



## بررسی تاثیر افزودن سبوس برنج بر محتوای اکریل آمید و ویژگی های بافتی نان قالبی

لیلی فدایی اشکیکی<sup>۱\*</sup>، ماندانا طایفه<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

### اطلاعات مقاله

### چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۱

کلمات کلیدی:

اسیدفیتیک،

اکریل آمید،

سبوس برنج،

نان قالبی،

هیدروترمال.

DOI: 10.52547/fsct.19.124.101

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.124.18.5

\* مسئول مکاتبات:

Leili\_fd97@yahoo.com

سبوس برنج به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از فیبر و پروتئین می تواند ترکیب مناسبی جهت غنی سازی نان باشد. با این وجود افزودن سبوس برنج به دلیل اختلال در ویژگی های بافتی و حسی و هم چنین وجود اسیدفیتیک در آن باید مورد بررسی بیشتری قرار گیرد. از طرف دیگر هنگام پخت نان با دماهای بالای ۱۲۰ درجه سانتی گراد از طریق واکنش میلارد، ترکیبی سرطازا به نام اکریل آمید تولید می شود که می توان با از دسترس خارج کردن عوامل موثر در تولید آن، میزان تولید اکریل آمید را به حداقل رساند. در این پژوهش سبوس برنج (معمولی و هیدروترمال شده) در درصد های مختلف (۰ (شاهد)، ۳، ۶ و ۹ درصد جهت غنی سازی آرد گندم و تهیه نان حجیم مورد استفاده قرار گرفت. سپس تغییرات رنگ، میزان اکریل آمید و ویژگی های بافتی ارزیابی شدند. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش میزان کارگیری سبوس در نان، میزان تغییر رنگ و غلظت اکریل آمید نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت و هم چنین نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال شده (با مقادیر مشابه سبوس معمولی) دارای مقادیر بیشتری اکریل آمید بودند. سختی، چسبندگی، صمغیت و مقاومت به جویدن با افزایش درصد سبوس روندی افزایشی نسبت به نمونه ی شاهد داشتند، در صورتی که پیوستگی و فتریت با افزایش درصد سبوس روندی کاهشی نشان دادند. با توجه به نتایج به دست آمده براساس حد مجاز مصرف روزانه اکریل آمید و با عنایت به کاهش میزان اسیدفیتیک در نمونه های نان حاوی سبوس فراوری شده، تیمار حاوی ۳٪ سبوس هیدروترمال شده، به دلیل دارا بودن کمترین میزان اکریل آمید بین تیمارهای حاوی سبوس برنج فراوری شده (۷۷ درصد بیشینه مجاز مصرف) و ویژگیهای بافتی و حسی قابل قبول پیشنهاد می گردد.

## ۱- مقدمه

غلات در پایه هرم غذایی انسان قرار دارد و با در بر داشتن پروتئین، مواد معدنی و ویتامین های گروه B دارای ارزش غذایی بالا بوده و به خوبی انرژی مورد نیاز انسان را فراهم می کند. نان با داشتن قیمت مناسب می تواند در دسترس عموم مردم قرار گیرد و از این نظر دارای اهمیت ویژه ای می باشد. افزایش ارزش غذایی نان با افزودن مواد مغذی، امکان پذیر است. از این رو استفاده از سبوس برنج که شامل پروتئین (آلبومین، گلوبومین، گلوتامین، پرولامین و...)، فیبرهای محلول و نامحلول، مواد معدنی، ویتامین های گروه B و نیاسین می باشد، در نان مورد توجه قرار گرفته است. فیبر سبوس برنج شامل ۹٪ فیبر محلول و فیبر نامحلول است که به دلیل ارزش غذایی بالا در مواد غذایی عمل گرا افزوده می شود. فیبرها به بهبود عملکرد روده ها کمک کرده و با افزایش حرکات دودی شکل باعث کاهش و جلوگیری از ابتلا به سرطان روده خواهند شد و همچنین با افزایش حساسیت سلول ها به جذب انسولین می توانند باعث کاهش قند خون و متعاقبا کلسترول خون شوند که خود کاهش ابتلا به بیماری های قلب عروقی را سبب می شود [۱]. در کنار این ترکیبات مغذی عوامل محدودکننده ای نظیر اسیدفیتیک نیز در سبوس وجود دارد. اسیدفیتیک در واقع فرم ذخیره ای فسفر در گیاهان است. این ترکیب، الکلی حلقوی شامل یک حلقه ی اینوزیتول و ۶ گروه فسفات می باشد که به صورت نمک پتاسیم و منیزیم در آلرون و پریکارپ در دانه غلات یافت می شود. با مصرف سبوس، اسیدفیتیک، کاتیون های دو و چندظرفیتی نظیر آهن، کلسیم، روی، منیزیم، کروم و مس را کمپلکس نموده و از دسترس دستگاه گوارش خارج می کند و مانع جذب آنها می شود. اسیدفیتیک در شرایط خنثی و اسیدی می تواند با ایجاد کمپلکس با پروتئین ها میزان آبگیری، حلالیت و فعالیت پروتئولیتیکی آن ها را کاهش دهد. میزان دسترسی اسیدفیتیک، به مواد معدنی، غلظت فیتات و نسبت آن ها به یکدیگر بستگی دارد. انسان و موجودات تک معده ای به دلیل کمبود آنزیم فیتاز قادر به هیدرولیز اسیدفیتیک نیستند و مصرف زیاد این ترکیب می تواند باعث بروز بیماری هایی نظیر کم خونی، پوکی استخوان و کاهش رشد و نمو بدن شود زیرا مواد مغذی را از رژیم غذایی حذف کرده اما نمی تواند موجب مسمومیت حاد شود. برای کاهش اسیدفیتیک روش هایی نظیر جوانه زنی و مالت، هیدروترمال، تخمیر و

افزودن آنزیم فیتاز استفاده می شود. اسیدفیتیک ترکیبی مقاوم به حرارت بوده و در مراحل تولید و آماده سازی محصول از بین نرفته و باقی می ماند و از طرف دیگر آنزیم فیتاز حساس به حرارت بوده و در مراحل پختن و در مجاورت حرارت بالا غیرفعال می شود [۲ و ۳]. در دهه های اخیر به دلیل مزایای بالای روش هیدروترمال از جمله ساده و اقتصادی بودن، سازگاری با محیط زیست و نیاز نداشتن به مواد شیمیایی که باعث بروز خوردگی شود، به این روش توجه بیشتری شده است. در این روش غنی سازی محصول باید پس از انجام فرایند هیدروترمال انجام شود تا بیشترین میزان ارزش و کیفیت مواد غذایی در کنار کمترین میزان فیتات در محصول نهایی به دست آید [۴].

اکریل آمید با فرمول شیمیایی  $C_3H_5NO$  ترکیبی بی رنگ، بی بو، جامد و بلورینست که در آب، الکل ها، استون، استونیتریل و اتانول محلول است، وزن مولکولی پایینی دارد (۷۱/۰۸ دالتون) و نقطه ذوب آن ۸۴/۵ درجه سانتی گراد است. قطبیت بالایی دارد و فشار بخار آن پایین است. در حلال های غیر قطبی مثل هپتان و تتراکلراید کربن نامحلول است. پس از مصرف اکریل آمید تولید شده در مواد غذایی، این ماده در بدن متابولیزه شده و به گلاسید آمید تبدیل می شود که ترکیبی فعال بوده و باعث ایجاد جهش در DNA می شود و می تواند در طولانی مدت به سیستم عصبی انسان و حیوان آسیب وارد کند، در باروری اختلال ایجاد کرده و موجب بروز سرطان می شود. در واقع رابطه مستقیمی بین میزان جذب اکریل آمید و سرطان های ریه، پوست، پستان و غدد فوق کلیه تشخیص داده شده است. اکریل آمید به دلیل وزن مولکولی پایین به راحتی و با سرعت در خون جریان پیدا کرده و با هموگلوبین واکنش می دهد. این ماده سبب اختلال در هوشیاری، ضعف، تحرک پذیری شده و موجب تحریک و قرمزی پوست و چشم، عفونت چشم و سبب تومور در غدد تیروئید، بیضه، سینه، کبد و خون می شود. در غلظت های بالاتر اکریل آمید می تواند به سیستم عصبی انسان آسیب برساند. در سال ۱۹۹۴ آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، اکریل آمید را به عنوان ماده ای سرطانزا معرفی کرد [۵] و سپس در سال ۲۰۰۲ موسسه ملی تغذیه سوئد و محققین دانشگاه استکهلم، وجود اکریل آمید را در برخی مواد غذایی غنی از کربوهیدرات که حرارت دیده اند، گزارش کرد. براساس آخرین گزارشات از سازمان های

سبوس برنج به مقدار ۵۰ گرم در میزان ۸ برابر حجم بافر استات pH برابر با ۰٫۷، در یک ارلن مایر ۵۰۰ میلیتری خیسانده شده و با فویل آلومینیوم دربندی گشت. نمونه آمادهسازی شده در آن با دمای (۴۷/۳۷ درجه سانتیگراد) به مدت (۹۴ دقیقه) قرار گرفت، سپس نمونهها در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت در آن نگهداری شدند. به دنبال آن چندین بار با آب مقطر شستشو شده (روی قیف و کاغذ صافی) تا pH نهایی به  $0/2 \pm 6/2$  رسانده و سپس در آن ۵۰ درجه سانتیگراد برای رسیدن به رطوبت ۱۱-۱۰ درصد به مدت ۸ ساعت خشک شدند [۱۴].

### ۲-۲-۲-اندازه‌گیری میزان اسیدفیتیک

برای تعیین مقدار اسید فیتیک از روش اندازه‌گیری میزان کاهش رنگ معرف wade (کلرید آهن III + اسید سولفو سالیسیک) در حضور فیتات که آهن را از دسترس اسید برای انجام واکنش دور می‌سازد، با به‌کارگیری اسپکتروفتومتری (ساخت کشور انگلستان JENWAY-6300) در طول موج ۵۰۰ نانومتر استفاده شد.

### ۲-۲-۳-تهیه نان حجیم با سبوس برنج معمولی و

#### هیدروترمال

برای تهیه نان ابتدا تمامی ترکیبات خشک پس از توزین مخلوط شدند. سپس ترکیبات توزین شده و آب اضافه گردید. خمیر مورد نیاز در مخلوط کن تهیه شد. مدت زمان مخلوط شدن با ارزیابی تجربی قوام خمیر حاصله، معین گردید و حدود ۸ دقیقه در مراحل تهیه خمیر با سرعت ۲ دور در دقیقه، هم زده شد. سپس خمیر در یک قالب از جنس گالوانیزه که دیواره ی آن ها چرب شده بود ریخته شد و خمیر به مدت ۴۵ دقیقه و در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد گرمخانه گذاری شد تا عمل تخمیر در آن انجام گردد. سپس، پخت در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳۲ دقیقه در دستگاه فر (صنعتی کاوه مدل KF1800) صورت گرفت. پس از پخت، نان ها از قالب خارج شده و در دمای اتاق به مدت یک ساعت خنک شده و در کیسه های پلی پروپیلنی بسته بندی شده و تا زمان انجام آزمون های مربوطه در دمای اتاق نگه داری شد [۱۵]. جهت تهیه تیمارها در مقادیر ۰، ۳، ۶ و ۹٪ سبوس برنج معمولی و فراوری شده به روش هیدروترمال با نمونه های آرد گندم به طور یکنواخت مخلوط شدند.

WHO و FAO میزان متوسط دریافت روزانه از اکریل‌آمید برای بزرگسالان ۰/۸-۰/۳ و برای خردسالان ۰/۶-۰/۴ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن اعلام شده است [۶]. بر طبق بررسی‌های انجام شده توسط FDA بیشترین میزان تولید اکریل‌آمید در محصولات غذایی مربوط به محصولات فراوری شده‌ی سیب زمینی است و ۷۰-۶۵٪ اکریل‌آمید ورودی به بدن از طریق مصرف چیپس و فرنچ فرایز (سیب زمینی سرخ کرده) بوده و ۲۵٪ آن از طریق مصرف نان است که البته این درصد ها می‌تواند با توجه به ذائقه هر منطقه متفاوت باشد. اما به طور کلی اجتناب از مصرف اکریل‌آمید مشکل بوده و باید روش های کاهش آن بررسی گردد [۱۰-۷].

اصلی ترین روش تولید اکریل‌آمید واکنش میلارد است ولی این ترکیب می‌تواند از روش های دیگری نظیر تجزیه چربی در دماهای بالاتر از نقطه دودشان نیز تولید شود. در این روش آکرولئین و اسیدآکرولئیک پیش‌ساز تولید اکریل‌آمید هستند. اکریل‌آمید می‌تواند به صورت تبدیل مستقیم آکرولئین در واکنش با آمونیاک به وجودآید. عواملی همچون میزان اسیدیته، دما، زمان، روش حرارتی، رطوبت و فعالیت آبی بر تولید اکریل‌آمید موثر هستند [۱۳-۱۱].

در این پژوهش تاثیر استفاده از سبوس برنج معمولی و فراوری شده به روش هیدروترمال بر تولید اکریل‌آمید و ویژگیهای بافتی در نان های قالبی مورد بررسی قرار گرفته است.

## ۲-مواد و روش ها

### ۲-۱-مواد

در این پژوهش، آرد گندم با میزان رطوبت ۱۴٪، گلوتن ۳۰٪ پروتئین ۱۲٪، چربی ۲/۲۱٪ و درجه استخراج ۸۲٪ از شرکت خوشه واقع در گیلان، شهر صنعتی رشت و بهبود دهنده از شرکت اماج تهیه شدند. سبوس برنج رقم هاشمی به صورت خام از برنجکوبی موسوی واقع در منطقه چوکام شهرستان خممام تهیه و در بسته بندی پلی اتیلنی در فریزر با دمای ۱۸- نگهداری شد. تمام مواد مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

### ۲-۲-روش ها

#### ۲-۲-۱-اجرای روش هیدروترمال بر روی سبوس برنج

## ۲-۲-۴- اندازه گیری میزان اکریل آمید

جهت جدا سازی اکریل آمید، ابتدایه ۵ گرم نمونه، ۵ میلی لیتر هگزان و سپس به نسبت مساوی آب مقطر و استونیتریل آن اضافه شد و کاملاً مخلوط شد. آنگاه ۵ گرم مخلوط سولفات سدیم بدون آب و کلرید سدیم به آن افزوده، پس از سانتیفریژ شدن به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه، لایه استونیتریلی به طور کامل جداسازی شد. سپس لایه استونیتریلی جمع آوری شده، برای بروم شدن، از پتاسیم بروماید، اسید هیدروبرومیک و آب برم اشباع استفاده شد. محلول حاصله به مدت یک شب در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفت. سپس برم اضافی با افزودن مقدار لازم تیوسولفات سدیم ۰/۷ مولار بی رنگ شده و پس از افزودن سولفات سدیم محلول حاصله توسط ۶۵ میلیلیتر اتیل استات، طی دومرحله استخراج شد. فاز آلی حاصله پس از آبگیری توسط مقدار کافی سولفات سدیم، ابتدا به وسیله دستگاه تبخیر کننده چرخشی تحت خلأ تبخیر شد، سپس تحت گاز ازت تا حجم ۲۵۰ میکرولیتر تغلیظ شد. نمونه آماده تزریق تا زمان آنالیز در فریزر نگهداری شد [۱۶ و ۱۷]. تعیین مقدار اکریل آمید توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی Unicam مدل Crystal-200 ساخت انگلستان، مجهز به آشکارساز دایود انجام شد. برای این منظور از ستون (ODS-3 c18) با مشخصات (250mm × 4.6mm, Intersil, Japan) استفاده شد [۱۸].

## ۲-۲-۵- اندازه گیری رنگ

اندازه گیری رنگ با استفاده از دستگاه هانتر لمدل hp-200 (سیستم L,a,b) صورت گرفت. مؤلفه  $L^*$  نشان دهنده میزان روشنایی تصویر است که بین صفر (مشکی) و ۱۰۰ (انعکاس نور) تغییر می کند.  $a^*$  بیانگر میزان سبزی - قرمزی (۱۲۰- تا ۱۲۰) است که مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز می باشد و  $b^*$  مؤید آبی - زردی (۱۲۰- تا ۱۲۰) نمونه است که مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. برای محاسبه تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) پس از پخت نان از رابطه زیر استفاده شد. زیرنویس ۱ میانگین مؤلفه رنگی در تصویر نمونه نان شاهد (فاقد سبوس) و زیرنویس ۲ میانگین مؤلفه رنگی در نان حاوی سبوس (معمولی و هیدروترمال شده) می باشد [۱۹].

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

## ۲-۲-۶- بافت سنجی نان

آنالیز بافت مغز نان بر اساس روش ارائه شده توسط گومز و همکاران (۲۰۱۱) و با استفاده از TA-CT3 ساخت آمریکا، انجام گرفت. بر این اساس اندازه گیریهای بافتی در قطعات با ابعاد ۲۵ میلیمتر صورت پذیرفت. بعد از برش قطعات، آزمون توسط پروب با قطر ۲۵ میلیمتر و با نفوذ ۵۰ درصدی در نمونه و با سرعت دو میلیمتر بر ثانیه و توقف ۳۰ ثانیه ای بین اولین و دومین فشردگی صورت گرفت [۲۰].

## ۲-۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج حاصل از آزمونهای ۷ تیمار (۰، ۳، ۶ و ۹ درصد سبوس برنج هیدروترمال شده و سبوس معمولی)، در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگینها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها و جداول نیز توسط نرم افزار EXCELL صورت گرفت.

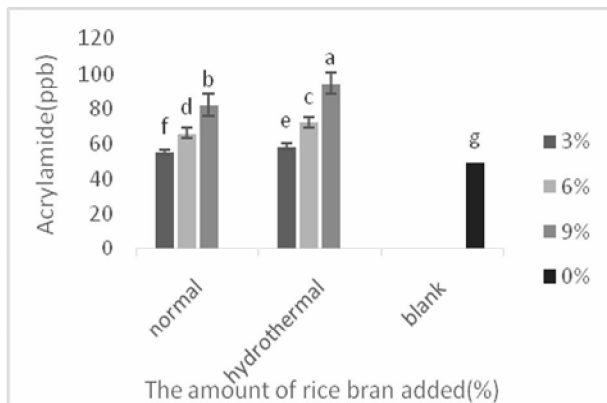
## ۳- نتایج و بحث

با به کارگیری معادله به دست آمده از منحنی کالیبراسیون اسیدفیتیک، غلظت اسیدفیتیک در سبوس برنج هیدروترمال شده ۲۹۶ ppm و سبوس معمولی ۵۳۸ ppm اندازه گیری شد. بنابراین با اعمال فراوری هیدروترمال، کاهش ۵۵ درصدی اسید فیتیک در سبوس فراوری شده نسبت به سبوس معمولی مشاهده می شود.

## ۳-۱- نتایج اندازه گیری اکریل آمید (ppb)

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی دار میزان افزودن سبوس بر غلظت اکریل آمید می باشد. به طوری بر اساس نتایج مقایسه میانگین، کمترین میزان اکریل آمید اندازه گیری شده متعلق به نمونه شاهد (بدون سبوس)، (۴۹/۷) و بیشترین میزان اکریل آمید مربوط به نمونه حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال شده (۹۴/۶۶) مشاهده شد. با افزایش درصد سبوس میزان تولید اکریل آمید نیز روند افزایشی داشته و در نمونه های دارای سبوس برنج فراوری شده به روش هیدروترمال مقدار بیشتری اکریل آمید مشاهده می گردد. به نظر می رسد با اضافه کردن سبوس، ترکیباتی که سبب افزایش واکنش میلارد می شود فراهم شده و از این طریق میزان اکریل آمید تولید شده نیز

سویه باکتری اسیدلاکتیک بر میزان اسیدفیتیک و اکریل‌آمید نان حجیم گندم نشان داد که استفاده از خمیر ترش برای کاهش اسیدفیتیک می‌تواند به خوبی میزان اسیدفیتیک را کاهش داده و سویه های باکتری با مصرف قند های احیا کننده موجود، می‌توانند میزان اکریل‌آمید تولید شده را به دلیل حذف مواد پیش ساز کاهش دهد [۲۸]. با افزایش درجه استخراج، میزان سبوس در آرد افزایش یافته و تحقیقات نشان داده که با افزایش درجه استخراج آرد، میزان اسپارژین آن نیز افزایش پیدا می‌کند [۲۹] و افزایش محتوای اسپارژین در آرد، منجر به افزایش معنی دار تولید اکریل‌آمید می‌گردد [۳۰]. براساس گزارشات WHO و FAO میزان متوسط دریافت روزانه اکریل‌آمید برای بزرگسالان ۰/۳-۰/۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن اعلام شده است، از طرف دیگر در بررسی های انجام شده توسط FDA حدود ۲۵٪ از آکریل‌آمید ورودی به بدن از طریق مصرف نان تامین می‌گردد [۶]. با توجه به نتایج به دست آمده، تیمار حاوی ۳٪ سبوس هیدروترمال دارای کمترین میزان اکریل‌آمید (میزان ۵۵/۵ ppb معادل ۷۷٪ از حداکثر مجاز مصرف روزانه) و در عین حال کمترین میزان اسیدفیتیک در بین نمونه ها (به جز شاهد) بود و نمونه حاوی ۶٪ سبوس هیدروترمال (میزان ۷۲/۲۳ ppb معادل با حداکثر میزان مصرف روزانه) و بعلاوه نمونه حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال دارای بیشترین میزان اکریل‌آمید (میزان ۹۴/۶۶ ppb و ۳۱٪ بیشتر از حد مجاز مصرف روزانه) را نشان داد.



**Fig 1** Acrylamide amount in bread samples with normal, hydrothermally treated rice bran and blank sample

البته توجه به این نکته ضرورت دارد که اندازه گیری اکریل‌آمید تنها در پوسته نان صورت گرفته است که بی شک دارای غلظت بالایی از اکریل‌آمید نسبت به پوسته می‌باشد. با این حال با توجه به اینکه در طول روز نان تنها منبع دریافتی اکریل‌آمید

افزایش پیدا می‌کند. از طرف دیگر مقدار خاکستر و مقدار پیش‌ساز های اکریل‌آمید با افزایش درجه استخراج آرد افزایش پیدا می‌کند. دلیل این امر می‌تواند افزایش فعالیت آنزیم های پروتئاز و آمیلاز باشد که با تجزیه ی کربوهیدرات ها و پروتئین های انتقال یافته از لایه ی آلتورون سبب تولید اسپارژین و قند های احیا کننده و در نتیجه تشدید پیش‌ساز های تولید کننده اکریل‌آمید می‌شوند [۲۱]. همچنین تحقیقات نشان داده است که با بالا رفتن میزان درصد نشاسته ی آسیب دیده، به علت در دسترس بودن قند های احیای بیشتر، میزان تولید اکریل‌آمید در نان افزایش پیدا می‌کند [۲۲]. افزودن سبوس به آرد گندم در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد در فراوری کیک روغنی نشان داد که میزان رطوبت با افزایش درصد سبوس کاهش پیدا کرد، که کاهش رطوبت می‌تواند خود عاملی بر تشدید واکنش میلارد باشد. همچنین با اضافه کردن سبوس میزان پروتئین، فیبر و خاکستر نیز افزایش پیدا کرده که پیش ساز های مناسبی برای تشکیل اکریل‌آمید هستند. بعلاوه افزایش میزان سبوس، منتهی به افزایش میزان چربی می‌گردد. چربی ها در دمای بالاتر از نقطه دود می‌توانند از طریق تبدیل به آکروئین در نهایت موجب تولید اکریل‌آمید شوند [۲۳]. از طرف دیگر فیبر های نامحلول نیز در مواد غذایی با کاهش میزان فعالیت آبی می‌توانند شرایط را برای انجام واکنش میلارد آسان کنند [۲۴]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که افزودن لیزین و آلانین به آرد باعث افزایش میزان اکریل‌آمید در نان خواهد شد [۲۵]. همچنین سبوس برنج حاوی مقادیر زیادی از لیزین بوده و حضور لیزین، افزایش میزان تولید اکریل‌آمید را در پی دارد. بر اساس نتایج به دست آمده از تحقیقات مهسا مجذوبی و همکاران، با هیدروترمال کردن سبوس گندم میزان ۱۲/۴۷٪ از پروتئین سبوس کاسته شد که دلیل این امر تجزیه پروتئین ها به واحد های سازنده (اسید آمینه) که خود پیش ساز اکریل‌آمید است، می‌تواند باشد و همچنین درصد خاکستر و چربی نیز پس از انجام فرایند هیدروترمال افزایش نشان داد [۲۶ و ۳]. عباس عابدفر و همکاران در طی پژوهشی خواص فیزیکی و شیمیایی آرد سبوس برنج و آرد نول را مقایسه کردند و نشان دادند میزان چربی، پروتئین، اسیدیته و خاکستر در آرد سبوس برنج به مراتب بیشتر است. اسیدیته بالاتر (۴/۱۱) به انجام واکنش میلارد و در نتیجه تولید اکریل‌آمید کمک می‌کند [۲۷]. ارزیابی تاثیر خمیر ترش های حاوی ۴

مقادیر آن ها نیز افزایش خواهد یافت. این عوامل می‌توانند با فراهم کردن بستری برای واکنش میلارد، سبب ایجاد روند کاهشی در تغییرات شاخص روشنایی (L) و روند افزایشی در شاخص قرمزی (a)، شاخص زردی (b) و میزان تغییرات رنگ نسبت به نمونه شاهد شوند [۳۱]. رنگ یکی از عوامل مهم در مقبولیت محصول نزد مصرف کننده است به همین دلیل یکی از ویژگی های مهم و کلیدی در کیفیت محصول محسوب می‌شود. رنگ پوسته ی نان وابسته به میزان واکنش های میلارد و کاراملیزاسیونی است که در آن رخ می‌دهد که این واکنش ها خود وابسته به عوامل دیگری هم چون pH، میزان رطوبت و دما می‌باشد و رنگی قهوه ای-طلایی در پوسته نان ایجاد می‌کند. با اضافه شدن درصد سبوس و میزان فیبر در نمونه نان ها، به دلیل جذب رطوبت فیبر ها امکان واکنش میلارد افزایش یافته در نتیجه میزان روشنایی نیز کاهش پیدا کرده و زردی و قرمزی افزایش پیدا می‌کند [۲۴]. این نتایج با نتایج تحقیقاتی که بر روی رنگ بیسکوئیت ها با استفاده از سبوس گندم هیدروترمال شده تهیه شده بود و هم چنین تاثیر سبوس برنج بر رنگ کیک اسفنجی خرمایی، مطابقت داشت [۳۲ و ۳].

نمی‌باشد، به کارگیری غلظت بالای ۳ درصد سبوس هیدروترمال شده در نان توصیه نمی‌شود.

### ۳-۲- نتایج رنگ پوسته نان

نتایج حاصل از افزودن درصد سبوس معمولی و هیدروترمال شده به آرد منجر به کاهش معنی‌دار روشنایی در نان گردید. به صورتی که بیشترین میزان روشنایی (L) مربوط به نمونه شاهد (۶۴/۱۸) که فاقد سبوس است می‌باشد و کم ترین میزان شاخص روشنایی به نمونه حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال شده (۵۸/۵۷) تعلق دارد. اضافه شدن درصد افزودن سبوس برنج در نمونه ها سبب مشاهده روند کاهشی میزان روشنایی در نمونه ها شد و هم چنین به طور کلی نمونه های حاوی سبوس برنج هیدروترمال شده، دارای روشنایی کمتری نسبت به نمونه های حاوی سبوس معمولی بودند. همچنین کمترین میزان تغییر رنگ ( $\Delta E$ ) نمونه نسبت به شاهد مربوط به نمونه حاوی ۳٪ سبوس نرمال (۱/۹۷) و بیشترین میزان آن مربوط به نمونه حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال (۹/۹۷) می‌باشد. به نظر می‌رسد سبوس برنج حاوی پروتئین، فیبر و چربی بیشتری نسبت به آرد گندم بوده و با اضافه کردن سبوس برنج به نان

Table 1 Color Factors (L, A and B) on Bread's crumb

b	a	L	Bran(%)	Treatment
10.66±0.27 <sup>e</sup>	5.03±0.69 <sup>cd</sup>	63.38±0.14 <sup>ab</sup>	3	1(N)
13.44±0.28 <sup>d</sup>	5.42±0.97 <sup>c</sup>	61.83±0.31 <sup>bc</sup>	6	2(N)
14.57±0.06 <sup>c</sup>	7.21±0.02 <sup>ab</sup>	59.68±0.40 <sup>d</sup>	9	3(N)
15.28±0.22 <sup>bc</sup>	5.92±0.35 <sup>bc</sup>	61.62±0.60 <sup>c</sup>	3	4(H)
15.69±0.20 <sup>ab</sup>	6.20±0.05 <sup>bc</sup>	59.04±0.22 <sup>d</sup>	6	5(H)
16.63±0.34 <sup>a</sup>	7.79±0.15 <sup>a</sup>	58.57±1.21 <sup>d</sup>	9	6(H)
9.57±0.68 <sup>f</sup>	3.65±0.49 <sup>d</sup>	64.18±0.67 <sup>a</sup>	0	7(B)

\* Values are reported as mean ± SD of three replications

Values in the the same column with different superscripts are significantly different at p<0.05

(N): Normal rice bran, (H): Hydrothermalead rice bran, (B): Blank

### ۳-۳- نتایج آزمون بافت سنجی

نتایج جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد که کمترین میزان سختی مربوط به تیمار شاهد می باشد که در روز اول میزان سختی آن (N) ۱/۹۰ و در روز پنجم (N) ۲/۴۰ بود. بیش ترین میزان سختی مربوط به تیمار حاوی ۶٪ سبوس هیدروترمال شده در روز اول برابر (N) ۶/۶۱ و در روز پنجم میزان سختی (N) ۷/۱۴ بود. روند تغییرات سفتی در نمونه های مورد بررسی پس از گذشت زمان، روندی افزایشی دارد. از طرف دیگر با افزایش میزان سبوس در نمونه های نان میزان

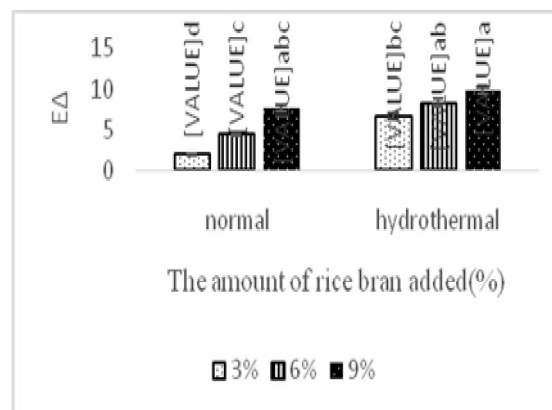


Fig 2 The rate of color change in in bread samples with normal, hydrothermalead rice bran and blank sample

کمتری می‌باشند و با گذشت زمان میزان چسبندگی در تمامی نمونه روند صعودی داشت [۳۵].

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین در روز اول میزان پیوستگی در نمونه حاوی ۶٪ سبوس هیدروترمال (۰/۴) دارای کمترین مقدار بود و در نمونه حاوی ۳٪ (۰/۴۹) و ۶٪ سبوس معمولی (۰/۴۷) و شاهد (۰/۵)، بیشترین میزان پیوستگی را شاهد بودیم که این سه نمونه اختلاف معناداری باهم نداشتند. در روز سوم و پنجم اندازه‌گیری‌ها نشان داد کمترین و بیشترین میزان پیوستگی به ترتیب مربوط به نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال و نمونه های حاوی سبوس معمولی به همراه شاهد بود. به طور کلی نمونه های حاوی سبوس معمولی در مقایسه با نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال با درصد های مشابه دارای میزان بیشتری از پیوستگی بودند و با گذشت زمان میزان پیوستگی روند نزولی داشت. در حقیقت بیاتی سبب می شود مقاومت درونی ساختار نان کاهش پیدا کند. پیوستگی توصیف مقاومت درونی ساختار نان می‌باشد که با سختی نان رابطه‌ی عکس دارد به این معنا که نان هایی با بیاتی بیشتر، دارای پیوستگی کمتری خواهند بود که با نتایج به دست آمده همخوانی دارد [۳۶].

جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد در روز اول، کمترین میزان فنریت مربوط به نمونه حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال (۱۰/۶۳) و بیشترین میزان آن مربوط به نمونه های شاهد (۱۴/۵۵) و ۳٪ سبوس معمولی (۱۴/۵۵) بود که اختلاف معناداری بین نمونه شاهد و ۳٪ سبوس معمولی دیده نشد. در روز سوم و پنجم کمترین فنریت مربوط به تیمار ۹٪ سبوس هیدروترمال و بیشترین میزان آن در نمونه حاوی ۳٪ سبوس معمولی مشاهده شد و با گذشت زمان روند کاهشی در بین نمونه ها مشاهده گردید. به طور کلی نیز نمونه های حاوی سبوس معمولی نسبت به نمونه های دارای سبوس هیدروترمال در درصد های برابر سبوس، دارای فنریت بیشتری بودند. فنریت، حاصل برهمکنش بین نشاسته ژلاتینه شده و گلو تن در خمیر می‌باشد که افزایش الاستیسیته خمیر و ایجاد ساختار اسفنج مانند در نان را پس از حرارت دادن به دنبال دارد. بیاتی در طی ذخیره سازی سبب کاهش فنریت خواهد شد به این ترتیب با افزایش میزان سبوس در نان و افزایش بیاتی، فنریت نیز کاهش پیدا خواهد کرد. با افزایش بیاتی و ایجاد پیوند های داخلی نان، رفتار ویسکوز بافت افزایش یافته و رطوبت نیز

سختی نیز افزایش یافت و به طور کلی نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال شده دارای سختی بیشتری نسبت به نمونه های حاوی سبوس معمولی بودند. فرایند سفت شدن بافت نان به‌طور عمده به دو علت می‌باشد؛ سفتی ای که ناشی از انتقال رطوبت از مغز به پوسته است و سفت شدن ذاتی مواد سلول که به کریستالیزاسیون مجدد نشاسته بر می‌گردد [۲۷]. بیاتی و رتروگراسیون دو پدیده مرتبط به هم بوده که با گذشت زمان و مهاجرت رطوبت از مغز نان به پوسته اتفاق می افتد و سبب سفتی نان خواهد شد. افزایش سختی نان حاصل از افزایش غلظت سبوس برنج می تواند به دلیل رقت گلو تن اتفاق افتاده باشد، زیرا گلو تن با قابلیت نگهداری گاز سبب ایجاد بافتی متخلخل در نان می‌شود و با افزایش میزان سبوس این قابلیت کاهش یافته و سختی نیز افزایش پیدا می‌کند. هم چنین افزایش سبوس می‌تواند با ضخیم کردن دیواره ی حباب های هوای نان، سبب سفتی شود. سبوس به دلیل داشتن فیبر بالا و هیدروکلئید های جاذب آب، سبب کاهش روان کنندگی و در نتیجه افزایش سفتی می‌شوند [۳۳]. سبوس های هیدروترمال نیز به دلیل داشتن فیبر بیشتر نسبت به سبوس معمولی انتظار می‌رود که سبب سفتی بیشتری در نان شوند که با نتایج به دست آمده همخوانی دارد. در گذر زمان رطوبت بیشتری به پوسته مهاجرت کرده که دلیل بر افزایش میزان سفتی در طول پنج روز است. بعلاوه نشاسته پس از فرآیند پخت تمایل به رتروگراسیون داشته و در فضای بین گرانولها تشکیل ژل می‌دهد که این امر می‌تواند به سخت شدن و افزایش سفتی نان منجر گردد [۳۴ و ۱].

بر اساس جدول مقایسه میانگین، اندازه‌گیری چسبندگی در روز اول نشان داد کم ترین مقدار مربوط به تیمار های شاهد (۰/۱) و نمونه حاوی ۳٪ سبوس معمولی (۰/۱) بود که اختلاف معنی دار بین آن ها دیده نشد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌ی حاوی ۹٪ سبوس هیدروترمال (۰/۴۸) بود. در روز سوم از اندازه گیری کم ترین و بیش ترین میزان چسبندگی به ترتیب مربوط به نمونه شاهد (۰/۰۸) و ۹٪ سبوس هیدروترمال (۱/۰۳) بود. در روز پنجم کم‌ترین میزان چسبندگی مربوط به نمونه شاهد (۰/۱۲) بوده و بیشترین میزان چسبندگی به نمونه حاوی ۹٪ هیدروترمال (۱/۳۲) تعلق دارد. به طو کلی نمونه ها حاوی سبوس معمولی در مقایسه با نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال با درصد های مشابه از سبوس، دارای چسبندگی

داری نداشته و کم ترین میزان مقاومت به جویدن را نشان دادند و هم چنین بیشترین مقدار آن مربوط به نمونه های ۶ (۲۳/۵۵) و ۹٪ سبوس هیدروترمال (۲۴/۳۵) بود. در روز پنجم از اندازه گیری کمترین میزان مقاومت به جویدن مربوط به نمونه شاهد و نمونه های حاوی سبوس معمولی بود که اختلاف معنی داری بین آن ها مشاهده نشد و بیشترین میزان آن نیز در نمونه های ۶ و ۹٪ سبوس هیدروترمال مشاهده شد. به طور کلی می توان گفت نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال در مقایسه با نمونه های حاوی سبوس معمولی در درصد های برابر، مقاومت به جویدن بیشتری داشتند. گذشت زمان بر مقدار مقاومت به جویدن تاثیری نزولی داشت. مقاومت به جویدن رابطه مستقیم با صمغیت و فنریته داشته و با افزایش میزان این دو ویژگی میزان مقاومت به جویدن نیز افزایش پیدا می کند. هم چنین با افزایش میزان سفتی نیز، میزان مقاومت به جویدن افزایش پیدا خواهد کرد که با نتایج به دست آمده همخوانی دارد [۳۳].

کاهش پیدا می کند که می تواند علتی بر کاهش میزان فنریته باشد [۳۴] و ۱].  
بر اساس جدول مقایسه میانگین کمترین میزان صمغیت در روز اول و سوم مربوط به نمونه های شاهد و بیشترین صمغیت به نمونه ۹٪ سبوس هیدروترمال تعلق داشت در روز پنجم کمترین میزان صمغیت به نمونه های حاوی سبوس معمولی و شاهد تعلق داشت که با هم اختلاف معنی داری نداشتند. به طور کلی نیز نمونه های حاوی سبوس هیدروترمال نسبت به نمونه های حاوی سبوس معمولی با درصد های مشابه، دارای صمغیت بیشتری بودند. صمغیت در واقع مضرری از سفتی نان در میزان پیوستگی می باشد که رابطه ی مستقیم نیز با آن ها دارد [۳۶].  
بر اساس جدول مقایسه میانگین مقاومت به جویدن اندازه گیری شده در روز اول کمترین و بیشترین میزان مقاومت به جویدن به ترتیب در نمونه شاهد (۱۳/۹۲) و نمونه ۹٪ سبوس هیدروترمال (۳۰/۰۲) مشاهده شد. در روز سوم نمونه های شاهد (۱۳/۶۱) و ۶٪ سبوس معمولی (۱۴/۳۳) اختلاف معنی

Table 2 texture profile analyses of bread samples during storage

Chewiness (mj)	Gumminess (N)	springiness	cohesiveness	Adhesiveness (mj)	Hardness (N)	day	Bran (%)	treatment
15.66±0.17 <sup>ca</sup>	1.07±0.0 <sup>ca</sup>	14.55±0.02 <sup>aa</sup>	0.49±0.0 <sup>aa</sup>	0.10±0.02 <sup>cc</sup>	2.17±0.05 <sup>bb</sup>	1		
15.35±0.19 <sup>ca</sup>	1.08±0.01 <sup>deA</sup>	14.13±0.01 <sup>ab</sup>	0.46±0.0 <sup>ab</sup>	0.22±0.01 <sup>eb</sup>	2.32±0.0 <sup>caB</sup>	3	3	1(N)
14.05±0.30 <sup>cb</sup>	1.00±0.02 <sup>db</sup>	13.96±0.01 <sup>ac</sup>	0.42±0.0 <sup>ac</sup>	0.30±0.01 <sup>ea</sup>	2.38±0.02 <sup>fa</sup>	5		
14.59±0.63 <sup>cdA</sup>	1.06±0.04 <sup>cdB</sup>	13.72±0.01 <sup>ba</sup>	0.47±0.01 <sup>abA</sup>	0.20±0.01 <sup>ec</sup>	2.24±0.02 <sup>eb</sup>	1		
14.88±0.59 <sup>cdA</sup>	1.12±0.04 <sup>da</sup>	13.21±0.02 <sup>caB</sup>	0.44±0.01 <sup>ab</sup>	0.21±0.03 <sup>eb</sup>	2.54±0.03 <sup>daB</sup>	3	6	2(N)
13.83±0.31 <sup>cb</sup>	1.11±0.02 <sup>da</sup>	12.35±0.01 <sup>db</sup>	0.39±0.01 <sup>ac</sup>	0.22±0.01 <sup>fa</sup>	2.66±0.02 <sup>ea</sup>	5		
15.77±0.41 <sup>ca</sup>	1.15±0.03 <sup>ca</sup>	13.63±0.01 <sup>ca</sup>	0.45±0.01 <sup>bcA</sup>	0.20±0.01 <sup>dc</sup>	2.54±0.01 <sup>db</sup>	1		
15.06±0.27 <sup>cb</sup>	1.14±0.01 <sup>db</sup>	13.17±0.03 <sup>cb</sup>	0.44±0.0 <sup>aB</sup>	0.29±0.0 <sup>db</sup>	2.56±0.01 <sup>db</sup>	3	9	3(N)
14.48±0.47 <sup>cb</sup>	1.14±0.03 <sup>db</sup>	12.63±0.02 <sup>cc</sup>	0.39±0.01 <sup>abB</sup>	0.38±0.03 <sup>da</sup>	2.89±0.01 <sup>da</sup>	5		
25.50±0.45 <sup>ba</sup>	2.04±0.03 <sup>ba</sup>	12.44±0.0 <sup>db</sup>	0.47±0.01 <sup>abA</sup>	0.32±0.02 <sup>cc</sup>	4.33±0.03 <sup>cb</sup>	1		
21.09±0.72 <sup>bb</sup>	1.66±0.05 <sup>bb</sup>	12.56±0.02 <sup>da</sup>	0.38±0.01 <sup>baB</sup>	0.49±0.01 <sup>cb</sup>	4.38±0.02 <sup>cb</sup>	3	3	4(H)
19.66±2.11 <sup>bc</sup>	1.64±0.17 <sup>cb</sup>	11.96±0.01 <sup>ec</sup>	0.34±0.03 <sup>cb</sup>	0.53±0.02 <sup>ca</sup>	4.78±0.02 <sup>ea</sup>	5		
25.96±0.63 <sup>ba</sup>	2.14±0.05 <sup>bb</sup>	12.09±0.03 <sup>ca</sup>	0.40±0.01 <sup>da</sup>	0.43±0.0 <sup>bb</sup>	5.36±0.01 <sup>bc</sup>	1		
23.55±0.03 <sup>ab</sup>	2.09±0.0 <sup>bb</sup>	11.21±0.01 <sup>eb</sup>	0.36±0.0 <sup>baB</sup>	0.91±0.01 <sup>baB</sup>	5.82±0.0 <sup>bb</sup>	3	6	5(H)
23.02±1.03 <sup>ab</sup>	3.20±0.09 <sup>ba</sup>	10.43±0.01 <sup>fc</sup>	0.33±0.01 <sup>cb</sup>	1.00±0.0 <sup>ba</sup>	6.62±0.0 <sup>ba</sup>	5		
30.02±0.48 <sup>aa</sup>	2.82±0.03 <sup>aa</sup>	10.63±0.02 <sup>fa</sup>	0.42±0.0 <sup>cdA</sup>	0.48±0.01 <sup>ab</sup>	6.61±0.02 <sup>ab</sup>	1		
24.35±1.04 <sup>ab</sup>	2.49±0.10 <sup>ab</sup>	9.76±0.0 <sup>fb</sup>	0.37±0.01 <sup>baB</sup>	1.03±0.02 <sup>aAB</sup>	6.67±0.01 <sup>ab</sup>	3	9	6(H)
26.09±1.57 <sup>ac</sup>	2.50±0.14 <sup>ab</sup>	10.43±0.0 <sup>fa</sup>	0.35±0.02 <sup>bcB</sup>	1.32±0.01 <sup>aa</sup>	7.14±0.01 <sup>aa</sup>	5		
13.92±0.59 <sup>da</sup>	0.95±0.04 <sup>db</sup>	14.55±0.01 <sup>aa</sup>	0.50±0.02 <sup>aa</sup>	0.10±0.01 <sup>eaB</sup>	1.90±0.02 <sup>gc</sup>	1		
13.61±0.45 <sup>da</sup>	0.97±0.03 <sup>eb</sup>	14.03±0.03 <sup>bb</sup>	0.45±0.02 <sup>ab</sup>	0.08±0.01 <sup>fb</sup>	2.12±0.03 <sup>fb</sup>	3	0	7(B)
12.93±0.36 <sup>cb</sup>	0.98±0.02 <sup>da</sup>	13.11±0.01 <sup>bc</sup>	0.41±0.01 <sup>ac</sup>	0.12±0.0 <sup>ga</sup>	2.40±0.03 <sup>fa</sup>	5		

\* Values are reported as mean ± SD of three replications

Values in the the same row and column with different superscripts are significantly different at p&lt;0.05

(N): Normal rice bran, (H): Hydrothermaled rice bran, (B): Blank

اسیدفیتیک در سبوس بیان نمودند، روش مذکور جهت فراوری نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. سپس در درصد های مختلف ۳، ۶ و ۹٪ سبوس معمولی و سبوس هیدروترمال به آرد گندم برای پخت نان حجیم قالبی اضافه شد. نتایج نشان

#### ۴- نتیجه گیری کلی

با توجه به اینکه پژوهشهای پیشین، به کارگیری روش هیدروترمال را به عنوان روشی اقتصادی و موثر جهت کاهش



- Switzerland, Available from: <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en.pdf>: 25-27.
- [7] Hasani, N., SHaravei, P., Jalali, H., 2015. The effect of blanching enzyme with ultrasonication and asparaginase enzyme on reduction of sacrylamide level in fries. *Innovation in Food Science and Technology*, 8, 3.
- [8] Ghaeini, Z., Niazmand, R., Shahidi Noghabi, M., 2015. Effect of yeast, fermentation time and frying temperature on the amount of acrylamide and chemical properties of donut. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 4(4), pp. 283-298.
- [9] Keshavarzi, E., Alami, M., Motamedzadegan, E., Maghsoudloo, Y., Ghorbani, M., 2014. Study of solubility, emulsion and foam production in Iranian rice bran protein concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, 6(1), pp. 61-71.
- [10] Nachi, I., Fhoula, I., Smida, I., Taher, I.B., Chouaibi, M., Jaunbergs, J., Bartkevics, V. and Hassouna, M., 2018. Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of acrylamide formation in bread. *LWT*, 92, pp. 435-441.
- [11] Erabi, F., Keramat, J., Ardabili, M., Aminafshar, M., Sadeghian, Gh., 2012. Review of type of sweeteners used in biscuit formulation on acrylamide production in the product. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 10(37).
- [12] Rashidi, S., Niazmandi, R., Arianfar, A., 2017. Reduction of Acrylamide Content and Oil Absorption in Donuts, Using Antioxidant Properties and Unsaponifiable Components of Sesame Oil. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 6(1), pp. 1-10.
- [13] Wang, S., Yu, J., Xin, Q., Wang, S. and Copeland, L., 2017. Effects of starch damage and yeast fermentation on acrylamide formation in bread. *Food Control*, 73, pp. 230-236.
- [14] Abka, R., Kadivar, M., Shahedi, M. 2017. 'Phytic acid reduction in four brans through fermentation, hydration and hydrothermal treatment', *Journal of Food Research*, 26(4), pp. 659-665.
- [15] Atay Salehi, E., Rostamian, M., Milani, J., 2001. Textural and thermal evaluation of gluten-free bread prepared from corn flour and chickpeas, *Journal of Food Science and Technology*, 3(4), pp. 35-40.
- [16] Lehotay, J. & Mastovska, K. (2006). Rapid sample preparation method for LCMS/MS or GC-MS analysis of acrylamide in various food دادند که با افزودن میزان سبوس، میزان اکریل‌آمید نیز افزایش پیدا کرده و نمونه های دارای سبوس هیدروترمال شده، محتوی میزان بیشتری اکریل‌آمید بود. براساس آزمون رنگ، با افزایش سبوس، تغییر رنگ افزایش و میزان روشنایی کاهش پیدا می‌کند. هم چنین به کارگیری سبوس هیدروترمال شده، منجر به تیره تر شدن محصول گردید. از طرف دیگر میزان سختی، چسبندگی، صمغیت و مقاومت به جویدن با افزایش درصد سبوس روندی افزایشی داشته و پیوستگی و فنریت روندی کاهشی را دنبال می‌کنند. تیمار حاوی ۳٪ سبوس برنج هیدروترمال شده با دارا بودن کمترین میزان اکریل‌آمید (۷۷٪) از بیشینه میزان مجاز مصرف روزانه) در بین نمونه های حاوی سبوس فراوری شده که دارای اسیدفیتیک کمتری نسبت به نمونه های مشابه خود با سبوس معمولی بودند، با دارا بودن ویژگی های بافتی و ظاهری قابل قبول، به عنوان بهترین تیمار پیشنهاد می‌گردد.

## ۵- منابع

- [1] Tayefe, M., Shahidi, S.A., Milani, J.M. and Sadeghi, S.M., 2020. Development, optimization, and critical quality characteristics of new wheat-flour dough formulations fortified with hydrothermally-treated rice bran. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), pp. 2878-2888.
- [2] Zaarringol, M., Fazeli, M., Razmi, N., 2020. Comparison of baker's yeast and lactic acid bacteria isolated from sourdough on phytic acid. *Razi Journal Medical Science*, 23. 145.
- [3] Majzoubi, M., Nematollahi, Z., Farahnaky, A., 2013. Effect of hydrothermal treatment on decreasing the phytic acid content of wheat bran and on physical and sensory properties of biscuits. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8, 3.
- [4] Özkaya, B., Turksoy, S., Özkaya, H. and Duman, B., 2017. Dephytinization of wheat and ricebrans by hydrothermal autoclaving process and the evaluation of consequences for dietary fiber content, antioxidant activity and phenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, pp. 209-215.
- [5] International Agency on Research on Cancer. 1994. In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. In some industrial chemicals. Vol. 60, Acrylamide, Lyon, France, IARC 1994. pp. 389-433.
- [6] FAO/WHO. (2005). Consultation on health implications of acrylamide in food, Report of a joint FAO/WHO consultation, Geneva,

- and evaluation of quality characteristics of pan bread by using Response Surface Method. *Journal of Innovative Food Technologies*, 6(3), pp.379-397.
- [28] Nasiri Esfehiani, B., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimani-Zad, S., 2018. Evaluating The Effect of Sourdough Fermentation Containing Four Lactic Acid Bacteria Strains on Phytic Acid and Acrylamide Content of Whole-Wheat Loaf Bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 13(1), pp. 53-62.
- [29] Vahedi, H., Azizi, M.H., Kobrafard, F., Barzegar, M., Hamidi Esfehiani, Z., 2012. The effect of flour extraction rate, amount of asparaginase enzyme, and baking temperature and time on acrylamide formation in Sangak bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(3), pp. 51-60.
- [30] Fink, M., Andersson, R., Rosen, J., and Aman, P. 2006. Effect of added asparagines and glysin on acrylamide content in yeast-leavened bread. *Cereal Chemistry*, 83, pp. 218-222.
- [31] Baumgartner, B., Özkaya, B., Saka, I. and Özkaya, H., 2018. Functional and physical properties of cookies enriched with dephytinized oat bran. *Journal of Cereal Science*, 80, pp.24-30.
- [32] Eftekhareddin, M., Hosseini Ghaboos, S.H., 2020. The Effect of Rice Bran on the Physicochemical, Textural Characteristics and Shelf Life of Date Sponge Cake. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 12(1), pp.135-144.
- [33] Alzuwaid, N.T., Pleming, D., Fellows, C.M., Laddomada, B. and Sissons, M., 2021. Influence of Durum Wheat Bran Particle Size on Phytochemical Content and on Leavened Bread Baking Quality. *Foods*, 10(3), pp.489.
- [34] De Erive, M.O., Wang, T., He, F. and Chen, G., 2020. Development of high-fiber wheat bread using microfluidized corn bran. *Food chemistry*, 310, pp.125921.
- [35] Taeneh, H., Arabshahi-Delouee, S., 2019. The Effect of Black Cumin Seed (*Nigella sativa*) Meal on Physicochemical, Textural and Sensorial Properties of Sponge Cake. *Food Engineering Research*, 18(67), pp. 167-182.
- [36] Doan, N.T.T., Lai, Q.D., Vo, H.V. and Nguyen, H.D., 2021. Influence of adding rice bran on physio-chemical and sensory properties of bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), pp.5369-5378.
- matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, pp.7001-7008.
- [17] Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. & Törnqvist, M. 2002. Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, pp.4998-5006.
- [18] Geng, Z., Wang, P. and Liu, A., 2011. Determination of acrylamide in starch-based foods by HPLC with pre-column ultraviolet derivatization. *Journal of chromatographic science*, 49(10), pp.818-824.
- [19] Shahidi, F., Mohebbi, M., Noshad, M., Ehtiati, A., Fathi, M. 2011. 'Effect of Osmotic and Ultrasound Pretreatments on Some Quality Characteristics of Air-Dried Banana', *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(4), pp.263-272.
- [20] Gomez, M., Jimenez, S., Ruiz, E., & Oliete, B. (2011). Effect of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. *Lwt – food sci. technol*, 44, pp. 2231-2237.
- [21] Claus, A., Mongili, M., Weisz, G., Schieber, A., and Carl, R. 2008. Impact of formulation and technological factors on the acrylamide content of wheat bread and bread rolls. *Journal of Cereal Science*, 47, pp. 546-554.
- [22] Wang, S., Yu, J., Xin, Q., Wang, S. and Copeland, L., 2017. Effects of starch damage and yeast fermentation on acrylamide formation in bread. *Food Control*, 73, pp.230-236.
- [23] Gharib Bibalan, S., Atay Salehi, E., Mohammadi Sani, A., 2012. The effect of rice bran addition on rheological properties of dough and chemical composition of oil cake, *Journal of Food Science and Technology*, 5(2), pp. 1-7.
- [24] Palermo, M., Fiore, A. and Fogliano, V., 2012. Okara promoted acrylamide and carboxymethyl-lysine formation in bakery products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(40), pp.10141-10146.
- [25] Shen, Y., Chen, G. and Li, Y., 2019. Effect of added sugars and amino acids on acrylamide formation in white pan bread. *Cereal Chemistry*, 96(3), pp.545-553.
- [26] Žilić, S., Aktağ, I.G., Dodig, D., Filipović, M. and Gökmen, V., 2020. Acrylamide formation in biscuits made of different wholegrain flours depending on their free asparagine content and baking conditions. *Food research international*, 132, pp.109109.
- [27] Abedfar, A., Hosseini-zhad, M., Sadeghi, A., Abbaszadeh, F., 2019. Optimization of controlled fermentation in rice bran sourdough



## The effect of rice bran addition on bread acrylamide content and textural properties

Fadaye Eshkiki, L.<sup>1\*</sup>, Tayefe, M.<sup>2</sup>

1. Msc student of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

### ABSTRACT

Rice bran can be a suitable compound for bread enrichment due to its considerable amounts of fiber and protein. However, the addition of rice bran can cause disorders in textural and sensory properties as well as the presence of phytic acid in it should be further investigated. On the other hand, when bread bakes at temperatures above 120 °C through millard reaction, a carcinogenic compound called acrylamide is produced which can be minimized by removing the effective factors in its production. In this study, rice bran (normal and hydrothermal) was used in different percentages of 0 (control), 3, 6 and 9% to enrich wheat flour and prepare molded bread. Then, color changes, acrylamide levels and textural characteristics were measured. The results showed that by increasing the use of bran in bread, the amount of discoloration and acrylamide increased compared to the control sample and the samples containing hydrothermally treated bran (similar percentage to normal bran) had higher acrylamide levels. Hardness, adhesiveness, gumminess and chewiness had an increasing trend compared to the control sample by increasing bran percentage, while cohesiveness and springiness showed a decreasing trend with increasing bran percentage. According to the results obtained based on the permissible daily consumption limit of acrylamide and considering the reduction of phytic acid in bread samples containing processed bran, treatment containing 3% hydrothermal bran, due to having the lowest acrylamide between treatments containing processed rice bran (77% more than allowed consumption) and acceptable textural and sensory properties is suggested.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 12/ 25  
Accepted 2022/ 04/ 10

#### Keywords:

Phytic acid,  
Acrylamide,  
Rice bran,  
Molded bread,  
Hydrothermal.

**DOI:** 10.52547/fsct.19.124.101

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.124.18.5

\*Corresponding Author E-Mail:  
Leili\_fd97@yahoo.com