مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال سیزدهم، شماره 1، بهار 1397، صفحات 124-115

تأثیر ویژگی‌های چهار رقم برنج ایرانی از نواحی زراعی متفاوت بر خصوصیات کیفی نان بدون گلوتن صنعتی

احسان فیض الهی[1]، لیلا میرمقتدایی[2]، محمدامین محمدی‌فر[3]، سحر جزایری[4]، هاله حدایق[5]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

2- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: Le_mirmoghtadaie@yahoo.com

3- دانشیار گروه مهندسی تولید غذا، دانشکده علوم غذایی، دانشگاه فنی دانمارک، دانمارک

4- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

5- دانشجوی دکترای علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

تاریخ دریافت: 95/12/9 تاریخ پذیرش: 96/3/10

چکیده

سابقه و هدف: با وجود تولید و مصرف نان‌های بدون گلوتن در کشور که بخش اعظمی از فرمول آن‌ها را برنج تشکیل می‌دهد، تاکنون تأثیر ویژگی‌های برنج مورد استفاده بر کیفیت نان تولیدی بررسی نشده است. این تحقیق با هدف مقایسه میزان درشت مغذی‌های ارقام برنج شکسته از دو منطقه آب و هوایی مختلف و بررسی رئولوژی خمیر، ویژگی‌های حسی و کیفیت نان حاصله از این واریته‌ها در یک فرمول نان بدون گلوتن صنعتی، تدوین یافت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، تأثیرات چهار رقم برنج دانه شکسته (هاشمی، طارم، خوزستان، لنجان) از دو منطقه آب و هوایی مختلف بر روی رئولوژی خمیر (تست نوسانی پویا) و پارامترهای کیفیت (رنگ، حجم ویژه، ویژگی‌های بافتی و ویژگی‌های حسی) نان بدون گلوتن صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. ویژگی‌های شیمیایی و ویژگی‌های آبگیری و همچنین دماهای ژلاتیناسیون آردها نیز تحت ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری در تست‌های پراکسیمیت و ویژگی‌های آبگیری واریته‌های مورد بررسی مشاهده شد. دماهای ژلاتیناسیون و رئولوژی خمیر با میزان نشاسته آسیب دیده همبستگی نشان داد. حجم ویژه نان‌ها با میزان نشاسته آسیب دیده و میزان آمیلوز نمونه‌ها همبستگی نداشت ولی با ظرفیت اتصال آب همبستگی قابل توجهی نشان داد. سفتی بافت نان همبستگی مثبتی با مدول الاستیک خمیر و ظرفیت اتصال آب داشت. رنگ تیره‌تر نان با توجه به رنگ قسمت درونی نان و آزمون ارزیابی حسی ترجیح داده شد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج ویژگی‌های کیفی نان، خوزستان (رقم منطقه آب و هوایی گرم و خشک) که رقم برنج ارزان‌تری می‌باشد بهترین واریته جهت تولید نان بدون گلوتن بود. علاوه بر این، ارقام بکار رفته در شرکت‌های صنعتی لزوماً بهترین ارقام برنج برای تولید نان بدون گلوتن نیستند.

واژگان کلیدی: برنج، نان بدون گلوتن، بافت، ارزیابی حسی

• مقدمه

فراورده‌های نانوایی بخصوص نان، پایه رژیم غذایی بیش‌تر مردم را تشکیل می‌دهد (1). نان بدلیل ارزش غذایی بالا و ویژگی‌های حسی منحصر به فرد، یکی از پرطرفدارترین محصولات غذایی در جهان می‌باشد. هرچند برخی از مردم از بیماری سلیاک یا سایر حساسیت‌های مربوط به گلوتن رنج می‌برند (2). عدم تحمل به گلوتن در بیماران سلیاک، مادام‌العمر بوده و استفاده از رژیم غذایی بدون گلوتن در طول زندگی، تنها راه معالجه این بیماری می‌باشد (3).

برنج از غلات فاقد گلوتن می‌باشد. آرد برنج دارای طعم مطلوب، سطح پایین سدیم، هضم‌پذیری آسان و پروتئین‌های با فعالیت آلرژی‌زایی پایین می‌باشد (4). این ویژگی‌ها سبب مناسب بودن آرد برنج جهت تولید محصولات نانوایی بدون گلوتن می‌شود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد برنج به طرز قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر واریته برنج (5)، پروتئین (7، 6) ، چربی، رطوبت (8) و میزان آمیلوز (9) می‌باشد. طبق یک نظر کلی، میزان آمیلوز هر واریته برنج یک فاکتور مهم تأثیرگذار در کیفیت نان بدون گلوتن می‌باشد، اما به تنهایی جهت پیش‌بینی کیفیت نان بدون گلوتن کافی نمی‌باشد (10). چندین فاکتور دیگر مانند ویژگی‌های ژلاتیناسیون و میزان نشاسته آسیب دیده آرد نیز جهت تولید نان برنج بدون گلوتن با کیفیت بالا باید در نظر گرفته شود. در طی مرحله پالایش، مقادیری از برنج دچار آسیب شده که از این دانه‌های آسیب دیده (برنج شکسته)که به عنوان ضایعات در نظر گرفته می‌شوند، استفاده چندانی نمی‌شود. همچنین فراورده‌های بدون گلوتن به طور نسبی دارای قیمت و ارزش افزوده بالا هستند، بنابراین استفاده از خرده برنج در تولید محصولات با ارزش افزوده بالا از اهمیت اقتصادی برخوردار است. گلوتن مسئول ویژگی‌های ویسکوالاستیک خمیر بوده و جهت نگهداری گاز حاصل از فعالیت مخمر در بافت نان ضروری می‌باشد (12، 11). خمیر بدون گلوتن فاقد یکپارچگی و ویژگی‌های الاستیک بوده و خمیر حاصله روان‌تر از خمیر گندم بوده، شبیه خمیر کیک از لحاظ ویسکوزیته و ویژگی‌های رئولوژیکی. به تبع آن، نان پخته شده دارای رنگ نامناسب و بافت شکننده می‌باشد (11). تعیین ویژگی‌های حسی نان‌های بدون گلوتن شامل بافت، ظاهر، مزه و بو که برای مصرف کنندگان سلیاکی در خور توجه است، حائز اهمیت است. چراکه بیش‌تر نان‌های بدون گلوتن دارای کیفیت پایین بوده و پذیرش مصرف‌کنندگان نیز نسبت به آن‌ها در مقایسه با نان‌های سنتی حاصل از گندم کم است.

متأسفانه تاکنون تحقیق جامعی در خصوص ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی برنج ایرانی (دانه‌های شکسته برنج) و تأثیر شرایط آب و هوایی بر روی ویژگی‌های برنج و کیفیت نان بدون گلوتن تولیدی از هر واریته انجام نشده است. واریته‌های برنج در این مطالعه از دو منطقه آب و هوایی مختلف با دو رنج قیمتی مخلتف انتخاب شدند. تا بحال تاثیر نوع رقم برنج در کیفیت نان بدون گلوتن تولیدی در فرمولاسیون حاوی 100% آرد برنج و بدون در نظر گرفتن منطقه آب و هوای کشت انجام گرفته بود (5). در حالی که تأثیر نوع رقم برنج در فرمولاسیون صنعتی و با این رنج از آزمایشات صورت نگرفته بود. بررسی ارقام برنج ایرانی انتخاب شده نیز قبل از این در ایران محقق نشده و این بررسی در راستای اهداف انستیتو تحقیقات تغذیه ای کشور و در اختیار گذاشتن جدول ترکیبات می‌باشد. این مطالعه برای اولین بار درشت مغذی‌های برنج شکسته از دو منطقه آب و هوایی مختلف را مقایسه کرده و رئولوژی خمیر، ویژگی‌های حسی و کیفیت نان حاصله از این واریته‌ها را در یک فرمول نان بدون گلوتن صنعتی مورد بررسی قرار می‌دهد.

• مواد و روش‌ها

مواد: چهار واریته از برنج شکسته مورد استفاده قرار گرفت. سه واریته (هاشمی، خوزستان، لنجان) در دو منطقه آب و هوایی مختلف ایران کشت شده و یک واریته (طارم) توسط یک شرکت تولید کننده محصولات بدون گلوتن مورد استفاده قرار می‌گرفت. هاشمی و طارم،کشت شده در منطقه آب و هوایی معتدل و مرطوب، گران‌تر از دو واریته دیگر بودند. خوزستان و لنجان، کشت شده در منطقه آب و هوایی گرم و خشک، ارزان‌تر بودند. همه ارقام، بین مرداد تا آبان ماه سال 94 برداشت شده بودند. دانه‌های برنج با آسیاب (ماشین سازان معدنی، ایران) با مش 500 میکرومتر آسیاب شدند.

ویژگی‌های شیمیایی برنج: پروتئین، نشاسته آسیب دیده، آمیلوز و آمیلوپکتین، خاکستر، رطوبت و چربی توسط روش‌های AACC ویرایش 11 ام به ترتیب روش‌های 11.02-46، 76-33.01، 61-03.01 ، 08-01.01، 44-01.01، 30-25.01 در سه تکرار آنالیز شدند.

تعیین ظرفیت آبگیری آرد: ظرفیت نگهداری آب (WHC) و ظرفیت اتصال آب (WBC) نمونه‌ها از طریق روش انجام شده توسط Rosell و Cornejo) (13) صورت گرفت. ظرفیت نگهداری آب از طریق مخلوط کردن (1/000g±0/005g) آرد با آب مقطر (10ml) و نگهداری در دمای اتاق به مدت 24 ساعت و سپس حذف بخش شناور توسط پیپت بدست آمد. ظرفیت اتصال آب از طریق مخلوط کردن (1/000g±0/005g) آرد با آب مقطر (10ml) و سانتریفوژ کردن به مدت 10 دقیقه با سرعت 2000rpm و سپس حذف بخش شناور توسط پیپت بدست آمد. ظرفیت نگهداری و اتصال آب به صورت گرم آبی که در هر گرم از ماده جامد باقی می‌ماند بیان می‌شوند. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند.

اندازه‌گیری دمای ژلاتینه شدن نشاسته: ارزیابی ژلاتیناسیون توسط گرماسنج روبشی تفاضلی (DSC) (NETZSCH, 200 F 3 Maia, Germany) انجام گرفت. به

این صورت که ابتدا آب مقطر به 3/0mg آرد برنج در ظرف آلومینیومی افزوده شد تا نسبت آرد به آب 3:1 باشد. سپس ظروف مهر و موم شده و نمونه‌ها قبل از آنالیز، یک ساعت در دمای اتاق نگه داشته شدند. دمای آزمایش بین 20°C تا 120 °C حفظ شده و به منظور افزایش دقت و حساسیت، نرخ گرمای 10°C در هر دقیقه استفاده شد. کالیبراسیون با ایندیم انجام شده و منحنی گرما با استفاده از ظرف خالی به عنوان مرجع ثبت شد. پارامترهای مورد ارزیابی: دماهای گذر (شروع (T_o)، قله (T_p)، پایان (T_c))، و آنتالپی ژلاتیناسیون (ΔH) بودند. همچنین اندیس بلندی قله (PHI) و محدوده دمایی ژلاتیناسیون(Ig) از طریق روابط (1) و (2) محاسبه شدند.

$$I_g = T_c - T_o \quad (1)$$

$$PHI = \Delta H/T_p - T_c \quad (2)$$

آزمون نوسانی پویا: به منظور تعیین ویژگی‌های ویسکوز و الاستیک خمیر، آزمون نوسانی پویا انجام شد. تست‌های نوسانی بر روی خمیر(همه مواد به جز مخمر) با رئومتر MCR 301 (Anton Paar, Austria) صورت گرفت. از پروب parallel plate (40mm قطر) با سطح دندانه‌ای استفاده شد. فاصله بین دو صفحه (gap) 1mm انتخاب شده و اضافی خمیر که بیرون از صفحه بود، حذف شد .قبل از اندازه‌گیری، به خمیر به مدت 5 دقیقه استراحت داده تا عمل آرمیدگی(relaxation) انجام شود. ابتدا آزمون روبش کرنش (0/1-200%) در دمای 25°C و فرکانس ثابت 1Hz جهت تشخیص ناحیه خطی ویسکوالاستیک انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده، از کرنش ثابت 0.1% که در ناحیه خطی ویسکوالاستیک قرار دارد و دمای 25°C جهت انجام آزمون روبش فرکانس در دامنه فرکانس 0/1-100Hz استفاده شد. . مقادیر G'(Pa) (مدول الاستیک)، G''(Pa) (مدول ویسکوز) برای فرکانس‌های مختلف محاسبه شدند.

فرایند تولید نان: نان‌های تست بدون گلوتن از طریق فرمول یکی از شرکت‌های تولید کننده محصولات بدون گلوتن در ایران تهیه شدند. همه فرمولاسیون‌ها دارای آرد برنج، آرد سیب زمینی، نشاسته ذرت، مخمر فوری، استابیلایزر، روغن آفتابگردان، نمک و شکر بودند. آرد برنج 50% از ماده خشک و آب 80% از وزن بر حسب ماده خشک را تشکیل می‌داد. همه مواد خشک به مدت 5 دقیقه در میکسر اسپیرال (Diosna, Germany) هم زده شدند. سپس روغن و آب به آرامی افزوده شده و 5 دقیقه دیگر هم زده شدند. 240 گرم از خمیر داخل قالب‌های (25×11×5/5cm) قرار داده شده و به مدت 20 دقیقه در دمای 35 °C و رطوبت نسبی 85% تخمیر شده و در نهایت در دمای 185درجه سلسیوس به مدت زمان 20 دقیقه در فر نانوایی (Miwe, Germany) پخته شدند. قبل از آزمون‌های مربوطه، نان‌ها به مدت دو ساعت در دمای محیط سرد شدند.

اندازه‌گیری رنگ داخلی نان: رنگ قسمت داخلی (crumb) بوسیله‌ی اسپکتروفتومتر (SP64 Portable Sphere Spectrophotometer) و با استفاده از روش استاندارد ASTM E308 اندازه‌گیری شد (14). مقادیر L^* (0=سیاه و 100=سفید)، a^* (مقادیر مثبت=قرمز و مقادیر منفی=سبز)، b^* (مقادیر مثبت =زرد و مقادیر منفی=آبی) بدست آمدند. مقادیر بدست آمده از طریق اندازه گیری رنگ داخلی نان از سه منطقه مختلف نان و بدست آوردن میانگین خودکار آن توسط دستگاه انجام شد.

آنالیز بافت و حجم ویژه نان: جهت اندازه‌گیری حجم نان از روش جایگزینی دانه‌های کلزا استفاده شده و از تقسیم حجم بدست آمده به وزن نان، حجم ویژه (cm3/g) محاسبه شد. آزمون با سه تکرار انجام شد.

آزمون‌های بافتی با استفاده از دستگاه بافت سنج (TA.XT Plus texture analyzer, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) بر اساس روش (AACC 2000 Method 74-09) با اصلاحات جزئی انجام گرفت (15). در این آزمون برشی از نان (2×2×2.5cm) تا 40% ارتفاع اولیه‌اش با سرعت 100mm/min با پروب استوانه‌ای به قطر 36 mm و با load cell 5 کیلوگرمی فشرده شد. از منحنی‌های حاصل از آنالیز بافت، پارامترهای کشسانی (Springines)، سفتی (Hardness)، به هم پیوستگی (Cohesiveness)، قابلیت جویدگی (Chewiness) و حالت ارتجاعی (Resilience) اندازه‌گیری شدند. این آزمون با شش تکرار انجام شد.

ارزیابی حسی نان: در این مطالعه به منظور مقایسه تیمارهای مختلف، خصوصیات مورد نظر (ظاهر، بو، رنگ، مزه، بافت نان و ارزیابی کلی) توسط 20 نفر ارزیاب از بین افراد معمولی فاقد بیماری سلیاک ،مرد و زن، به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (1=به شدت بد، 5=خیلی خوب) مورد ارزیابی قرار داده شدند. . قرص‌های نان به ضخامت یک سانتی متر بریده شده، شامل پوسته و قسمت داخلی نان، و سپس کد گذاری شده و در دمای اتاق سرو شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: کلیه داده‌های توصیفی به صورت میانگین و انحراف معیار بیان شدند. بررسی معنی‌داری داده‌های حاصل از آزمون‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) در سطح معنی‌داری $\alpha=0.05$

انجام شد و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای نتایج آزمون ارزیابی حسی از آزمون کروسکال‌والیس و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون تعاقبی من‌ویتنی انجام گرفت. از نرم افزار SPSS 21 جهت آنالیز استفاده شد.

• یافته‌ها

ویژگی‌های شیمیایی برنج، WHC و WBC: تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های شیمیایی برنج و ویژگی‌های آب‌گیری آردهای مختلف برنج مشاهده شد (جدول 1). لنجان در رده اول بیش‌ترین میزان نشاسته آسیب دیده و هاشمی نیز در رده دوم بیش‌ترین میزان نشاسته آسیب دیده بود.

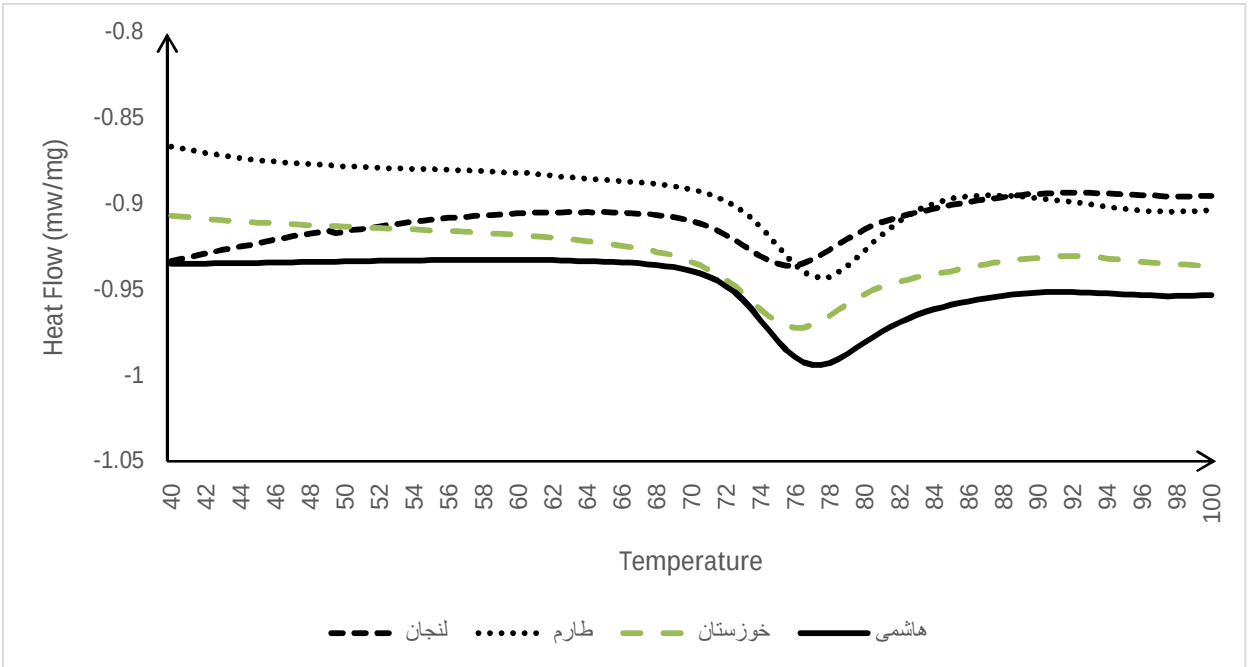
میزان آمیلوز آردهای برنج در حد متوسط بوده (16) و بین 21/38 تا 25/72% متغیر بود. در مقابل میزان چربی 2/96%-0/74 بود. خوزستان بیش‌ترین پروتئین، خاکستر و رطوبت را دارا بود در حالی که هاشمی کم‌ترین میزان آمیلوز، پروتئین و رطوبت را داشت. برنج لنجان کم‌ترین WBC و بیش‌ترین میزان آمیلوز را دارا بود. طارم بیش‌ترین WHC را داشت.

دمای ژلاتینه شدن نشاسته: دماهای ژلاتیناسیون آردها °C 70/7-83/4 بود (شکل 1). طارم بیشترین T_o و T_p و لنجان کمترین T_o، T_p، ΔH و PHI را در بین نمونه ها داشتند.

جدول1. ترکیب شیمیایی رقم‌های مختلف برنج

	هاشمی	طارم	خوزستان	لنجان
آمیلوز (%)	21.38±0.31d	23.57±0.55c	24.80±0.27b	25.72±0.4a*
نشاسته آسیب دیده (%)	14/83±0/79b	12/03±0/27d	13/46±0/34c	17/45±0/26a
خاکستر (%)	0.79±0.01c	0.61±0.13d	2.16±0.05a	1.45±0.08b
چربی (%)	1.42±0.32b	0.74±0.04c	2.36±0.36a	2.96±0.43a
پروتئین (%)	8.91±0.05d	9.49±0.07c	11.7±0.05a	10.21±0.2b
رطوبت (%)	8.39±0.12c	8.93±0.24b	9.71±0.26a	8.72±0.13bc
WHC (g/g)	1/30±0/06b	1/52±0/05a	1/49±0/01a	1/23±0/04b
WBC (g/g)	1/00±0/06b	1/21±0/01a	0/98±0/01b	0/98±0/03b

*حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری اختلاف در سطح 0.05 است



شکل 1. منحنی ژلاتیناسیون نمونه‌های آرد برنج

رنگ داخلی نان: مقادیر **L*** ، **a*** و **b*** جهت پی بردن به رنگ داخلی نان در جدول 2 آورده شده است. رنگ قسمت داخلی نان یکی از مهمترین ویژگی‌های یک نان می‌باشد. که این قضیه در مورد نان‌های بدون گلوتن هم صدق می‌کند. شاخص * L که بیانگر روشنی قسمت داخلی نان می‌باشد، در بسیاری از مطالعات به عنوان مهمترین پارامتر رنگ نان در نظر گرفته می‌شود (17, 18). مقادیر * L بین 76-70 بود.

جدول 2. پارامترهای رنگ داخلی نان بدون گلوتن

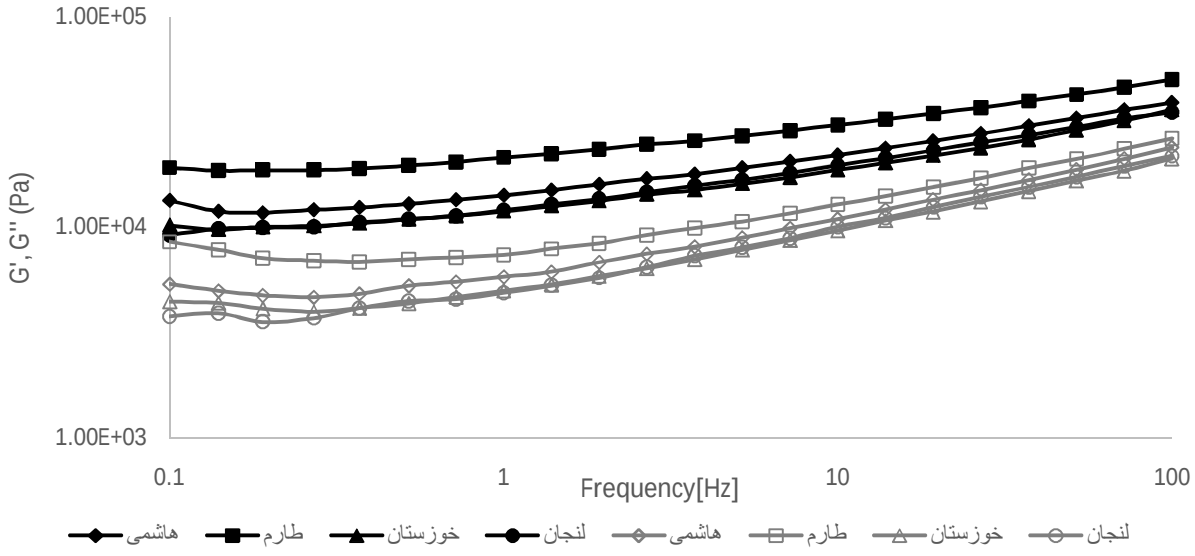
	L*	a*	b*
هاشمی	72.53	-0.97	14.56
طارم	76.32	-0.74	13.38
خوزستان	70.26	-0.96	14.16
لنجان	70.46	-0.65	16.37

رئولوژی خمیر: رفتار ویسکوالاستیک نمونه‌های خمیر از طریق آزمون نوسانی روبش فرکانس (oscillation frequency sweep) مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به شکل 2، در تمام محدوده فرکانس (0/1-100HZ) مدول ذخیره (مدول الاستیک) (' G) بیشتر از مدول اتلاف (مدول ویسکوز) (" G) برای همه نمونه‌ها بود. خمیر طارم بیشترین ' G و " G را نسبت به سایر خمیرها داشت.

آنالیز بافت و حجم ویژه نان: جدول 3 نتایج آنالیز بافت و حجم نان‌های بدون گلوتن را نشان می‌دهد. حجم ویژه نان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های نان بوده و یک فاکتور بسیار مهم در ارزیابی کیفیت نان می‌باشد. نان حاصل از برنج طارم کم‌ترین حجم ویژه را نشان داد.

سفتی بافت نان (crumb)های مورد بررسی 2/20-4/14 نیوتن بود. تقریباً در همه پارامترهای بافتی مورد بررسی، نان حاصل از برنج طارم بیش‌ترین تفاوت را با سایرین داشت.

ارزیابی حسی نان: بر اساس نتایج ارزیابی حسی، نمونه‌های نان بدون گلوتن از لحاظ ظاهر با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. از لحاظ رنگ، نان طارم به طور معنی‌داری از سایر نان‌ها تفاوت داشت. نان طارم کم‌ترین امتیاز را در دو پارامتر ظاهر و رنگ کسب کرد و تفاوت معنی‌داری نیز داشت. خوزستان بیش‌ترین نمره را در بو، مزه و بافت کسب کرد



شکل 2. ارزیابی مدول پویای نمونه‌های خمیر در ^{o}C 25. شکل‌های تو پر 'G و شکل‌های توخالی "G

جدول 3. حجم ویژه و پارامترهای بافت نان‌های بدون گلوتن

	هاشمی	طارم	خوزستان	لنجان
سفتی (N)	2/93±0/2b	4/14±0/08a	2/20±0/04d	2/57±0/14c
کشسانی	0/98±0/04a	0/97±0/02a	0/99±0/02a	0/97±0/00a
به همپیوستگی	0/70±0/01b	0/75±0/01a	0/71±0/01b	0/68±0/02b
جوندگی (N)	2/05±0/10b	3/11±0/09a	1/57±0/06c	1/73±0/15c
خاصیت ارتجاعی	0/44±0/01b	0/49±0/01a	0/44±0/00b	0/42±0/01c
حجم ویژه (cm^3/g)	1/95±0/06a	1/80±0/03b	2/02±0/06a	1/92±0/04a

حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری اختلاف در سطح 0.05 است

جدول 4. ارزیابی حسی نمونه نان‌های بدون گلوتن

پارامترهای حسی	هاشمی	طارم	خوزستان	لنجان
ظاهر	4/36±0/8a	2/81±1/4b	4±1/34ab	4/36±0/8a
رنگ	4/09±0/7a	3±1/18b	4/36±1/02a	4/45±0/65a
بو	3/36±1/36a	3/54±1/21a	3/72±1/10a	3/27±1/48a
مزه	3/18±1/07a	3/54±0/93a	3/90±0/7a	3/27±1/19a
بافت	4±1/26a	3/81±1/04a	4/45±0/52a	3/9±1/32a
ارزیابی کلی	3/72±0/9a	3/54±0/82a	4/27±0/64a	3/81±1/07

ارزیابی بر اساس هدونیک پنج نقطه‌ای از 1 (به شدت بد) تا 5 (خیلی خوب) انجام شد
حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده‌ی معنی‌داری اختلاف در سطح 0.05 است

• بحث

ویژگی‌های شیمیایی برنج، WHC و WBC: با توجه به مقالاتی که در این زمینه در کشورهای خارج کار شده است، تفاوت رقم برنج در کیفیت نان بدون گلوتن تولیدی تأثیر بسزایی دارد (5). در ارقام برنج کار شده ما نیز با توجه به اینکه این ارقام از دو منطقه آب و هوایی مختلف انتخاب شده بود و پخت متفاوتی داشت انتظار تفاوت در ترکیب شیمیایی را داشتیم. نتایج کاراکتریزه کردن نیز این تفاوت را نشان داد. برنج لنجان و هاشمی به ترتیب بیش‌ترین میزان نشاسته آسیب دیده را دارا بودند. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده در این مطالعه، منطقه آب و هوایی کشت تأثیر به سزایی بر میزان نشاسته آسیب دیده ارقام شکسته برنج ندارد. برنج لنجان کم‌ترین WBC و بیش‌ترین میزان آمیلوز را دارا بود. این همبستگی منفی بین WBC و میزان آمیلوز نمونه با گزارشGani و همکاران همخوانی داشت (19). از طرف دیگر، هاشمی با کم‌ترین میزان آمیلوز، بیش‌ترین WBC را نداشته و از این روند پیروی نکرد که می‌تواند به دلیل سایر عوامل مداخله‌گر موجود در سیستم مانند: اندازه مولکول‌های موجود، ساختار مولکول‌های موجود و میزان قسمت‌های آب‌دوست در پروتئین و کربوهیدرات باشد (20، 19). WHC و WBC فاکتورهای مهمی جهت تولید نان‌های بدون گلوتن می‌باشند. WBC پایین عامل مهمی در داشتن نان تازه با حجم و یکپارچگی مناسب می‌باشد (10). WHC بالا می‌تواند باعث تأخیر در بیاتی نان از طریق تداخل در رتروگراداسیون نشاسته در نان بدون گلوتن شود (21). طارم بیش‌ترین WHC را داشت. به طور کلی، ارقام کشت شده در مناطق گرم و خشک دارای آمیلوز، خاکستر، چربی و پروتئین بیش‌تری نسبت به دو رقم کشت شده در مناطق معتدل و مرطوب داشت.

دمای ژلاتینه شدن نشاسته: تفاوت معنی‌داری ($p<0/05$) در دمای قله (T_p)، آنتالپی ژلاتیناسیون (ΔH) و اندیس بلندی منحنی (PHI) در بین نمونه ها مشاهده نشد که احتمالاً به دلیل شباهت شکل، اندازه و نوع گرانول‌های نشاسته باشد. آنتالپی ژلاتیناسیون مربوط به آنتالپی تشکیل کمپلکس آمیلوز- چربی در طی حرارت دادن می‌باشد (22) و می‌تواند از دست دادن آرایش مولکولی (مارپیچ دوگانه) را منعکس کند (23). مقادیر پایین ΔH نشان‌دهنده پایداری پایین کریستال‌های نشاسته است (24). دماهای ژلاتیناسیون نشاسته‌ها بالا بوده ولی به نتایج برخی از مطالعات روی ارقام برنج مشابه بود (25، 23، 5). درجه‌ی بالایی از کریستال شدن می‌تواند دلیلی بر دماهای بالای ژلاتینه شدن مشاهده شده باشد (23). تفاوت‌های مشاهده شده در T_o و I_g در بین ارقام مختلف برنج می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان زنجیره‌های بلند در آمیلوپکتین باشد (26). طارم بیشترین T_o و T_p و لنجان کمترین T_o، T_p، ΔH ، PHI را در بین نمونه ها داشتند که با محتوای نشاسته آسیب دیده نمونه‌ها همبستگی منفی نشان می‌دهد (جدول1). گرانول‌های نشاسته سالم (میزان نشاسته آسیب دیده کمتر) انرژی بیشتری جهت ژلاتینه شدن نیاز دارند (27). دارا بودن میزان بالایی از نشاسته آسیب دیده باعث تسریع در جذب آب و تورم زود هنگام شده که در نهایت باعث کاهش دمای ژلاتیناسیون می‌شود. همبستگی مستقیمی بین مقدار آمیلوز و پارامترهای ژلاتیناسیون مشاهده نشد. این نتیجه‌گیری در مطالعه انجام شده توسط Rosell و Cornejo نیز مشاهده شد (13).

رئولوژی خمیر: خصوصیات رئولوژیکی خمیرهای فاقد گلوتن معمولاً مرتبط با شاخص‌های کیفیت محصول نهایی بوده و اطلاعات مهمی را در دسترس فن شناسان غذا فراهم ساخته و اجازه انتخاب مناسب مواد تشکیل دهنده برای بهینه سازی محصول نهایی را می‌دهد. اندازه‌گیری‌های برشی نوسانی به طور گسترده‌ای جهت ارزیابی همزمان خواص ویسکوالاستیک،

مثل مدول الاستیک (G') و مدول ویسکوز (G") به کار می‌رود (28). این آزمون قبل از مرحله تخمیر و بدون افزودن مخمر تنها جهت بررسی میزان سفتی و شلی خمیر برای کمک به متخصصان در این زمینه به منظور پی بردن به میزان افزودن سایر مواد و آب برای رسیدن به یک خمیر با قوام خوب، انجام گرفت.در همه نمونه‌ها با توجه به بیش‌تر بودن G' از G" که نشان دهنده فراوانی ویژگی الاستیسیته نسبت به ویژگی ویسکوز بودن خمیر می‌باشد. علاوه بر این رفتار جامد الاستیک مانند (solid elastic-like behavior) بدلیل افزایش اندک G' و G" با افزایش فرکانس در خمیر دیده شد (29). نتایج رئولوژی خمیر با میزان نشاسته آسیب دیده و WBC نمونه‌ها همبستگی نشان می‌دهد (جدول1). برنج طارم با بیش‌ترین میزان WBC، بیش‌ترین G' و G" و کمترین میزان نشاسته آسیب دیده را دارا بود. در مقابل، برنج لنجان با بیش‌ترین میزان نشاسته آسیب‌دیده و کم‌ترین WBC، کم‌ترین مقادیر G' و G" را داشت. تفاوت‌های مشاهده شده در رئولوژی خمیر می‌تواند مربوط به ساختار درونی نشاسته در آرد برنج باشد. همچنین نشاسته آسیب دیده بالا باعث بهبود جذب آب شده و مدول‌های الاستیک و ویسکوز کاهش می‌یابند (30).

رنگ داخلی نان: مقادیر L* بین 76-70 بوده و با نتایج تحقیقات قبلی مشابه بود (31، 5). در بین نمونه‌های نان، خوزستان تیره‌ترین نان بود که در بین مردم پسندیده‌تر است چراکه نان‌های بدون گلوتن روشن‌تر از نان‌های گندم هستند (32) و نان‌های تیره‌تر معمولا شبیه نان‌های حاصل از دانه‌های کامل و سبوس‌دار بوده و بین مردم به عنوان نان‌های سلامتی‌بخش معروف هستند (33). در واقع در مطالعه اخیر، واریته‌های مناطق گرم و خشک (خوزستان و لنجان) تیره‌تر از واریته‌های مناطق معتدل و مرطوب (هاشمی و طارم) می‌باشند. در همه نمونه‌ها با توجه به منفی بودن نتایج حاصل از a*، رنگ سبز به قرمزی غالب بود. لنجان با اختلاف معنی‌داری رنگ زردی از خود نشان داد (بیشترین b*) و نان حاصل از برنج لنجان نسبت به نمونه‌های دیگر زردتر بود.

آنالیز بافت و حجم ویژه نان: نان حاصل از برنج طارم (واریته مورد استفاده توسط شرکت تولیدکننده محصولات بدون گلوتن) در حالی که بیش‌ترین مدول الاستیک (G') را داشت کم‌ترین حجم ویژه را برخلاف برنج خوزستان (واریته کشت شده در منطقه گرم و خشک) نشان داد. در واقع سیستم‌های خمیری که الاستیسیته و پایداری بسیار بالایی دارند، در طی پروف انبساط گازی کم‌تری از خود نشان می‌دهند (29). همبستگی‌ای بین محتوای آمیلوز و حجم ویژه نان مشاهده نشد. Cornejo و همکاران نیز به همین نتیجه دست یافتند (5). همان‌طور که در برنج طارم قابل مشاهده است، حجم ویژه نان‌های بررسی شده با WBC آردهای مورد استفاده همبستگی منفی داشت، که در تطابق با گزارش آقای Han و همکاران می‌باشد (10). اگرچه گزارش شده است که بین محتوای نشاسته آسیب دیده و حجم ویژه نان همبستگی منفی وجود دارد (34) ولی در نان‌های بررسی شده این مطالعه با فرمول صنعتی، این امر مشاهده نشد. این نتیجه می‌تواند به دلیل وجود سایر پارامترهای مداخله‌گر همانند مدول الاستیک خمیر و WBC آرد باشد.

سفتی بافت (crumb) نان‌های مورد بررسی 2/20-4/14 نیوتن بود که نرم‌تر از نان‌های بدون گلوتن تولیدی توسط Matos وRosell در سال 2012 می‌باشد (31). سفتی نان همبستگی منفی با حجم ویژه نان داشت که در نان طارم و خوزستان به خوبی قابل مشاهده است. تفاوت معنی‌داری در کشسانی نمونه‌ها، که بیانگر تازگی و الاستیسیته نان است، مشاهده نشد. به هم پیوستگی نشان‌گر میزان تغییر حالت ماده (deformation) قبل از خردشدگی است. به هم پیوستگی نان طارم به طور قابل توجهی بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود. نان‌های با به هم پیوستگی کم‌تر بیش‌تر در معرض شکستگی و خردشدگی قرار دارند و بنابراین مورد پسند نیستند (31). نان‌های با قابلیت جویدگی کم‌تر، به راحتی در دهان خرد می‌شوند. طارم بیش‌ترین و خوزستان کم‌ترین قابلیت جویدگی را در برداشتند. همان طور که قبلاً نیز توسط Matos وRosell گزارش شده بود، پارامترهای سفتی و قابلیت جویدگی روند مشابهی را نشان دادند (31) و به ترتیب نان‌های طارم، هاشمی، لنجان و خوزستان بیش‌ترین سفتی و قابلیت جویدگی را دارا بودند. در بین نان‌ها، طارم بیش‌ترین خاصیت ارتجاعی، که بیان‌گر قابلیت بازگشت به حالت اولیه بعد از فشردگی می‌باشد، را داشت. علاوه براین، سفتی بافت نان‌ها همبستگی مثبتی با مدول الاستیک خمیر و WBC آرد داشت. مولکول‌های آمیلوز نقش مهمی در تشکیل ساختار بافت نان ایفا می‌کنند. در واقع، بافت نان با میزان آمیلوز موجود در ارتباط است (35) اما هیچ همبستگی بین محتوای آمیلوز آرد و پارامترهای بافتی نان مشاهده نشد. این امر می‌تواند به دلیل وجود سایر فاکترهای مؤثر همانند میان‌کنش‌های لیپید-پروتئین و کربوهیدرات و اثر هم افزایی آن‌ها بر هم باشد.

ارزیابی حسی نان: امتیازاتی که ارزیاب‌ها به بافت نان‌های مورد بررسی دادند با حجم ویژه و سفتی نان‌ها در ارتباط بود.

در پذیرش کلی نان‌ها، خوزستان بیش‌ترین نمره را کسب کرد (4/27 از 5). نتایج حاصل از ارزیابی رنگ نان‌ها ترجیح ارزیاب‌ها به استفاده از رنگ تیره‌تر نان که در اندازه‌گیری دستگاهی رنگ نان نیز مشخص است را تأیید کرد.

به طور خلاصه، میزان آمیلوز، ظرفیت اتصال آب و نیز محتوای نشاسته آسیب دیده ارقام برنج فاکتورهای بحرانی و مهم در تعیین کیفیت نان بودند. در مطالعه حاضر، ظرفیت اتصال آب یک پارامتر کلیدی در تعیین رئولوژی خمیر، حجم ویژه و سفتی بافت نان داشت. محتوای نشاسته آسیب دیده با دماهای ژلاتیناسیون و رئولوژی خمیر همبستگی نشان داد. در بین واریته‌های بررسی شده، خوزستان بیش‌ترین حجم ویژه، بیش‌ترین امتیاز ارزیابی حسی و کم‌ترین سفتی نان را به خود اختصاص داد. بنابراین، این واریته به عنوان بهترین رقم جهت تولید نان بدون گلوتن انتخاب شد. با در نظر گرفتن آزمون‌های مربوط به رنگ، بافت، حجم و ارزیابی حسی، بهترین ارقام برنج جهت تولید نان بدون گلوتن به ترتیب: خوزستان- لنجان- هاشمی- طارم بودند. همچنین ارقام برنج (لنجان و خوزستان) کشت شده در مناطق آب و هوایی گرم و خشک با قیمت پایین‌تر می‌توانند به جای ارقام (هاشمی و طارم) کشت شده در مناطق آب و هوایی معتدل و مرطوب با قیمت بالاتر در شرکت‌های صنعتی جهت کاهش قیمت نهایی محصول بکار روند. علاوه بر این، ارقام بکار رفته در شرکت‌های صنعتی لزوماً بهترین ارقام برنج برای تولید نان بدون گلوتن نیستند همان طور که ما در برنج طارم شاهد بودیم. در واقع این شرکت‌ها می‌توانند از برنج‌های با قیمت پایین‌تر جهت تولید نان، بهره ببرند.

References

1. Kihlberg I, Risvik E. Consumers of organic foods–value segments and liking of bread. Food Qual Prefer. 2007;18(3):471-81.
2. Matos Segura ME, Rosell CM. Chemical Composition and Starch Digestibility of Different Gluten-free Breads. Plant Food Hum Nutr. 2011;66(3):224-30.
3. Demirkesen I, Sumnu G, Sahin S. Quality of gluten-free bread formulations baked in different ovens. Food Bioprocess Tech. 2013;6(3):746-53.
4. Matos ME, Rosell CM. Quality Indicators of Rice-Based Gluten-Free Bread-Like Products: Relationships Between Dough Rheology and Quality Characteristics. Food Bioprocess Tech. 2013;6(9):2331-41.
5. Cornejo F, Rosell CM. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. LWT - Food Sci Tech. 2015;62(2):1203-10.
6. Marcoa C, Rosell CM. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. J Food Eng. 2008;84(1):132-9.
7. Sun J, Hou C, Zhang S. Effect of protein on the rheological properties of rice flour. J Food Process Preserv. 2008;32(6):987-1001.
8. Dautant FJ, Simancas K, Sandoval AJ, Müller AJ. Effect of temperature, moisture and lipid content on the rheological properties of rice flour. J Food Eng. 2007;78(4):1159-66.
9. Varavinit S, Shobsngob S, Varanyanond W, Chinachoti P, Naivikul O. Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Flours from Different Cultivars of Thai Rice. Starch - Stärke. 2003;55(9):410-5.
10. Han HM, Cho JH ,Kang HW, Koh BK. Rice varieties in relation to rice bread quality. J Sci Food Agric. 2012;92(7):1462-7.
11. Ngemakwe PHN, Le Roes-Hill M, Jideani VA. Advances in gluten-free bread technology. Food Sci Technol Int. 2015;21(4):256-76.
12. Nicolae A, Radu G-L, Belc N. Effect of sodium carboxymethyl cellulose on gluten-free dough rheology. J Food Eng. 2016;168:16-9.
13. Cornejo F, Rosell CM. Influence of germination time of brown rice in relation to flour and gluten free bread quality. J Food Sci Technol.2015;52(9): 6591–98.
14. ASTM E308-15 SPfCtCoObUtCS, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org.
15. AACC International. Approved Methods of Analysis tEM-MoBFbUTMAN, 1999. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A. http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod .74-09.01
16. Wani AA, Singh P, Shah MA, Schweiggert-Weisz U, Gul K, Wani IA. Rice Starch Diversity: Effects on Structural, Morphological, Thermal, and Physicochemical Properties-A Review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2012;11(5):417-36.
17. Sabanis D, Tzia C. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. Food Sci Technol Int. 2011;17(4):279-91.
18. Nunes MHB, Ryan LAM, Arendt EK. Effect of low lactose dairy powder addition on the properties of gluten-free batters and bread quality. Eur Food Res Technol. 2009;229(1):31-41.
19. Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Salim R. Characterization of rice starches extracted from Indian cultivars. Food Sci Technol Int. 2013;19(2):143-52.
20. Wani IA, Sogi DS, Wani AA, Gill BS. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. LWT-Food Sci Technol. 2013;53(1):278-84.
21. Sciarini LS, Ribotta PD, León AE, Pérez GT. Influence of Gluten-free Flours and their mixtures on batter

properties and bread quality. Food Bioprocess Tech. 2010;3(4):577-85.

22. Juliano B. Varietal impact on rice quality. Cereal food world (USA). 1998.
23. Singh N, Kaur L, Sandhu KS, Kaur J, Nishinari K. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. Food Hydrocolloid. 2006;20(4):532-42.
24. Chiotelli E, Le Meste M. Effect of small and large wheat starch granules on thermomechanical behavior of starch. Cereal Chem. 2002;79(2):286-93.
25. Ahmed J, Ramaswamy HS, Ayad A, Alli I. Thermal and dynamic rheology of insoluble starch from basmati rice. Food Hydrocolloid. 2008;22(2):278-87.
26. Yamin F, Lee M, Pollak L, White P. Thermal properties of starch in corn variants isolated after chemical mutagenesis of inbred line B73 1. Cereal Chem. 1999;76(2):175-81.
27. Asmeda R, Noorlaila A, Norziah M. Relationships of damaged starch granules and particle size distribution with pasting and thermal profiles of milled MR263 rice flour. Food Chem . 2016;191:45-51.
28. Mir SA, Shah MA, Naik HR, Zargar IA. Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. Trends Food Sci Tech. 2016;51:49-57.
29. Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N , Biliaderis C. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. J Food Eng. 2007;79(3):1033-47.
30. Mancebo C, Merino C, Martínez M, Gómez M. Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. J Food Sci Technol. 2015;52(10):6323-33.
31. Matos ME, Rosell CM. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. Eur Food Res Technol. 2012;235(1):107-17.
32. Gallagher E, Kunkel A, Gormley TR, Arendt EK. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. Eur Food Res Technol. 2003;218(1):44-48.
33. Kim Y, Yokoyama WH. Physical and sensory properties of all-barley and all-oat breads with additional hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) β-glucan. J Agr Food Chem. 2010;59(2):741-6.
34. Araki E, Ikeda TM, Ashida K, Takata K, Yanaka M, Iida S. Effects of rice flour properties on specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital gluten. Food Sci Technol Res. 2009;15(4):439-48.
35. Kang TY, Sohn KH, Yoon MR, Lee JS, Ko S. Effect of the shape of rice starch granules on flour characteristics and gluten-free bread quality. Int J Food Sci Technol. 2015;50(8):1743-49.

Effect of Characteristics of Four Iranian Rice Varieties With Different Agricultural Districts on Quality Characteristics of Industrial Gluten-Free Bread

*Feizollahi E[1], Mirmoghtadaie L[*2], Mohammadifar MA[3], Jazaeri S[4], Hadaegh H[5]*

1-*M.Sc Student, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

2- **Corresponding author: Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: Le_mirmoghtadaie@yahoo.com*

3- *Associate Prof, Food Production Engineering, DTU Food, Technical University of Denmark, Søltofts Plads 227, Dk-2800 Lyngby, Denmark*

4- *Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

5-*Ph.D Student, Dept. of Food Science and Technology, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Received 27 Feb, 2017 **Accepted 31 May, 2017**

Background and Objectives: Despite the production and consumption of gluten-free breads in Iran, which, the bulk of formula is from rice, impact of rice characteristics on the quality of produced bread has not been investigated. This study aimed to compare the amount of broken rice varieties' macronutrients from two different climate zones and to study the dough rheology, sensory properties and quality of produced bread from these varieties in a commercial gluten-free bread formula

Materials & Methods: In this study, the effects of four different broken rice varieties (Hashemi, Tarom, Khouzestan, Lenjan) from two different climate zones on dough rheology (dynamic oscillatory test) and quality parameters (color, specific volume, textural properties and sensorial properties) of a commercial gluten free bread was investigated. Flour characterization and hydration properties, and gelatinization temperatures were also assessed.

Results: Significant differences were observed in proximate analysis and hydration properties of different varieties. Gelatinization temperatures and dough rheology showed correlation with the damaged starch contents. Specific volume of the breads did not have any correlation with damaged starch content nor the amylose content but showed a significant correlation with WBC. Crumb hardness of the breads had positive correlation with elastic modulus of the dough and WBC. Darker colors of bread were preferred according to the crumb color and sensory evaluation test.

Conclusion: Based on the outcomes of bread quality attributes, Khouzestan (warm and dry region variety) which is a cheaper rice variety was the most appropriate variety for gluten free bread production. Moreover, rice varieties being used in companies are not necessarily the best ones for gluten free bread making.

Keywords: Rice, Gluten-free bread, Texture, Sensory evaluation