱۲۰
آرد حاوی ۲٪ اسفرزه	e ۷۹۰	d ۷۸۰	a ۱۰۵	c ۷/۴۲	c ۱۱۳
آرد حاوی ۶٪ اسفرزه	f ۸۹۰	e ۸۷۰	a ۹۵	d ۹/۱۵	c ۱۱۳

در هر سطر حروف یکسان نشانه عدم وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

بیشینه شده است. نمونه حاوی ۴ درصد اسفرزه بیشترین میزان سست‌شدگی (۱۵۷ واحد فارینوگراف) را داشته است. به نظر می‌رسد با افزودن ۴ درصد اسفرزه در مقایسه با ۲ و ۶ درصد از آن تغییر معنی‌دار و قابل توجهی در منحنی فارینوگرافی به وجود می‌آید و خواص رئولوژیکی تغییر می‌کند. این تغییر در مورد منحنی‌های اکستنسوگرافی (جدول ۴) نیز دیده شده است که جای بررسی بیشتر دارد. به‌طور کلی نتایج این تحقیق با یافته‌های نیکوزاده و همکاران مطابقت دارد که گزارش کرده‌اند با افزایش مقدار پسته اسفرزه درجه سست شدن خمیر پس از ۱۰ و ۲۰ دقیقه کاهش و ارزش نانوائی آرد افزایش یافته است. این نتایج حاکی از آن است که با افزودن پسته اسفرزه به آرد، قوت آرد حاصل افزایش یافته است [۱۰]. البته این محققان تغییر خواص در سطح ۴ درصد که تقریباً معادل ۵ درصد در تحقیق آنان است را گزارش نکرده‌اند. سریری و همکاران گزارش کرده‌اند که مدت زمان سست شدن خمیر پس از ۵ و ۱۲ دقیقه در نمونه‌های حاوی چغندر قند با افزایش درصد تفاله و همچنین در نمونه‌های شاهد کاهش یافت [۹].

### ۳-۲-۶- شاخص کیفیت فارینوگراف

شاخص کیفیت فارینوگراف که در مدل‌های جدیدتر فارینوگرافی سنجیده می‌شود تقریباً معادل ارزش نانوائی یا والریمتری آرد است. به این مفهوم که آرد مورد استفاده تا چه



کشش پذیری شده است. با افزودن مقادیر مختلف فیبر (۴ یا ۶ درصد) تفاوت معنی داری ( $p < 0/05$ ) در کشش پذیری مشاهده نشد.

### ۳-۲-۱۰- عدد نسبی

با استفاده از عدد نسبی خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای مختلف با یکدیگر مقایسه می‌شوند. عدد نسبی یا نسبت مقاومت ماکزیمم در برابر کشش به کشش پذیری، پارامتری بدون واحد بوده و اگر عدد متوسط (حدود ۴-۲) باشد بهترین حالت برای نان‌های سنتی ایران است [۳۹]. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود عدد نسبی در تیمارهای مختلف بسیار متغیر بوده و از ۱/۳۷ در نمونه حاوی ۲ درصد فیبر چغندر قند تا ۹/۱۵ در نمونه حاوی ۶ درصد اسفزه ثبت شده است. افزودن ۲ درصد فیبر چغندر قند تأثیری بر عدد نسبی نداشته است ( $p < 0/05$ ). تأثیر افزودن فیبر اسفزه بر این شاخص قابل ملاحظه‌تر از فیبر چغندر قند بوده است. با افزایش مقدار اسفزه، عدد نسبی افزایش معنی داری ( $p < 0/05$ ) داشته است.

### ۳-۲-۱۱- انرژی خمیر

سطح زیر منحنی اکستنسوگرام معیاری از انرژی خمیر به شمار می‌رود که هر چه بیشتر باشد خمیر قوی‌تر است و معیاری از کشش پذیری و مقاومت ماکزیمم در برابر کشش است. اگر انرژی خمیر از ۳۷ سانتی‌متر مربع کمتر باشد آرد ضعیف و بیش از ۱۶۲ سانتی‌متر مربع آرد بسیار قوی است. کیفیت مطلوب آرد مربوط به سطح انرژی متوسط (حدود ۳۲ سانتی‌متر مربع) است [۳۵]. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها انرژی خمیر مطلوب بوده است. در خصوص انرژی خمیر نکته جالبی وجود داشته است. با افزودن فیبر چغندر قند در مقایسه با نمونه شاهد انرژی خمیر کاهش معنی داری داشته است و این کاهش مرتبط با مقدار افزودن چغندر قند نبوده است. اما افزایش اسفزه در تمامی سطوح باعث افزایش معنی دار انرژی خمیر شده است. این افزایش در مورد نمونه حاوی ۲ درصد اسفزه بیش از سایر تیمارها بوده است ( $p < 0/05$ ).

### ۴- نتیجه گیری

افزودن مقادیر مختلف فیبر تأثیر معنی داری ( $p < 0/05$ ) بر قوام خمیر و درصد جذب داشته و باعث افزایش آن‌ها نسبت به شاهد شده است. فیبر در تمام سطوح باعث بهبود معنی دار

آرد اولیه که به صورت تجاری برای تهیه نان بربری به کار می‌رود، مقاومت به کشش خوبی داشته است. افزودن منابع فیبر مختلف نیز توانسته است به نحو مطلوبی مقاومت ماکزیمم را بهبود دهد. بیشترین مقاومت به کشش در نمونه حاوی ۶ درصد اسفزه (۸۹۰ واحد اکستنسوگراف) مشاهده شده است. نتایج مشابهی توسط نیکوزاده و همکاران با افزایش سبوس جودوسر به آرد نان سنگک به دست آمده و خمیر قادر به حفظ بهتر گازهای تولید شده حین تخمیر شده است [۴۲].

### ۳-۲-۸- مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود که اثر افزودن منابع فیبر مختلف با مقادیر مختلف بر مقاومت خمیر به کشش معنی دار است ( $p < 0/05$ ). به جز تیمار افزودن ۲ درصد چغندر قند در تیمارهای دیگر با افزودن فیبر ویژگی مقاومت به کشش بهبود یافته است. اثر فیبر اسفزه بر این شاخص به طور چشمگیری مشخص‌تر از فیبر چغندر قند بوده است. با افزایش مقدار اسفزه، مقاومت به کشش به طور معنی داری افزایش یافته است. بیشترین مقاومت به کشش بعد از ۵ دقیقه به ترتیب در خمیرهای حاوی ۶ درصد (۸۷۰ واحد اکستنسوگراف) و ۴ درصد اسفزه (۷۸۰ واحد اکستنسوگراف) مشاهده شده است.

### ۳-۲-۹- قابلیت کشش

قابلیت کشش یا کشش پذیری معیاری است از میزان تورم آرد و خمیر، اگر الاستیسیته کم باشد خمیر چسبیده بوده و قابلیت کشش و متورم شدن هنگام پخت نخواهد داشت از طرف دیگر اگر مقدار آن زیاد باشد قابلیت جابه‌جایی و کار کردن با خمیر را مشکل می‌کند. کشش پذیری بیش از ۱۸۰ میلی‌متر مربوط به آردهای ضعیف و کشش پذیری معادل ۱۵۵ میلی‌متر مربوط به آردهای قوی است. در مورد پخت مناسب نان مقدار کشش پذیری از متوسط تا زیاد قابل قبول خواهد بود [۳۵]. بهبود کشش پذیری خمیر سبب بهبود خواص نگهداری آب و گاز در خمیر می‌شود. این امر در کاهش بیاتی و حفظ تازگی نان بسیار مؤثر است. یکی از دلایل عمده ضایعات نان مربوط به پایین بودن کشش پذیری خمیر و سستی آن است [۳۸]. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود اثر افزودن منابع فیبر مختلف با مقادیر مختلف بر کشش پذیری خمیر معنی دار است ( $p < 0/05$ ). با کاربرد ۲ درصد فیبر چغندر قند کشش پذیری در مقایسه با نمونه شاهد افزایش معنی داری داشته است. مقادیر بالاتر فیبر موجب کاهش معنی دار و مطلوب

- Motility Disorders (pp. 75-89). Springer International Publishing.
- [5] Prentice, N. and B.L.D Applonia. 1997. High fiber bread containing brewer's spent grain. *Cereal Chemistry*. Vol. 54. No. 5:1084-1095.
- [6] Payan, R. 1998. Introduction on cereals products technology. Second Edition. Noor Pardazan Publications. Tehran: 313.
- [7] Sarboloki, SH. 1998. Effect of sugar beet fiber on blood sugar and lipid parameters in patients with diabetes type II. Master thesis. Faculty of Nutrition Science and Food Technology. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. Tehran.
- [8] Taleban F. A. and M. Taghizadeh. 1996. Effect of wheat bread and bread with sugar beet fiber on blood triglycerides and lipoprotein. Seventh Congress of Internal Medicine.
- [9] Sariri, F. 2009. Comparison of tomato and sugar beet pulp powders on farinograph properties of dough. Eighteenth National Congress of the food Technology. 25-24 October 2009. Mashhad.
- [10] Nikoozadeh, H. Taslimi, A. Azizi, M. H. 2008. The effect of the psyllium addition on the rheological properties of dough and quality of Sangak bread. Eighteenth National Congress of the food Technology. 25-24 October 2008. Mashhad.
- [11] Almana, H.A, and R.M. Mahmod. 1994. Palm data seed as an alternative source of dietary fiber in Saudi bread. *Ecology of Food and Nutrition*. Vol.32. No.3-4: 261-270.
- [12] Douglas, L.C., S.J. Clarke., R.M. Rao, and R.M. Grodner. 1995. Bakery products incorporating sugarcane fiber.
- [13] Kim, H.T., and W. Moon. 1999. Quality attributes of bread with soymilk residue dietary fiber. *Food Science and Biotechnology*. Vol. 8. No. 4: 245-250.
- [14] Mikung, C., and W. Jong. 1994. Preparation of high fiber bread with barely flour. *Korean Journal of Food Science and Technology*. Vol. 28. No. 4:702-704. Newman, R.K., Ore, K.C., Abbott, J. and Newman, C.W.
- [15] Newman, R.K., Ore, K.C., Abbott, J. and Newman, C.W. 1998. Fiber enrichment of baked products with a barely milling fraction. *Cereal Food World*. Vol. 43. No. 1:23-25.
- [16] Ozboy, O., and H. koxsel. 1999. Utilization of sugar beet fiber in the

( $p < 0.05$ ) زمان تکامل و زمان ثبات خمیر شده است. پس از ۱۰ دقیقه بیشترین میزان سست شدگی در آرد حاوی ۴ درصد اسفرزه به وجود آمده است که حتی از نمونه شاهد هم بیشتر بوده است ( $p < 0.05$ ). اما در سایر تیمارها میزان سست شدن در مقایسه با شاهد به طور معنی داری کاهش داشته است و از این نظر افزودن فیبر تأثیر مطلوبی داشته است.

افزودن مقادیر ۴ درصد فیبر اسفرزه و ۴ و ۶ درصد فیبر چغندر قند در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی دار میزان سست شدگی پس از ۱۲ دقیقه از بیشینه شده است. آرد حاوی فیبر چغندر قند شاخص کیفیت بهتری نسبت به آرد حاوی اسفرزه داشته است. به جز تیمار افزودن ۲ درصد چغندر قند در تمامی تیمارهای دیگر با افزودن فیبر ویژگی مقاومت به کشش بهبود یافته است. در مورد ۴ درصد چغندر قند اثر افزودن معنی دار نبوده است. افزودن منابع فیبر مختلف نیز توانسته است به نحو مطلوبی مقاومت ماکزیمم را بهبود دهد. اثر فیبر اسفرزه بر مقاومت خمیر به کشش به طور چشمگیری مشخص تر از فیبر چغندر قند بوده است. اثر افزودن منابع فیبر مختلف با مقادیر مختلف بر کشش پذیری خمیر معنی دار است ( $p < 0.05$ ). تأثیر افزودن فیبر اسفرزه بر عدد نسبی قابل ملاحظه تر از فیبر چغندر قند بوده است. در تمامی تیمارها انرژی خمیر مطلوب بوده است. تفاوت در نوع و مقدار هیدروکلوئیدهای موجود در این دو نوع تفاله می تواند دلیلی بر بروز خواص رئولوژیکی متفاوت باشد [۹].

## ۵- منابع

- [1] Basman, A., and H. Koxsel. 1999. Properties and composition of Turkish flat bread (Bazlama) supplemented with barley flour and wheat bran. *Cereal Chemistry*. Vol. 76. No. 4: 506-511.
- [2] Marlet, J.A., and J.L. Slavin. 2002. Position of the American Dietetic Association: Health implication of dietary fiber. *Journal of the American Dietetic Association*. Vol. 102. No. 7: 993-1000.
- [3] Anderson J.W., Baird P, Davis RH Jr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Review*. Vol. 67. No. 4:188-205.
- [4] Bredenoord, A.J., Smout, A. and Tack, J., 2016. Colon. In *A Guide to Gastrointestinal*

- sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. *LWT-Food Sci. and Technol.* Vol.39. No. 5: 479-491.
- [30] Anon (1). 2009. Fibrex (From sugar beet to fibrex). Shams Company. <http://www.Shamsinc.com>
- [31] Anon (2). Livestock, poultry and aquatic, Insoluble fiber in neutral detergent, Insoluble fiber in acidic detergent, Insoluble lignin in acidic detergent, acidic method.. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. National standard. The first revision. No. 8917.
- [32] Anon (3). 1997. Wheat flour storage procedure. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Standard No. 3988.
- [33] Anon (4). 1988. ICC standards methods for cereal science and technology. Verlag Moritz Schaefer, Detmold Germany.
- [34] Rao, P.H. Rahim, A. Prabhavathi, C. Shurpalekar, S.R. 1976. Physicochemical, rheological and milling characteristics of Indian durum wheat. *Journal of Food Technology.* Vol. 13: 317-322.
- [35] Karimi, M. and Z. Sheikholeslam. 1998. The effect of adding malt extract and powder to wheat flour in order to delay staling and improving the quality of flat breads. *Agricultural Engineering Research Institute.* Issue No: 116, 53.
- [36] Laurikainen, T., and H. Harkonen. 1998. Effects of enzymes in fiber-enriched baking. *Journal of Food and Agriculture.* Vol. 76:239-249.
- [37] Rosell, C.M., J.A. Rojas and C. Benedito de Barber. 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloid.* Vol. 15. No. 1:75-81.
- [38] Bideli. N. 2005. The value of bread and bread staling rate of five wheat cultivars in Khorasan province. *Agricultural Engineering Research Institute.* No: 18, 19-37.
- [39] Sheikholeslam. Z. 1998. Investigation on the possibility of optimizing dough preparation and fermentation to reduce waste in the traditional bread in Mashhad. *Agricultural Engineering Research Institute.* Issue No: 115, 63.
- [40] D'Appolonia and V.L. Youngs. 1978. Effect of bran and high-protein concentrate from oats on dough properties and bread quality. *Cereal Chemistry.* Vol. 55. No. 5: 736-743.
- production of high fiber bread. *Zuckerindustrie.* Vol. 124. No. 9:712-715.
- [17] Pomeranz, Y. Y. Pomeranz, m. D. Shogren, k. F. Finney, and d. B. Becl-iteli,. 1977. Fiber in bread making, effect on functional properties. *Cereal Chemistry.* Vol. 54. No. 1: 25-41.
- [18] Ranhotra, G.S. J. A. Gelroth, and K. Astroth. 1990. Total and soluble fiber in selected bakery and other products. *Cereal Chemistry.* Vol. 67. No. 5: 499-450.
- [19] Saura, C. F. 1993. Dietary fiber in apples: New types of high quality fiber. *Alimentaria.* Vol. 30. No. 242: 57-61.
- [20] Tangkanakul, P. P Tungtrakul. 1995. Physical and chemical properties of high fiber breads and cookies. *Food.* Vol. 25. No. 2: 95-107.
- [21] Yook, H.S. Kim, Y. H. Ahn, H. J. Kim, D. Kim, J. O. Byun, M. W. 2000. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Holocynthia roretzi*) tunic. *Korean J. of Food Sci. and Technol.* Vol. 32. No. 2: 387-395.
- [22] Czuchajowska Z. B. Paszczynska, Y. Pomeranz. 1992. Functional properties of psyllium in wheat-based products. *Journal of Cereal Chemistry.* Vol. 69. No. 5: 516-520.
- [23] Hemati Moghadam. A. R. Psyllium, healing mucilage. *Shargh Newspaper.* 21 May 2004. The first year (1).
- [24] Abbasi, Z. 2009. Sugar beet fiber suitable for the production of functional food products. *Journal of Agricultural Engineering and Natural Resources.* Sixth year. No. 24: 48-51.
- [25] Anon (1). 1988. Psyllium husk fiber. *Bot. Int. Tech. Bull.* 810.
- [26] Chan, J.K.C., and V. Wypyszyk. 1988. A forgotten natural dietary fiber: Psyllium mucilloid. *Cereal foods World.* Vol. 33: 919.
- [27] Furst, G.A., D.E. Allen, P.C. Altamore. 1989. Water-dispersible compound containing psyllium powder as a dietary bulking agent. U. S. patent. No. 4,828,842.
- [28] Al- Hooti, S., Sidhu, J., Al-Saqar, J., Al-Othman, A. and Alomirah, H. 2004. Effect of Psyllium on rheological properties of wheat flour and baking quality of pan bread. *IFT Annual Meeting, July 12-16 - Las Vegas, NV.*
- [29] Katina, L., M. Marttila, M.S., Partanen, R. Forssel, P. Autio, K. 2006. Effects of

[42] Nikoozadeh, H. 2011. Effects of the addition of oat bran on the rheological characteristics of dough and quality of Sangak bread. *JFST* Vol. 8, No. 1: 1-10.

[41] Ćurić, D., D. Karlović, D. Tušak, B. Petrović and J. Đugum. 2001. Gluten as a standard of wheat flour quality. *Food Technology and Biotechnology*. Vol. 39. No. 4: 353-361.

## Study and comparing of the sugar beet and psyllium fibers on the rheological properties of the Barbari bread dough

Behmadi, H. <sup>1\*</sup>, F. Shavakhi

1. Member of Scientific Board, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
  2. Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- (Received: 94/6/17 Accepted: 94/9/12)

In recent years dietary fibers have been considered due to its beneficial effects. Since the amount of fiber in dietary diet is usually less than the recommended amount (30 gr/day), fortification of bread with fiber can play an important role to achieve its health benefits. This project was studied to investigate on the possibility of supplementation of flour with dietary fibers. Two different source of fiber, a soluble fiber (psyllium) and an insoluble fiber (sugar beet) were selected based on the least adverse effects on bread quality. Important criteria for selecting the source of fiber were cost, color, flavor, water holding capacity after cooking. Flour and fiber characteristics including moisture content, ash and color indices ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*/b^*$ ) were determined. The effects of supplementation on the rheological properties of dough including farinography [Consistency, Development time, Stability time, Degree of softening (10 min after begin, Degree of softening (ICC 12 min after max, farinograph quality number] and extensography [maximum resistance ( $R_m$ ), resistance to stretching ( $R_s$ ), Extensibility, ( $R_s/Ex$ ), Energy ( $E$ )]. Statistical design were completely randomized design based on full factorial test with two levels of fiber, four levels of added fiber (0, 2, 4, 6 percent). Results showed that adding fiber in general improved rheological properties of dough.

**Keywords:** Barbari, Flour, Psyllium fiber, Rheological properties, Sugar beet fiber.

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: [hbehmadi@yahoo.com](mailto:hbehmadi@yahoo.com)