

## تولید نان مسطح فاقد گلوتن از سه واریته برنج ایرانی

مریم اسمعیلی بازارده<sup>۱</sup>، فریبا زینالی<sup>۲\*</sup>، محسن اسمعیلی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته دکتری تکنولوژی مواد غذایی دانشگاه ارومیه، هیأت علمی دانشگاه آزاد مهاباد

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۳- استاد، عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۲۷)

### چکیده

با وجود تقاضای روزافزون برای محصولات فاقد گلوتن، هنوز چالش‌های تکنولوژیکی بسیاری در زمینه تولید نان فاقد گلوتن باکیفیت مناسب وجود دارد. در این پژوهش رابطه بین خصوصیات سه واریته برنج (علی کاظمی، هاشمی و حسنی) باکیفیت خمیر و نان مسطح حاصل مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور خصوصیات شیمیایی، پارامترهای RVA، شاخص‌های ژلاتینه شدن (GC، GT) و جذب آب (WSI و SP.WAI) آرد، ویژگی‌های رئولوژیکی و پارامترهای TPA خمیر و نهایتاً رنگ و بافت نان حاصل از این واریته‌ها ارزیابی شد. پیش‌ازاین آمیلوز رایج‌ترین گزینه برای انتخاب واریته برنج جهت تهیه نان در نظر گرفته می‌شد، اما نتایج این پژوهش نشان داد مقدار پروتئین، ویژگی‌های جذب آب و خصوصیات خمیری شدن نیز پارامترهای مهمی در تعیین خصوصیات کیفی محصول می‌باشند. با توجه به شرایط اعمال‌شده در این تحقیق، مشخص شد واریته حسنی خصوصیات لازم برای تهیه نان مسطح فاقد گلوتن را دارد و واریته علی کاظمی، به دلیل چسبندگی بالای خمیر برای این منظور مناسب نیست.

کلید واژگان: نان، فاقد گلوتن، برنج، واریته

\* مسئول مکاتبات: f.zeynali@urmia.ac.ir

## ۱- مقدمه

طی سال‌های اخیر تقاضا برای مواد غذایی فاقد گلوتن افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. این محصولات نه تنها مورد استفاده مبتلایان به سلیاک قرار می‌گیرند، بلکه رژیم غذایی فاقد گلوتن به نوعی هویت برای میلیون‌ها مصرف‌کننده‌ای تبدیل شده که گندم، جو، چاودار و سایر غلات حاوی پرولامین را از سبد غذایی خود حذف کرده‌اند [۱].

مردم ایران با مصرف سرانه حدود ۱۱۷ کیلوگرم نان حاصل از گندم در سال، از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان گندم و نان در جهان محسوب می‌شوند [۲]. گلوتن پروتئین ساختاری گندم، حاوی پرولامین است و در صورت حذف گلوتن، رئولوژی خمیر، فرآیند تولید و کیفیت نهایی نان به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. خمیر به دست آمده از آردهای فاقد گلوتن بسیار روان و چسبناک بوده و مقاومت کمی در برابر کش آمدن دارد. به دلیل توانایی کم خمیر برای نگه داشتن دی‌اکسید کربن آزاد شده در طول تخمیر، حجم مخصوص نان حاصل کم است. بافت خردشونده، رنگ نامناسب، تشخیص ذرات در دهان، احساس خشکی دهان در هنگام مصرف، طعم و مزه‌ای که واقعاً رضایت‌بخش نیست، عمر ماندگاری کوتاه و بیاتی سریع ناشی از رتروگراداسیون از دیگر نقایص کیفی نان‌های فاقد گلوتن است. پژوهشگران صنعت غذا به کارگیری انواع مواد غذایی شامل ذرت، برنج، کاساوا، گندم سیاه، تاج خروس، سویا، ارزن، سیب‌زمینی، بادام‌زمینی، نخود و یا مخلوطی از آن‌ها را در فرمولاسیون محصولات فاقد گلوتن بررسی کرده‌اند [۱]. در این میان، برنج گزینه‌ای مورد توجه برای تهیه این محصولات است. برنج دارای کشت گسترده، رنگ سفید، طعم ملایم، عطر و بوی مناسب، سدیم و چربی پایین و کربوهیدرات‌هایی با قابلیت هضم آسان است [۳]. بهره‌بروتئین خالص<sup>۱</sup> برنج تحت تأثیر پختن کاهش نمی‌یابد [۴]. پروفایل اسیدآمینو برنج نسبت به گندم که کمبود لیزین و تریپتوفان دارد، متعادل‌تر است و نسبت بسیار کم پرولامین به پروتئین در برنج (تقریباً ۰/۲۲٪) در میان غلات منحصربه‌فرد است [۵]. کیفیت نان حاصل از برنج، تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله روش آسیاب کردن، مقدار نشاسته آسیب‌دیده، اندازه ذرات آرد، پیش تیمارهای

انجام شده و فرایند تولید محصول قرار می‌گیرد [۶، ۷، ۸]. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی واریته‌های مختلف برنج از مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر کیفیت نان برنج به شمار می‌آیند [۹، ۸]. نیشیتا و همکاران (۱۹۷۹) گزارش کردند که نان حاصل از واریته‌های با ۱۹-۱۶٪ آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن °C ۶۴-۵۹ نرم‌تر از نان تهیه شده از سایر واریته‌های برنج است [۱۰]. بر اساس تحقیقات پردون و جولیانو (۱۹۷۵) نان و کیک‌های برنج به دست آمده از واریته‌های با ۲۵-۲۰٪ آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن پایین، بافت نرم‌تر و حجم بیشتری نسبت به محصولات سایر واریته‌ها دارند [۱۱]. نتایج مطالعات هان و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد کیفیت نان حاصل از واریته‌های آمیلوز متوسط و دارای ظرفیت جذب آب کمتر، مناسب‌تر از سایر واریته‌های برنج است [۹].

با توجه به رشد روزافزون تقاضا برای محصولات فاقد گلوتن و اهمیت نان به عنوان یک وعده غذایی اصلی در ایران و نظر به محدود بودن دانش موجود درباره خصوصیات کلیدی آرد، جهت پیش‌بینی ویژگی‌های خمیر و کیفیت نان برنج [۱۲، ۹، ۱]، تعیین شاخص‌هایی جهت انتخاب واریته‌های مناسب و تولید نان از واریته‌های مختلف برنج ایرانی ضروری به نظر می‌رسد. هدف از تحقیق حاضر امکان‌سنجی تولید نان مسطح از سه واریته برنج علی کاظمی، هاشمی و حسنی و ارزیابی پارامترهای کیفی خمیر و نان حاصل است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- تهیه آرد

سه واریته محلی برنج شامل واریته‌های حسنی، هاشمی و علی کاظمی، با همکاری مرکز تحقیقات برنج رشت از یک شالی‌کوبی در گیلان تهیه شد. از نظر طول و شکل، واریته حسنی دانه متوسط و پهن و واریته‌های هاشمی و علی کاظمی دانه بلند و باریک هستند. زمان انجام آزمون روی همه نمونه‌ها، دو ماه پس از برداشت محصول بود. برای تهیه آرد به روش آسیاب کردن نیمه مرطوب، با اعمال تغییراتی در روش سینگ (۲۰۱۶)، برنج یک ساعت در آب °C ۳۰ (به نسبت ۱ به ۲) خیسانیده و سپس آبکشی شده و در پارچه نخی قرار گرفت. برای نفوذ رطوبت به

1. Net Protein Utilization

شدن ریخته و ۵ دقیقه به وسیله شیکر همزده شد. نمونه‌ها ۶۰ دقیقه در بن ماری  $3 \pm 97^\circ\text{C}$  قرار گرفتند و ۱۰ دقیقه پس از خروج از بن ماری و رسیدن به دمای اتاق در حمام آب یخ، به مدت ۲۰ دقیقه در  $3000\text{rpm}$  سانتریفوژ شدند. بخش شناور و رسوب کاملاً از هم جدا و سپس توزین شدند. بخش شناور تا رسیدن به وزن ثابت در  $3 \pm 105^\circ\text{C}$  خشک شد [۲۰].

$$\text{WAI} = W_r / W_i \quad (۱) \text{ معادله}$$

$$\text{WSI} = W_s / W_i \quad (۲) \text{ معادله}$$

$$\text{SP} = W_r / (W_i - W_s) \quad (۳) \text{ معادله}$$

در معادلات فوق  $W_i$  وزن نمونه (بر مبنای وزن خشک)،  $W_s$  وزن بخش شناور خشک شده،  $W_r$  وزن رسوب است.

برای ارزیابی ویژگی‌های خمیری شدن، ۳ گرم آرد (رطوبت ۱۴٪، بر مبنای وزن مرطوب) و ۲۵ mL آب دیونیزه در استوانه مخصوص دستگاه سنجش سریع ویسکوزیته<sup>۸</sup> (RVA-) (RVA-3D Model, Newport Scientific, Australia) شد. سرعت هم زدن در ۱۰ ثانیه اول روی  $960\text{rpm}$  و پس از آن  $160\text{rpm}$  تنظیم شد. تغییرات ویسکوزیته نمونه در طول سیکل‌های برنامه‌ریزی شده گرم و سرد کردن پایش شد. پارامترهای منحنی شامل حداکثر ویسکوزیته<sup>۹</sup>، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر ویسکوزیته<sup>۱۰</sup>، حداقل ویسکوزیته<sup>۱۱</sup>، فروریزش<sup>۱۲</sup>، ویسکوزیته نهایی<sup>۱۳</sup> و پس‌روی<sup>۱۴</sup> برحسب واحد RVU<sup>۱۵</sup>، با نرم‌افزار ترموکالین<sup>۱۶</sup> محاسبه شد [۲۱]. ویژگی‌های بافتی خمیر به وسیله رئومتر (Physica Anton Paar-Model MCR 301- Austria) و از طریق آزمون رفت و برگشت فرکانس<sup>۱۷</sup> تحت تنش ثابت ۲ Pa انجام شد. مدول ذخیره ( $G'$ )، مدول افت ( $G''$ )، تانژانت افت ( $\tan \delta$ ) به عنوان تابعی از فرکانس (در فاصله ۱-۱۰۰ هرتز) تعیین شد [۲۲]. آزمون TPA به وسیله دستگاه بافت سنج (Texture Analyzer -TA.XT plus Stable Micro Systems,

عمق دانه‌ها، نمونه ۴ ساعت در دمای  $30^\circ\text{C}$  قرار داده شد [۱۳]. سپس نمونه‌ها با آسیاب پنوماتیک سایشی (ساخت شرکت البرز ماشین-گیلان) آرد و با الک مش ۸۰ (اندازه ذرات  $> 177\ \mu\text{m}$ ) غربال شد. بخشی از آرد برای انجام آزمون‌های ذکر شده زیر، در دمای  $18^\circ\text{C}$  در بسته‌های پلی‌اتیلنی نگهداری و بقیه برای تولید محصول استفاده شد.

## ۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد

مقدار آمیلوز ظاهری با روش کالرومتریک و با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج  $620$  نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۴]. بر اساس مقدار آمیلوز، برنج به واریته‌های واکسی (۲-۰٪)، بسیار آمیلوز پایین (۱۰-۲٪)، آمیلوز پایین (۲۰-۱۰٪)، آمیلوز متوسط (۲۵-۲۰٪) و آمیلوز بالا (بیشتر از ۲۵٪، بر مبنای وزن خشک نمونه) تقسیم می‌شود [۴]. درصد پروتئین ( $N \times 5.95$ ) [۱۵]، چربی [۱۶] و رطوبت [۱۷] بر اساس استانداردهای ملی مربوطه و قوام ژل<sup>۲</sup> (GC) طبق روش کاگامپانگ (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد. با توجه به میزان حرکت ژل، واریته‌های برنج به سه گروه با قوام ژل سخت (طول حرکت ژل  $40\text{mm}$  یا کمتر)، قوام ژل متوسط (طول حرکت ژل  $60-41\text{mm}$ ) و قوام ژل نرم (طول حرکت ژل بیشتر از  $61\text{mm}$ ) تقسیم می‌شوند [۱۸]. جهت تعیین دمای ژلاتینه شدن<sup>۳</sup> (GT) با روش گرماسنجی افتراقی<sup>۴</sup> (DSC)،  $2\text{mg}$  آرد در پن آلومینیومی توزین و  $6\ \mu\text{L}$  آب دیونیزه با میکروسرنج به نمونه اضافه گردید. درب پن بسته و درزگیری شد. نمونه پس از یک ساعت به تعادل رسیدن در دمای آزمایشگاه توزین و با آهنگ گرمایش  $10^\circ\text{C}/\text{min}$  در محدوده دمای  $30-110^\circ\text{C}$  آنالیز شد. یک پن خالی درب دار به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت. دمای پیک و آنتالپی ژلاتینه شدن ( $\Delta H$ ) تعیین شد [۱۹]. شاخص جذب آب<sup>۵</sup> (WAI)، شاخص حلالیت در آب<sup>۶</sup> (WSI) و قدرت تورم<sup>۷</sup> (SP) با در نظر گرفتن شرایط تولید محصول، با اعمال تغییراتی در روش سکاچ و ویستلر (۱۹۶۴) ارزیابی و مطابق معادلات ۳-۱ محاسبه شد. به این منظور  $0.7$  گرم آرد و  $10$  میلی‌لیتر آب در لوله‌آزمایش قابل سانتریفوژ

8. Rapid Visco Analyzer

9. Peak Viscosity

10. Peak Time

11. Trough

12. Breakdown

13. Final Viscosity

14. Setback

15. Rapid Viscosity Unit

16. ThermoLine

17. Frequency sweep test

2. Gel Consistency

3. Gelatinization Temperature

4. Differential Scanning Calorimetry

5. Water Absorption Index

6. Water Solubility Index

7. Swelling Power

نقطه متفاوت در سطح آن ثبت شد.  $L^*$  شاخص روشنایی،  $a^*$  شاخص رنگ در محور سبز (-) تا قرمز (+)،  $b^*$  شاخص رنگ در محور آبی (-) تا زرد (+) است. زاویه هیو ( $h_{ab}$ ) زاویه نقطه محاسبه شده از مختصات  $a^*$  و  $b^*$  در فضای CIELAB و کروما ( $C^*_{ab}$ ) جزء کمی رنگ است که خلوص رنگ در فضای CIELAB را نشان می‌دهد. معادلات (۴) و (۵) برای محاسبه کروما و هیو استفاده شد [۱۲]:

$$C^*_{ab} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \text{ معادله (۴)}$$

$$h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) \text{ معادله (۵)}$$

فعالیت آبی به وسیله دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina, MS1, Switzerland) تعیین شد. ویژگی‌های بافتی نان به وسیله بافت سنج و از طریق انجام آزمون‌های نفوذ و کشش بررسی شد. تنظیمات دستگاه شامل Trigger force برابر با ۲ mm/s، سرعت پیش‌آزمون ۱ mm/s، سرعت آزمون ۲ mm/s و نفوذ، نان به وسیله قالب به ابعاد ۲×۲ cm<sup>2</sup> برش خورد و ۱۰ برش روی هم قرار گرفت. در آزمون نفوذ، حداکثر نیروی لازم برای سوراخ کردن نمونه به وسیله پروبی با قطر ۲ mm، به عنوان سختی اندازه‌گیری شد. در آزمون کشش تک‌بعدی، نمونه با استفاده از قالب دمبلی شکل برش خورد و با گیره مخصوص از یک طرف به بازوی متحرک دستگاه و از طرف دیگر به یک فک ثابت متصل شد. نمونه‌ها تا زمان پاره شدن کشیده شدند. سختی با در نظر گرفتن حداکثر نیروی لازم برای گسستن نمونه، سختی<sup>۱۸</sup> با توجه به شیب منحنی نیرو-زمان در محدوده خطی و همچنین زمان لازم برای گسستن نمونه<sup>۱۹</sup> ارزیابی شد [۲۶].

### ۳- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه ANOVA و آزمون دانکن برای ارزیابی تفاوت‌های قابل توجه با سطح اطمینان ۹۵٪ ( $p < 0.05$ ) انجام شد. رابطه بین پارامترهای مختلف

و در دو تکرار انجام شد. به این منظور خمیر تا ۹۰٪ ارتفاع پلیت پر شد و دو سیکل فشرش توسط پروب آلومینیومی استوانه‌ای ۲۵ mm روی نمونه اعمال گردید. سرعت آزمون ۵ mm/s و وقفه زمانی ۵s در نظر گرفته شد. سختی<sup>۱۸</sup> با توجه به حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشرش، چسبندگی<sup>۱۹</sup> بر اساس مساحت نیروی منفی طی فشرش اول، پیوستگی<sup>۲۰</sup> نسبت مساحت زیر منحنی در فشرش دوم به مساحت زیر منحنی در فشرش اول، شاخص فنری<sup>۲۱</sup> با توجه به مسافتی که در طی زمان ماده غذایی تغییر شکل یافته، ارتفاع اولیه خود را بازیابی می‌کند و قابلیت جویدن<sup>۲۲</sup> از حاصل ضرب سختی، پیوستگی و فنری به دست آمد [۲۳].

### ۲-۳- تهیه نان

اجزای خمیر شامل آب ۱۰۰ °C [۲۴، ۲۵] و آرد (به نسبت ۸۰ به ۱۰۰) به وسیله همزن نانوائی (ساخت ایران-اصفهان) به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شده و خمیر حاصل به صورت چانه‌های یک کیلوگرمی درآمد. هر چانه به مدت ۶۰ دقیقه در دیگ آب جوش (۳ ± ۹۷ °C) قرار گرفت و پس از خروج از دیگ، ۲۰ دقیقه به وسیله همزن نانوائی مخلوط شد. در این مرحله سایر اجزا (۸/۰٪ نمک، ۵٪ شکر) به خمیر اضافه و نمونه طی ۱۰ دقیقه هم زدن کاملاً همگن شد. خمیر به ضخامت ۱ mm پهن شده و پس از برش با قالب دایره‌ای به قطر ۲۰ cm، به مدت ۳۰ دقیقه استراحت داده شد. در طی زمان استراحت و به منظور جلوگیری از خشک شدن، روی سطح خمیر با پارچه نخی پوشانده شد. پخت بر روی سینی مسی با دمای ۱۰ ± ۲۲۰ °C و به مدت ۲ دقیقه انجام شد. نان‌ها پس از ۱۰ دقیقه خنک شدن، در کیسه‌های پلی‌اتیلن بسته‌بندی شده و پس از ۱۸ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند.

### ۲-۴- ارزیابی پارامترهای کیفی نان

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه Chroma meter CR-400 ارزیابی شد. پس از استانداردسازی دستگاه با صفحه سفید کالیبراسیون، نمونه بر روی یک صفحه سفید قرار گرفته و رنگ ۵

- 18. hardness
- 19. adhesiveness
- 20. cohesiveness
- 21. springiness
- 22. chewiness

- 23. stiffness
- 24. Time Difference

حسنى کمتر و پروتئين هاى هشتمى بيشتر از ساير واريته‌ها است. بر اساس طبقه‌بندي واريته‌ها از نظر آميلوز [۴]، برنج على كاظمى آميلوز پايين و هاى هشتمى و حسنى آميلوز متوسط هستند. مقدار پروتئين و آميلوز به‌عنوان فاكتورهاى كليدى در تعيين ويژگى‌هاى محصولات پخت برنج در نظر گرفته مى‌شوند [۲۷]. تاثير اين دو پارامتر بر شاخص‌هاى مطالعه شده، در هر بخش به‌صورت جداگانه بيان شده است.

با تعيين ضريب همبستگى پيرسون بررسى شد. نتايج به‌صورت مقادير ميانگين  $\pm$  انحراف معيار گزارش شدند.

## ۴- نتايج و بحث

### ۴-۱- تركيبات برنج

مقدار چربى، پروتئين و آميلوز برنج اندازه‌گيرى شد تا نقش احتمالى اين تركيبات در خصوصيات خمير و نان حاصل بررسى گردد. چنانچه در جدول ۱ مشاهده مى‌شود مقدار چربى نمونه

**Table 1** Chemical components of surveyed rice cultivars

cultivar	apparent amylose (%)	protein (%)	fat (%)
Alikazemi	18.57±0.78 <sup>b</sup>	6.23±0.25 <sup>b</sup>	0.57±0.03 <sup>a</sup>
Hashemi	21.83±0.70 <sup>a</sup>	7.13±0.21 <sup>a</sup>	0.56±0.05 <sup>a</sup>
Hasani	22.10±0.36 <sup>a</sup>	6.07±0.21 <sup>b</sup>	0.40±0.02 <sup>b</sup>

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ( $p < 0.05$ )

انتظار مى‌رود در واريته‌هاى با آميلوز بيشتر، شاخص جذب آب و قدرت تورم کمتر باشد [۲۹]. هرچند فاكتورهاى ديگرى مانند نسبت آميلوز به آميلوپكتين، طول زنجير آميلوپكتين، اندازه گرانول، مقدار و تركيب پروتئين و مقدار چربى نيز بر قدرت تورم و شاخص حلايت در آب تاثير مى‌گذارند [۳۰]. در اين تحقيق بين مقدار آميلوز - شاخص جذب آب و قدرت تورم رابطه‌اى مشاهده نشد و همبستگى منفى بين پروتئين - شاخص جذب آب ( $R^2 = 0.168$ ,  $P < 0.05$ ) وجود داشت. اين نتيجه در برخى مطالعات ديگر نيز گزارش شده [۸] و دليل آن مى‌تواند اثر مشترك فاكتورهاى پيش‌تر ذكر شده، به‌ويژه تاثير منفى مقدار پروتئين بر قدرت تورم باشد؛ زيرا برخلاف پروتئين‌هاى آب‌دوست گندم، پروتئين‌هاى برنج آب‌گريز هستند؛ هنگامى كه اين پروتئين‌ها شبيه‌اى اطراف گرانول‌هاى نشاسته تشكيل مى‌دهند، سد فيزيكى به وجود آمده تا حدى مانع از جذب آب مى‌شود [۳۱]. در برخى از پژوهش‌ها توصيه شده براى دستيابى به پارامتر پيوستگى و قابليت انعطاف مناسب در نان، آردهاى با قدرت تورم بالاتر استفاده شود [۸].

### ۴-۲- قدرت تورم، شاخص جذب آب، شاخص

#### حلايت در آب و ويژگى‌هاى ژل شدن

ويژگى‌هاى جذب آب واريته‌هاى مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. هنگامى كه گرانول‌هاى نشاسته در آب اضافى و دماهاى بالاتر از دماى ژلاتينه شدن گرم مى‌شوند، پيوندهاى هيدروژنى بين مولكول‌هاى نشاسته شكسته و ساختار بلورى گرانول‌ها متلاشى مى‌شود. مولكول‌هاى آب با گروه‌هاى هيدروكسيل آزاد آميلوز و آميلوپكتين در داخل گرانول، پيوندهاى هيدروژنى ايجاد مى‌کنند و با جذب آب، گرانول‌هاى نشاسته متورم شده و در طول ژلاتينه شدن آميلوز به بيرون گرانول نشت مى‌کنند [۲۸]. شاخص حلايت در آب بيانگر ميزان خروج آميلوز از گرانول در طول تورم است و گزارش شده با مقدار آميلوز نمونه رابطه مستقيمى دارد. در اين مطالعه نيز بين مقدار آميلوز - شاخص حلايت در آب ( $R^2 = 0.188$ ,  $P < 0.01$ ) و بين شاخص جذب آب - قدرت تورم ( $R^2 = 0.92$ ,  $P < 0.01$ ) همبستگى مثبت مشاهده شد. آميلوز به دليل تشكيل کمپلکس با چربى، مانع تورم گرانول مى‌شود، لذا

**Table 2** Hydration and gelatinization characteristics of different rice cultivars

cultivar	WAI (g/g)	SP (g/g)	WSI (g/g)	GT (°C)	ΔH (J/g)	Gel movement length (mm)
Alikazemi	11.632±0.371 <sup>a</sup>	12.515±0.360 <sup>ab</sup>	0.071±0.008 <sup>b</sup>	65.51±2.14 <sup>b</sup>	11.65±0.36 <sup>c</sup>	49.66±1.53 <sup>a</sup>
Hashemi	10.542±0.311 <sup>b</sup>	11.691±0.308 <sup>b</sup>	0.098±0.003 <sup>a</sup>	70.07±0.80 <sup>a</sup>	12.66±0.30 <sup>b</sup>	41.33±0.58 <sup>b</sup>
Hasani	11.688±0.344 <sup>a</sup>	13.183±0.609 <sup>a</sup>	0.113±0.017 <sup>a</sup>	70.49±1.32 <sup>a</sup>	13.70±0.14 <sup>a</sup>	27.33±0.58 <sup>c</sup>

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ( $p < 0.05$ )

به حداکثر ویسکوزیته - مقدار آمیلوز همبستگی مثبت ( $R^2=0/95$ ,  $P<0/01$ ) مشاهده شد. با افزایش دما و در اثر تنش برشی ناشی از هم زدن، گرانول‌های ژلاتینه شده متلاشی و ویسکوزیته ظاهری خمیر کم می‌شود؛ به صورتی که در انتهای دوره گرم کردن حداقل مقدار ویسکوزیته حاصل می‌شود. از تفاضل حداکثر و حداقل ویسکوزیته، فروریزش محاسبه می‌گردد. فروریزش که معیار سهولت فروپاشی گرانول‌های نشاسته است [۳۰] با مقدار چربی همبستگی مثبت ( $R^2=0/83$ ,  $P<0/01$ ) و با مقدار آمیلوز همبستگی منفی داشت ( $R^2=0/88$ ,  $P<0/01$ ). این پارامتر در واریته علی کاظمی بیشتر از سایر نمونه‌ها بود که نشان می‌دهد گرانول‌های متورم نشاسته این واریته، به آسانی در اثر حرارت و برش متلاشی می‌شوند و در نتیجه ویسکوزیته خمیر حاصل از آن به شدت کاهش می‌یابد. در مرحله خنک شدن، ویسکوزیته به دلیل بازآرایی و متراکم شدن مولکول‌های آمیلوزی که از گرانول نشاسته به بیرون نشت کرده‌اند، مجدداً افزایش می‌یابد. ویسکوزیته خمیر در پایان ارزیابی  $RVA$ ، با ظرفیت نشاسته برای شکل دادن یک خمیر یا ژل ویسکوز بعد از پخت و خنک شدن ارتباط دارد [۲۸]. نیشیتا و همکاران (۱۹۷۹) توصیه کردند برای تهیه نان برنج با بافت نرم، باید واریته ای را انتخاب کرد که ویسکوزیته نهایی پایین دارد [۱۰]. در این پژوهش بین ویسکوزیته نهایی - مقدار آمیلوز رابطه‌ای مشاهده نشد؛ اما با افزایش مقدار چربی نمونه ویسکوزیته نهایی کاهش یافت ( $R^2=0/86$ ,  $P<0/01$ ). از تفاضل ویسکوزیته نهایی و حداقل ویسکوزیته، پس‌روی محاسبه می‌شود. این پارامتر شاخص میزان تمایل به رترورگراسیون است و گزارش شده نان‌های حاصل از خمیرهای با پس‌روی بالا معمولاً سفت‌تر هستند [۱۰]. آمیلوز به دلیل ساختار خطی آسان‌تر از آمیلوپکتین رترورگراید می‌شود؛ بنابراین پس‌روی و سفت شدن اولیه نان (بعد از چند ساعت) در ارتباط با آمیلوز است، درحالی‌که در طولانی‌مدت (بعد از چند روز)، بلوری شدن آمیلوپکتین تعیین‌کننده ساختار ژل و بیات شدن نان است. هرچند در این تحقیق رابطه‌ای بین پس‌روی و مقدار آمیلوز مشاهده نشد، اما همبستگی منفی بین مقدار چربی - پس‌روی ( $R^2=0/93$ ,  $P<0/01$ ) و موافق با یافته‌های سایر محققین همبستگی مثبت بین پس‌روی - شاخص حلالیت در آب ( $R^2=0/75$ ,  $P<0/05$ ) وجود داشت [۳۳].

با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، دمای ژلاتینه شدن واریته حسنی و علی کاظمی متوسط و دمای ژلاتینه شدن واریته علی کاظمی پایین است. بیشترین  $\Delta H$  در نمونه حسنی و کمترین مقدار آن در نمونه علی کاظمی مشاهده می‌گردد. اختلاف آنتالپی ژلاتینه شدن بین ارقام بیانگر تفاوت در مقدار انرژی مورد نیاز برای ژلاتینه شدن آن‌ها است. یافته‌های جولیانو (۲۰۱۶) حاکی از آن است که برنج‌هایی با آمیلوز پایین و دمای ژلاتینه شدن پایین، پس از پخت نرم‌تر از برنج‌های با آمیلوز پایین و دمای ژلاتینه شدن بالا هستند، ولی برنج‌های آمیلوز متوسط و بالا با دمای ژلاتینه شدن متوسط، پس از پخت نرم‌تر از ارقام آمیلوز متوسط و آمیلوز بالا با دمای ژلاتینه شدن پایین می‌شوند [۴]. بر اساس طول حرکت ژل، قوام ژل برنج حسنی سخت و قوام ژل برنج‌های هاشمی و علی کاظمی متوسط در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه با بیشتر شدن مقدار آمیلوز واریته‌ها قوام ژل افزایش یافت که این نتیجه مطابق با یافته‌های پژوهشگران دیگر است [۳۲، ۴].

#### ۴-۳- خصوصیات خمیری شدن

نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های خمیری شدن واریته‌های مورد مطالعه با استفاده از  $RVA$  در جدول ۳ ارائه شده است. در ابتدای آزمون، گرانول‌های نشاسته آب جذب کرده و متورم می‌شوند، سپس ویسکوزیته خمیر افزایش می‌یابد که منعکس‌کننده فرایند خمیری شدن است. با ادامه حرارت دهی و هم زدن، تعدادی از گرانول‌های متورم متلاشی می‌شوند. زمانی که نرخ تورم و پاره شدن گرانول‌ها برابر شود، حداکثر ویسکوزیته به دست می‌آید. حداکثر ویسکوزیته معیار ظرفیت اتصال آب<sup>۲۵</sup> و مقدار قدرت تورم است و اغلب باکیفیت محصول نهایی ارتباط دارد؛ زیرا گرانول‌های متورم و یا متلاشی شده تأثیر قابل توجهی بر بافت محصول دارند [۲۸]. در این تحقیق بین حداکثر ویسکوزیته - مقدار پروتئین همبستگی منفی ( $R^2=0/83$ ,  $P<0/01$ ) مشاهده شد که دلیل آن می‌تواند اثر ممانعت کنندگی پروتئین در جذب آب و تورم گرانول نشاسته باشد. مشخص شده گرانول‌ها در واریته‌های آمیلوز بالا استحکام بیشتری دارند و متلاشی شدن آن‌ها دیرتر رخ می‌دهد [۳۲]؛ بنابراین انتظار می‌رود در نمونه‌های آمیلوز بالا، زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته طولانی‌تر از نمونه‌های آمیلوز پایین باشد. در این تحقیق نیز بین زمان رسیدن

**Table 3** RVA pasting properties of different cultivars of rice

cultivar	Peak Viscosity	Peak Time	Trough	Break down	Final Viscosity	Setback
Alikazemi	293.42±1.68 <sup>a</sup>	6.33±0.00 <sup>b</sup>	230.70±0.30 <sup>b</sup>	62.72±1.98 <sup>a</sup>	341.57±1.04 <sup>b</sup>	110.87±1.34 <sup>c</sup>
Hashemi	266.26±1.27 <sup>c</sup>	7.00±0.00 <sup>a</sup>	210.94±0.86 <sup>c</sup>	55.32±0.41 <sup>b</sup>	326.14±1.31 <sup>c</sup>	115.20±0.45 <sup>b</sup>
Hasani	285.36±1.12 <sup>b</sup>	6.97±0.03 <sup>a</sup>	235.63±0.82 <sup>a</sup>	49.73±1.95 <sup>c</sup>	372.08±0.86 <sup>a</sup>	136.45±0.04 <sup>a</sup>

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ( $p < 0.05$ )

خمیرهای با پیوستگی بیشتر، نان نرم‌تری به دست می‌آید. در این تحقیق مطابق با یافته‌های محققین دیگر [۳۵، ۳۴] با افزایش سختی، پیوستگی کاهش یافت. به نظر می‌رسد در خمیر برنج نیز پیوستگی شاخص کیفی مناسبی برای تعیین ویژگی‌های نان، به‌ویژه در تهیه محصولاتی باشد که قابلیت لقمه کردن و یا درست کردن ساندویچ در آن‌ها مطلوب است. شاخص فنریت در نان‌های حجیم با تازه بودن و قابلیت انعطاف نان در ارتباط است و بیشتر بودن این پارامتر، مطلوب در نظر گرفته می‌شود [۱۲]. با توجه به ویژگی‌های بافتی متفاوت خمیر و نان تولیدشده در تحقیق حاضر، افزایش فنریت خمیر با لاستیکی شدن نان و افزایش سختی نمونه‌ها همراه بود. پارامتر چسبندگی نشان‌دهنده مقدار چسبیدن محصول به سقف دهان، زبان و دندان است [۳۴]. بیشترین و کمترین چسبندگی به ترتیب در خمیر علی کاظمی و حسنی مشاهده شد. در این پژوهش چسبندگی خمیر با افزایش مقدار پروتئین و آمیلوز نمونه‌ها کاهش یافت و رابطه مستقیمی بین حداکثر ویسکوزیته و چسبندگی یافت شد. چسبیدن خمیر علی کاظمی به تجهیزات، کار کردن با آن را تا حدی دشوار نمود که تولید نان از این واریته (با تیمارهای اعمال شده در این تحقیق) توصیه نمی‌شود.

#### ۴-۴- بافت خمیر

درصد رطوبت خمیر هاشمی کمتر از سایر واریته‌ها بود ( $0.35 \pm$  و  $0.83/45$ ) و رطوبت خمیر حسنی ( $0.44 \pm 0.29/48$ ) و علی کاظمی ( $0.42 \pm 0.7/45$ ) از نظر آماری تفاوت معناداری نداشت ( $P > 0.05$ ). نتایج حاصل از ارزیابی TPA در جدول ۴ ارائه شده است. خمیر هاشمی و حسنی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار سختی و قابلیت جویدن را داشتند. سختی بالا نشان می‌دهد که به کار بردن یک نیروی مشخص روی نمونه، باعث تغییر شکل کمی در آن می‌شود و بالا بودن قابلیت جویدن به این معناست که کار بیشتری برای جویدن نمونه لازم است تا آماده بلعیدن شود. اگرچه در این تحقیق رابطه‌ای بین مقدار آمیلوز - سختی خمیر مشاهده نشد، با افزایش مقدار چربی سختی کاهش یافت. مقایسه نتایج آزمون بافتی خمیر با داده‌های حاصل از RVA نشان می‌دهد سختی با ویسکوزیته نهایی و زمان رسیدن به حداکثر ویسکوزیته رابطه مستقیمی دارد. پارامتر پیوستگی بیانگر قدرت پیوندهای داخلی ماده غذایی است و نشان می‌دهد که ماده چقدر می‌تواند در دهان تغییر شکل پیدا کند؛ یک‌لقمه آن در کنار هم می‌ماند یا شکننده است و خرد می‌شود [۳۴]. در خمیر گندم، پیوستگی پارامتر مناسبی برای پیش‌بینی کیفیت نان تازه است و از

**Table 4** TPA parameters of different cultivars of rice

cultivar	hardness (N)	adhesiveness (N.s)	cohesiveness (-)	springiness (mm)	chewiness (N.s)
Alikazemi	41.84	2.09	0.91	3.66	139.59
Hashemi	55.96	1.56	0.90	4.33	219.18
Hasani	26.59	1.07	0.95	2.36	59.50

ویسکوالاستیک نیز بیشتر شد. در تمامی فرکانس‌ها بین مدول‌های ویسکوالاستیک همبستگی مثبت وجود داشت (علی کاظمی ( $R^2=0.99$ ), هاشمی ( $R^2=0.97$ ), حسنی ( $R^2=0.96$ )). بیشتر بودن مقدار  $G'$  به  $G''$  در همه واریته‌ها ( $\tan \delta < 1$ ) نشان می‌دهد خمیرها جامد مانند هستند و ویژگی الاستیک آن‌ها بیشتر از ویژگی ویسکوز است [۳].

نتایج ارزیابی مدول‌های ویسکوالاستیک خمیر با استفاده از رئومتر، در شکل ۱ آمده است. مقادیر  $G'$  و  $G''$  در فاصله Hz ۱-۲۰ مستقل از فرکانس بود که نشان‌دهنده محدوده ویسکوالاستیک خطی برای این خمیرهاست. با افزایش فرکانس زاویه‌ای،  $G'$  و  $G''$  افزایش یافت و فاصله بین مدول‌های

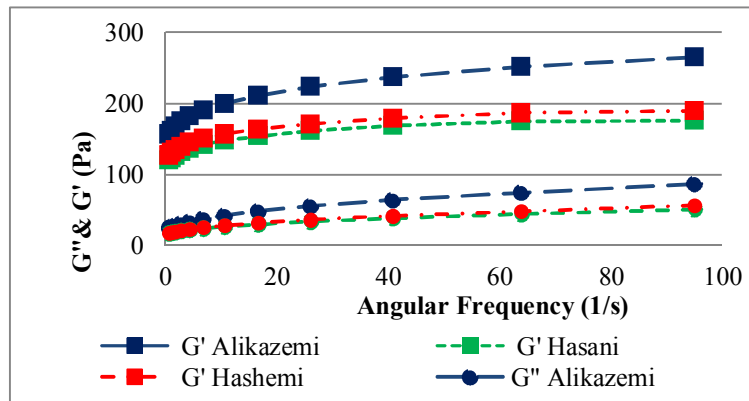


Fig 1 Storage modulus ( $G'$ ) and Loss modulus ( $G''$ ) of different cultivars of rice

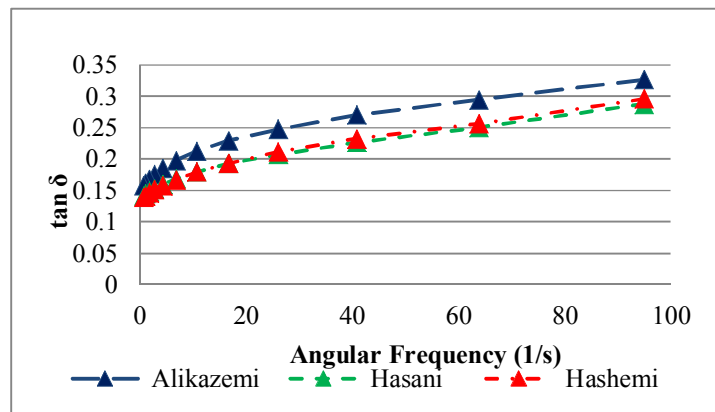


Fig 2 Loss tan ( $\tan \delta$ ) of different cultivars of rice (frequency sweep test)

#### ۴-۵- رنگ نان

رنگ پارامتر مهمی در ارزیابی کیفی نان‌های فاقد گلوتن است. به‌طورکلی نان‌های حاصل از گندم زردتر و نان‌های تهیه‌شده از برنج سفیدتر هستند.

با توجه به زمان پخت کوتاه محصول تهیه‌شده در این تحقیق،  $L^*$  شاخص میزان روشنایی و انعکاس نور، برای کلیه واریته‌ها بیشتر از مقادیر گزارش‌شده [۸، ۱۲] در مورد نان‌های حجیم حاصل از برنج بود (جدول ۵). مقدار  $L^*$  و  $a^*$  در نان حسنی بیشتر از واریته‌های دیگر بود. پارامتر  $a^*$  منفی (روی محور سبز) و پارامتر  $b^*$  مثبت (روی محور زرد) است [۱۲]. مقدار  $b^*$  نان برنج در برخی مقالات [۸] در محدوده ۲۱-۱۸ گزارش‌شده که این تفاوت می‌تواند به دلیل باقی ماندن سبوس بیشتر روی دانه برنج باشد. زاویه هیو منفی در همه نمونه‌ها نشان‌دهنده رنگ زرد متمایل به سبز این محصول و عدم وجود اختلاف معنادار کروما بین گروه‌ها، نمایانگر شدت رنگ برابر در این محصولات بود.

لی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند در نمونه‌های آمیلوز پایین، گرانول‌های متورم استحکام کمتری داشته و به‌آسانی متلاشی می‌شوند و در نتیجه ژل حاصل از حرارت دادن این نمونه‌ها، مدول ویسکوز ( $G''$ ) و  $\tan \delta$  (نسبت  $G''$  به  $G'$ ) بیشتری نسبت به واریته‌های با آمیلوز بالا دارد [۳۲]. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در این تحقیق نیز بیشترین  $\tan \delta$  مربوط به واریته علی کاظمی بود. خمیرهای با  $\tan \delta$  بیشتر، قابلیت اتساع بیشتر و مقاومت کمتری در برابر کش آمدن دارند، درعین حال شل و چسبناک هستند [۳۶]، کم بودن  $\tan \delta$  نشان می‌دهد قوام خمیر بیشتر است [۳]. چنانچه در جدول ۲ آمده است، کمترین قوام خمیر مربوط به واریته علی کاظمی و بیشترین آن مربوط به واریته حسنی می‌باشد.



Table 5 Color analysis of breads

cultivar	L*	a*	b*	Croma	Hue angle
Alikazemi	80.86±1.08 <sup>ab</sup>	-0.83±0.30 <sup>b</sup>	12.98±0.34 <sup>a</sup>	13.01±0.32 <sup>a</sup>	-86.32±1.42 <sup>a</sup>
Hashemi	76.10±3.48 <sup>b</sup>	-1.36±0.21 <sup>ab</sup>	13.56±0.49 <sup>a</sup>	13.63±0.51 <sup>a</sup>	-84.29±0.67 <sup>a</sup>
Hasani	82.25±2.30 <sup>a</sup>	-1.5±0.39 <sup>a</sup>	13.72±2.88 <sup>a</sup>	13.81±2.82 <sup>a</sup>	-83.35±3.05 <sup>a</sup>

Means followed by the same letter within a column are not significantly different ( $p < 0.05$ )

#### ۴-۶- رطوبت نان

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود بیشترین و کمترین رطوبت و فعالیت آبی محصول به ترتیب مربوط به واریته‌های حسنی و هاشمی بود، هرچند از نظر آماری تفاوت قابل‌توجهی بین رطوبت نان‌ها وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). در نان‌های حجیم مقدار آب مورد استفاده در فرمول بسیار مهم است زیرا در صورت کافی نبودن آب، خمیر سفتی حاصل می‌شود که پتانسیل افزایش حجم در طول تخمیر و پخت را ندارد؛ برعکس، آب زیاد منجر به مشکلاتی در کار کردن با خمیر و فرونشست آن هنگام پخت می‌شود [۹]. در آرد‌های فاقد گلوتن که عموماً توانایی جذب آب کمتری نسبت به آرد گندم دارند، اهمیت جذب آب در خمیر و نگهداری رطوبت در محصول بسیار بیشتر است. دلا هرا و همکاران (۲۰۱۴) با افزودن ۰.۷۰، ۹۰ یا ۱۱۰ درصد به فرمولاسیون خمیر، به ترتیب نان‌هایی با رطوبت ۳۲، ۳۸ یا ۴۱ درصد تولید کرده و نتیجه گرفتند بهترین فرمولاسیون مربوط به دو نمونه آخر است [۶]. نیشیتا و همکاران (۱۹۷۶) نیز گزارش کردند بهترین مقدار آب برای افزودن به فرمولاسیون خمیر نان برنج ۸۵ - ۷۵٪ است [۳۷]. در تمام این تحقیقات خمیر حاصل از افزودن مستقیم این مقدار آب به فرمولاسیون، چسبناک بوده، فرم دادن آن به شکل دلخواه دشوار است و باید آن را مانند خمیر کیک مستقیماً داخل ظرف پخت ریخت. در تحقیق حاضر از طریق اعمال مجموعه‌ای از تیمارها، امکان افزایش درصد رطوبت نان و درعین حال تهیه نان مسطح، فراهم شده است. آسیاب کردن نیمه مرطوب، موجب کاهش ابعاد آرد شد [۷] و با افزایش مساحت سطحی، جذب آب افزایش یافت [۶]. استفاده از آب جوش در هنگام تهیه خمیر موجب ژلاتینه شدن جزئی آرد شد [۲۵] و درعین حال قوام خمیر را تا حدی افزایش داد که امکان چانه‌گیری

فراهم شود. همچنین جوشاندن چانه‌ها در آب جوش، امکان بیشترین جذب آب را فراهم کرد. کنگ و همکاران (۲۰۱۵) پس از ۳۰ دقیقه حرارت دان محلول‌های نشاسته در دمای ۹۵-۵۵ °C گزارش کردند بیشترین جذب آب و قدرت تورم مربوط به دمای ۹۵ °C است [۱۹]. بر اساس تحقیقات لی و همکاران (۱۹۹۶) نیز مشخص شد بیشترین قدرت تورم و جذب آب نشاسته برنج از طریق جوشاندن نمونه‌ها به مدت ۶۰ دقیقه در ۹۵ °C حاصل می‌شود [۳۲].

#### ۴-۷- بافت نان

نتایج ارزیابی بافت نان مسطح حاصل از واریته‌های مختلف برنج در جدول ۶ ارائه شده است. به دلیل فقدان گلوتن و نیز عدم وجود حفره‌های هوا در نان‌های تولیدشده در این تحقیق، ساختار محصول بسیار یکنواخت بود. کمترین مقدار پارامترهای بافتی در نمونه حسنی مشاهده شد و همبستگی معناداری بین مقدار آمپلوز - سختی یا سفتی وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). همبستگی بین سختی در آزمون نفوذ با شاخص‌های کیفی آرد و خمیر در جدول ۷ ارائه شده است. در برخی تحقیقات گزارش شده برای تهیه خمیر مناسب از نشاسته، گرانول‌های نشاسته نباید در طول ژلاتینه شدن متلاشی و باهم مخلوط شود؛ بلکه باید به صورت جداگانه ژلاتینه شوند. این امر موجب کاهش انقباض خمیر و چروک‌خوردگی نان طی خنک کردن پس از پخت می‌شود [۳۸]. چنانچه پیش‌تر ذکر شد در میان واریته‌های بررسی شده، دما و آنتالپی ژلاتینه شدن نمونه حسنی بیشتر از سایر نمونه‌ها است. به همین دلیل طی زمان طولانی جوشاندن چانه‌ها که برای جذب آب و ایجاد ساختار مناسب در خمیر ضروری است، گرانول نشاسته سایر واریته‌ها بیشتر متلاشی و بافت نان حاصل از آن‌ها متراکم‌تر می‌شود.

**Table 6** Textural properties and moisture of breads

	Alikazemi	Hashemi	Hasani
<i>aw</i>	0.936±0.004 <sup>ab</sup>	0.932±0.003 <sup>b</sup>	0.943±0.004 <sup>a</sup>
Moisture (%)	38.38±1.11 <sup>a</sup>	38.27±1.08 <sup>a</sup>	40.63±1.44 <sup>a</sup>
F <sub>penetration</sub> (N)	1.771±0.181 <sup>a</sup>	2.044±0.181 <sup>a</sup>	1.445±0.025 <sup>b</sup>
F <sub>tensile</sub> (N)	0.961±0.182 <sup>a</sup>	0.958±0.131 <sup>a</sup>	0.546±0.103 <sup>b</sup>
G <sub>tensile</sub> (N/mm)	0.127±0.031 <sup>a</sup>	0.126±0.015 <sup>a</sup>	0.077±0.012 <sup>b</sup>
TD <sub>tensile</sub> (s)	6.405±0.465 <sup>a</sup>	6.538±1.559 <sup>a</sup>	3.940±0.542 <sup>b</sup>

Means followed by the same letter within a row are not significantly different ( $p < 0.05$ )

F: hardness, G: stiffness, TD: Time Difference

**Table 7** Correlation between bread Hardness (Penetration Test) and parameters measured in rice flour and dough

	protein (%)	PV (RVU)	T (RVU)	FV (RVU)	SB (RVU)	F <sub>TPA</sub> (N)	cohesiveness <sub>TPA</sub> (-)
R <sup>2</sup>	0.740	0.696	0.908	0.901	0.800	0.999	-0.950

Correlations are significant at the 0.05 level

R<sup>2</sup>: correlation coefficient, PV: Peak Viscosity, T: Trough, FV: Final Viscosity, SB: Setback, F<sub>TPA</sub>: hardness

microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39, 225-230.

- [4] Juliano B. O. 2016. Rice: Overview. In: Wrigley C., Corke H., Seetharaman K. and Faubion J. (Eds.) *Encyclopedia of Food Grains*. Oxford: Academic Press. 125-129.
- [5] Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P. 2009. *Food chemistry*, 4th ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 317-422.
- [6] de la Hera E., Rosell C. M. and Gómez M. 2014. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry*, 151, 526-531.
- [7] Chiang P. Y. and Yeh A. I. 2002. Effect of soaking on wet milling of rice. *Journal of Cereal Science*, 35, 85-94.
- [8] Cornejo F. and Rosell C. M. 2015. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 62 (2), 1203-1210.
- [9] Han H. M., Cho J. H., Kang H. W. and Koh B. K. 2012. Rice varieties in relation to rice bread quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (7), 1462-1467.
- [10] Nishita K. D. and Bean M. M. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chemistry*, 56 (3), 185-189.
- [11] Perdon A. A. and Juliano B. O. 1975. Amylose content of rice and quality of

## ۵- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که علیرغم اهمیت آمیلوز برای انتخاب واریته برنج مناسب جهت تولید نان، ارزیابی شاخص‌هایی مانند مقدار پروتئین، ویژگی‌های ژلاتینه شدن، جذب آب و خمیری شدن ضروری است. با توجه به شرایط اعمال شده برای تولید محصول در این پژوهش و در میان واریته‌های بررسی شده، واریته حسنی به دلیل چسبندگی کم خمیر و نرمی یافت محصول، برای تولید نان مسطح فاقد گلوتن توصیه می‌شود. به نظر می‌رسد می‌توان با انتخاب شرایط فراوری و به خصوص زمان تیمار حرارتی مناسب برای هر واریته، به نتایج کیفی مطلوب در محصول دست یافت.

## ۶- منابع

- [1] Matos M. E. and Rosell C. M. 2015. Understanding gluten free bread development for reaching quality and nutritional balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (4), 653-661.
- [2] Sabooni S. and Caboli N. 2015. Grain Research Center of Iran, message coordination in the field of wheat, flour and bread, 12 (68).
- [3] Gujral H. S. and Rosell C. M. 2004. Functionality of rice flour modified with a

- [22] Marco C. and Rosell C. M. 2008a. Functional and rheological properties of protein enriched composite flours. *Journal of engineering*, 88, 94-103.
- [23] Bourne M. C. 2002. *Food texture and viscosity: concept and measurement*, Second Edition, New York: Academic Press.
- [24] Ko J. A., Kim H. S., Baek H. H. and Park H. J. 2015. Effects of hydroxypropyl methylcellulose and temperature of dough water on the rice noodle quality. *Food Science and Technology Research*, 21 (1), 129-135.
- [25] Brites C., Trigo M. J., Santos C., Collar C. C. and Rosell M. 2010. Maize based gluten free bread: influence of processing parameters on sensory and instrumental quality, *Food and Bioprocess Technology*, 3 (5), 707-715.
- [26] Anonymous. 1997. *User Guide to TA-XT2 Texture Analyzer*. Texture Expert, Windows® version 1.0. Stable Micro Systems. Texture Technologies Corp, Scarsdale, NY.
- [27] Habibi kiahabadi F. and Foroughi M. 2014. The effect of protein on viscosity properties of Iranian rice varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 44 (11), 47-57.
- [28] Wani A. A., Singh P., Shah M. A., Schweiggert-Weisz U., Gul K. and Wani I. A. 2012. Rice starch diversity: effects on structural morphological, thermal, and physicochemical properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11 (5), 417-436.
- [29] Tester R. F., and Morrison W. R. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chemistry*, 67 (6), 551-559.
- [30] Gani A., Wani S. M., Masoodi F. A. and Salim R. 2013. Characterization of rice starches extracted from Indian cultivars. *Food Science and Technology International*, 19 (2), 143-152.
- [31] Lumdubwong N. and Seib P. A. 2000. Rice starch isolation by alkaline protease digestion of wet-milled rice flour. *Journal of Cereal Science*, 31 (1), 63-74.
- [32] LII C. Y., TSAI M. L. and TSENG K. H. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry*, 73 (4), 415-420.
- [33] Singh N., Kaur L., Sandhu K. S., Kaur J. and Nishinari K. 2006. Relationships between fermented cake. *Starch –Stärke*, 27 (6), 196 - 198.
- [12] Matos M. E. and Rosell C. M. 2012. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 235 (1), 107-117.
- [13] Singh Y. and Prasad K. 2016. Effect of grinding methods for flour characterisation of Pusa 1121 basmati rice broken, *Food Measure*, 10, 80-87.
- [14] Juliano B. O., Perez C. M., Blakeney A. B., Castillo D., Kongseree N., Laignelet B., Lapis E. T., Murty V. V. S., Paule M. and Webb B. D. 1981. International cooperative testing on the amylose content of milled rice, *Starch – Stärke*, 33 (5), 157-166.
- [15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2015. *Cereals and pulses, Determination of the nitrogen content and calculation of the crude protein content, kjeldahl method*, Number 19502, First edition.
- [16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1987. *Cereal and cereal products, Determination of fat content*, Number 2862, First edition.
- [17] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2010. *Cereal and cereal products, Determination of moisture content, Reference method*, Number 2705, First revision.
- [18] Cagampang, G. B. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 24 (12), 1589-1594.
- [19] Kong X., Zhu P., Sui Z. and Bao J. 2015. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chemistry*, 172, 433-440.
- [20] Schoch T. J. and Whistler R. L. 1964. *Swelling power and solubility of granular starches. Methods in Carbohydrate Chemistry*. New York: Academic Press, 106-109.
- [21] American Association of Cereal Chemists (AACC). 1995. *Determination of the pasting properties of rice with the rapid visco analyzer. Approved methods for the American Association of Cereal Chemists*, 9th. The Association, St. Paul, MN.

- [36] Spies R. 1997. Application of rheology in the bread industry. In :Faridi H. and Faubion J. M. (Eds.), Dough rheology and baked product texture. Huston: CBS Press. 343-361.
- [37] Nishita K. D., Roberts R. L. and Bean M. M. 1976. Development of a yeast-leavened rice bread formula. *Cereal Chemistry*, 56 (5), 626-635.
- [38] Kusunose, C., Fujii T. and Matsumoto, H. 1999. Role of starch granules in controlling expansion of dough during baking, 76 (6), 920-924.
- physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids*, 20, 532-542.
- [34] Marco C. and Rosell C. M. 2008b. Breadmaking performance of protein enriched gluten -free breads. *European Food Research and Technology*, 227, 1205-1213.
- [35] Armero E. and Collar C. 1997. Texture properties of formulated wheat doughs: Relationships with dough and bread technological quality. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 204 (2), 136-145.

## Production of gluten-free flat bread from three Iranian rice cultivars

Esmaili Bazardeh, M. <sup>1</sup>, Zeinali, F. <sup>2</sup>\*, Esmaili, M. <sup>3</sup>

1. Ph.D student of Food Science and Technology of Urmia University, Faculty member of Mahabad Azad University
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University
3. Professor, Food Science and Technology Department, Urmia University

(Received: 2017/04/09 Accepted:2017/06/17)

Despite the ever-increasing demand for gluten-free products, there are still many technological challenges in the production of quality gluten-free breads. In this study, the relationship between the characteristics of three rice cultivars (Alikazemi, Hashemi and Hasani) with the quality of obtained dough and flat bread was investigated. For this purpose, chemical properties, RVA parameters, gelatinization (GT, GC) and water absorption indicators (WAI, SP, and WSI) of flour, rheological characteristics and TPA parameters of dough and finally the color and texture of the prepared breads from these cultivars were evaluated. Previously, amylose was considered as the most common choice for selection of rice cultivars for the preparation of bread, but the results of this study showed that the amount of protein, water absorption characteristics and pasting properties are also important parameters in determining the qualitative characteristics of the product. According to the conditions applied in this research, it was found that the Hasani cultivar has the characteristics necessary for the preparation of flat gluten-free bread and Alikazemi cultivar is not suitable for this purpose, because of the high adhesion of the dough.

**Keywords:** Bread, Gluten-free, Rice, Cultivar

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: .zeinali@urmia.ac.ir