تاثیر افزودن آرد اکسترود شده، صمغ‌های هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز و زانتان بر خصوصیات کیفی نان فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج و ذرت

مسعود یقبانی[1*]، آرش کوچکی[2]، مهدی کریمی[3]، سید علی مرتضوی[4]، الناز میلانی[5]

1- دانش آموخته دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

2- استاد،گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

4- استاد،گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

5- استادیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، سازمان جهاددانشگاهی خراسان رضوی

(تاریخ دریافت: 98/12/03 تاریخ پذیرش: 99/01/28)

چکیده

آرد برنج و ذرت جایگزین مناسبی برای توسعه فراورده‌های فاقد گلوتن هستند و اصلاح برخی خصوصیات آنها ازجمله شاخص جذب آب آرد طی فرایند اکستروژن می‌تواند در جهت بهبود کیفیت فراورده‌های فاقد گلوتن مؤثر باشد. در این پژوهش تاثیر افزودن آرد اکسترود شده در دمای 110 °C با رطوبت 18 درصد، در چهار سطح (صفر ، 10 ، 20 و 30 درصد)، هیدروکلوئیدهای زانتان و هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز هر کدام در دو سطح (0/5 و 1 درصد) در فرمولاسیون نان حجیم فاقد گلوتن بررسی شد. نتایج این تحقیق تاثیر معنی‌دار افزودن آرد اکسترود شده و هیدورکلوئیدها بر ویژگی‌های مورد ارزیابی را ثابت نمود به‌طوری‌که با افزایش سطح آرد اکسترود شده در فرمولاسیون تا 10 درصد، حجم مخصوص و تخلخل افزایش یافت، لیکن سطوح بالاتر آن سبب کاهش این ویژگی‌ها شد. همچنین افزایش سطح آرد اکسترود شده به فرمولاسیون سبب کاهش L^* یا روشنایی پوسته نان شد و هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز تاثیر بیشتری در کاهش سفتی بافت نان بدون گلوتن در مقایسه با زانتان داشت. در نهایت با توجه به صفاتی نظیر حجم مخصوص، تخلخل، نرمی، رنگ، و امتیازهای ارزیابی حسی، فرمولاسیون نان بدون گلوتن حاوی 10 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز، با حجم مخصوص 3/01 cm^3/g ، میزان تخلخل 65 درصد و 4/1 امتیاز پذیرش کلی در ارزیابی حسی به‌عنوان فرمولاسیون مناسب تعیین شد.

کلید واژگان: آرد بدون گلوتن، اکستروژن، برنج، ذرت، زانتان.

* مسئول مکاتبات: myaghbani@yahoo.com

1- مقدمه

بیماری سلیاک یا CD[1] یک اختلال خود ایمنی است که بیمار در معرض عدم تحمل دائمی به گلوتن گندم قرار دارد. مصرف گلوتن در این افراد سبب التهاب روده کوچک و آسیب به مخاط روده و بروز مشکل در جذب مواد مغذی می‌گردد و تنها راهکار موثر برای درمان این بیماری، رعایت یک رژیم غذایی فاقد گلوتن در سراسر طول عمر فرد می‌باشد [1]. مصرف نانِ بدون گلوتن به‌عنوان یکی از مواد غذایی اصلی مورد استفاده این بیماران اهمیت ویژه‌ای دارد. از طرفی فرمولاسیون نان بدون گلوتن یا GF[2] که از کیفیت خوبی برخوردار باشد، چالش دشواری محسوب شده چراکه جزء گلوتن آرد که مسئول کشش‌پذیری خمیر و خصوصیات مطلوب نگهداری گاز و نانی با ساختار داخلی مناسب می‌باشد، وجود ندارد. حذف گلوتن منجر به مشکلات جدی برای تولیدکنندگان محسوب شده و بسیاری از فراورده‌های فاقد گلوتن کیفیت پایینی داشته به‌طوریکه احساس دهانی و عطر و طعم ضعیفی دارند. در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه فراورده‌های فاقد گلوتن انجام شده است و دربرگیرنده راه‌های مختلفی از جمله استفاده از انواع نشاسته، محصولات لبنی، صمغ‌ها و هیدروکلوئیدها، سایر پروتئین‌های غیرگلوتنی، پری‌بیوتیکها و یا ترکیبی از این مواد به‌عنوان جایگزینی برای گلوتن در جهت بهبود ساختار، احساس دهانی، مقبولیت و ماندگاری فراورده‌های نانوایی فاقد گلوتن می‌باشد. استفاده از آردهای اکسترود شده نیز از دیگر مباحث تحقیقاتی در این زمینه است. آردهای اکسترود شده واگشتگی پایین‌تر و ظرفیت نگهدارندگی آب بالاتری نسبت به آردهای معمولی دارند و از این نظر در تهیه نان فاقد گلوتن به منظور بهبود حجم و بافت استفاده می‌گردند [2]. اولین قدم در تولید نان فاقد گلوتن استفاده از آردهای فاقد گلوتن نظیر برنج و ذرت می‌باشد. نداشتن گلوتن، مقادیر کم سدیم و مقادیر بالایی از کربوهیدرات آسان هضم، همگی از خصوصیات برنج هستند که برای رژیم‌های خاص مطلوب است. آرد برنج همچنین صفات بی‌نظیری از قبیل طعم ملایم و مطلوب و خصوصیات غیرحساسیت‌زا دارد. آرد ذرت نیز ضمن فاقد گلوتن بودن، یکی از مواد اولیه در تولید نان فاقد گلوتن است که استفاده ترکیبی آن با سایر آردها اثرات مطلوبی در برداشته است. نان‌های فاقد گلوتن به مواد پلیمری نیاز دارند تا خصوصیات ویسکوالاستیک گلوتن از نظر ساختاری و نگهدارندگی گاز را تقلید کند. بسیاری از انواع صمغ‌ها شامل HPMC[3] و CMC[4] ، صمغ لوبیای لوکاست[5]، گوار، کاراگینان ، زانتان و آگار نتایج موفقیت‌آمیزی در تهیه نان فاقد گلوتن داشته‌اند [3].

اکسترود کردن شامل در معرض قراردادن آردها تحت دماهای بالا و اعمال نیروهای مکانیکی همراه با مقادیر کافی آب برای ژلاتینه شدن نشاسته می‌باشد. این فرایند علاوه بر ژلاتینه‌شدن نشاسته، تجزیه زنجیرهای آمیلوز- آمیلوپکتین (دکسترینه شدن)، دناتوراسیون پروتئین‌ها، فعال یا غیرفعال شدن آنزیم‌ها و واکنش‌های میلارد را نیز میسر می‌سازد که میزان هر کدام بستگی به شدت اکستروژن دارد و تغییراتی که در مورد ترکیبات رخ می‌دهد، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آردها را اصلاح می‌نماید [4]. مارتینز و همکاران (2014) گزارش کردند اکسترود کردن می‌تواند از طریق اصلاح کردن خواص عملکردی آرد سبب بهبود کیفیت نان بدون گلوتن گردد. آنها در بررسی خود تاثیر جایگزین کردن 10 درصد آرد برنج اکسترود شده را بر روی خصوصیات نان حاصله ارزیابی نمودند. نتایج آنها حاکی از افزایش ثبات[6] خمیر بود ضمن اینکه استفاده از آرد اکسترود شده نیاز به آب بیشتری در فرمولاسیون نان داشت [5].

مارتینز و همکاران (2013) تاثیر آنزیم‌های مختلف (یک نوع پروتئاز، یک نوع لیپاز و دو نوع آمیلاز) و آرد برنج اکسترود شده را بر کیفیت نان فاقد گلوتن بر پایه برنج بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد افزودن لیپاز و آرد برنج اکسترود شده سبب افزایش

1. Celiac disease: CD
2. Gluten Free

3. Hydroxypropylmethylcellulose
4. Carboxymethylcellulose
5. Locust bean gum
6. Consistency

حجم نان و کاهش سفتی اولیه نان‌ها شد [2].

بارسناس و راسل(2005) اثر افزودن HPMC را بر کیفیت، ساختار میکروسکوپی و بیاتی نان گندم بررسی کردند. نتایج این تحقیق توانایی HPMC در بهبود کیفیت نان تازه و تاخیر انداختن بیاتی را تایید نمود به‌طوری‌که حضور این ترکیب، سرعت سفت شدن مغز نان را کاهش داد و واگشتگی آمیلوپکتین را به‌تاخیر انداخت [6]. کاربرد موفقیت‌آمیز مشتقات سلولز در فراورده‌های فاقد گلوتن طی تحقیقات متعدد دیگری نیز گزارش شده است [1و7]. ابراهیم پور و همکاران (1389) تاثیر افزودن پکتین، گوار و کاراگینان را بر ویژگیهای کیفی نان حجیم بدون گلوتن بررسی کردند. بدین منظور سه نوع هیدروکلوئید پکتین، گوار و کاراگینان استفاده کردند و ملاحظه شد در میان تیمارهای مورد بررسی، نمونه شاهد که فاقد هیدورکلوئید بود، کمترین حجم را نشان داد. با افزودن هیدروکلوئید به استثناء کاراگینان، افزایش قابل توجهی در حجم نان مشاهده شد. در این پژوهش پکتین در غلظت 3 درصد و ترکیب گوار- پکتین در غلظت‌های 2 و 3 درصد، نان بدون گلوتن با حجم و ارتفاع بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها بدست آمد [8].

باتوجه به اثرات مفید آردهای اکسترود شده و نیز هیدروکلوئیدها در بهبود کیفیت فراورده‌های فاقد گلوتن که در بررسی منابع به آن اشاره شد، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر افزودن آردهای اکسترود شده برنج و ذرت (مخلوط 1 :1) و هیدروکلوئیدهای فوق‌الاشاره در بهبود کیفیت نان فاقد گلوتن تولیدی انجام گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1- مواد

آرد تجاری برنج (9/3 درصد رطوبت، 8/43 درصد پروتئین، 33 /0 درصد خاکستر) و ذرت (9/9 درصد رطوبت، 6/9 درصد پروتئین، 0/49 درصد خاکستر) از بازار محلی تهیه شد. مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان و سایر ترکیبات مورد استفاده مانند روغن، نمک، شکر و خمیر مایه (شرکت رضوی) نیز از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی خریداری شد. صمغ زانتان و HPMC با نام تجاری متوسل 4M (هر دو Food Grade) از شرکت Modernist Pantry امریکا خریداری شد.

2-2- روش‌ها

2-2-1-تهیه خمیر و پخت نان

جهت تهیه خمیر بر طبق فرمولاسیون و سطوح HPMC و زانتان مورد نیاز در هر تیمار (جدول 1)، اجزای مورد نظر توزین شدند. آرد اکسترود شده حاصل از شرایط اکستروژن با دمای 110 °C و رطوبت خوراک 18 درصد بوده است. اجزای خشک به مدت 1 دقیقه با سرعت 1 دستگاه در یک همزن برقی سه سرعته (Electra EK-230M، ژاپن) مخلوط شدند. مخمر ابتدا در آب 35 °C حل شده و سپس به مخلوط اضافه گشته و سپس روغن به خمیر افزوده شد و 2 دقیقه دیگر با همان سرعت مخلوط شدند. در مرحله بعد همه اجزاء با سرعت 2 به مدت 5 دقیقه مخلوط شده تا خمیر همگنی بدست آمد. سپس 250 گرم خمیر درون قالب فلزی 10× 6 × 4 سانتی‌متری توزین شد و در اتاق تخمیر در دمای 38 °C و رطوبت نسبی 90 درصد گذاشته شد تا ارتفاع خمیر به لبه قالب برسد و بدین ترتیب مدت زمان پروف ثبت شد. خمیر در 200 °C توسط یک آون رومیزی (LETTO: KP110120Q ، چین) پخت گردید. نان‌های قالبی پس از پخت، تا دمای اتاق سرد شده و پس از خارج نمودن از قالب در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی گردید. کلیه نان‌ها تا زمان آزمایش‌های مورد نظر، در دمای اتاق نگهداری شدند [9].

2-2-2-اندازه‌گیری حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC، 2010 شماره 10-72 استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد 2×2 سانتی‌متر از مرکز نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن بر حسب cm^3/g تعیین شد [10].

1. Rape seed displacement

Table 1 Formulations of gluten free bread with different levels of extruded flour and hydrocolloids

Formulations / Ingredients (%)			base flour (blend of 1:1 rice and corn flour)	sugar	salt	yeast	oil	water
0 % extruded flour	Xanthan	0.5%	100	12	2	2	8	90
		1%	100	12	2	2	8	102
	HPMC	0.5%	100	12	2	2	8	90
		1%	100	12	2	2	8	102
10 % extruded flour	Xanthan	0.5%	90	12	2	2	8	115
		1%	90	12	2	2	8	122
	HPMC	0.5%	90	12	2	2	8	115
		1%	90	12	2	2	8	122
20 % extruded flour	Xanthan	0.5%	80	12	2	2	8	140
		1%	80	12	2	2	8	153
	HPMC	0.5%	80	12	2	2	8	140
		1%	80	12	2	2	8	153
30 % extruded flour	Xanthan	0.5%	70	12	2	2	8	160
		1%	70	12	2	2	8	175
	HPMC	0.5%	70	12	2	2	8	160
		1%	70	12	2	2	8	175

2-2-3-اندازه‌گیری تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد. بدین منظور برشی به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scanjet G3010) با وضوح 300 پیکسل تصویربرداری شد. تصویر تهیه شده در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن قسمت 8 بیت[1]، تصاویر سطح خاکستری[2] ایجاد شد. جهت تبدیل تصاویر خاکستری به تصاویر دودویی[3] قسمت دودویی نرم‌افزار فعال گردید. این تصاویر، مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد می‌شود. بدیهی است هر چقدر این نسبت بیشتر باشد، میزان حفرات موجود در بافت (میزان تخلخل) بیشتر است. نهایتاً با فعال کردن قسمت Analysis نرم‌افزار، این نسبت محاسبه و درصد تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد [11و 12].

2-2-4-اندازه‌گیری سفتی بافت

بافت مغز نان با استفاده از دستگاه آنالیز بافت TX-XT2 ساخت کشور انگلستان ارزیابی شد. بدین منظور از پروب استوانه‌ای به قطر 25 میلی‌متر استفاده گردید و آزمون TPA طی دو مرحله فشردن تا 50 درصد ارتفاع نمونه با سرعت 1 mm/s و 10 ثانیه تاخیر بین دو مرحله فشردن انجام شد. میزان سفتی[4] بافت از روی پلات‌های بدست آمده تعیین گردید. برای هر نمونه اندازه‌گیری‌ها در 3 تکرار برای اسلایس‌های به ضخامت 25 میلی‌متر در روز اول و دوم صورت گرفت [13و14].

2-2-5-آزمون رنگ‌سنجی

آنالیز رنگ پوسته نان در فاصله زمانی 2 ساعت پس از پخت، با استفاده از روش پردازش تصویر و تعیین سه شاخص L*، a* و b* صورت پذیرفت. شاخص L* معرف میزان روشنی نمونه است درحالی‌که شاخص a* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز و شاخص b* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری این

1. Bit
2. Gray level images
3. Binary Images
4. Hardness

شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد 2 در 2 سانتی‌متر از سطح نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل: HP Scan jet G3010) با وضوح 300 پیکسل تصویربرداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت و شاخص‌های فوق محاسبه شد [15].

2-2-6-آزمون حسی

جهت ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌ها از روش هدونیک 5 نقطه‌ای (1= نامطلوب، 5= مطلوب) استفاده شد. برای این منظور، تعداد 15 نفر بعد از آموزش‌های مقدماتی در مورد آزمون حسی به عنوان ارزیاب انتخاب شدند. ارزیابی حسی تحت شرایط مشابه برای هر یک از ویژگی‌های نمونه (شکل ظاهری، رنگ، عطر و طعم، تخلخل بافت) با امتیاز بین 1 تا 5 صورت پذیرفت و درنهایت میانگین مجموع امتیازها تحت عنوان پذیرش کلی محاسبه شد [16].

2-2-7-طرح آماری و تحلیل نتایج

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار MSTATC نسخه‌ی 1/42 مورد ارزیابی قرار گرفت. در بررسی نتایج جایگزینی سطوح متفاوت آرد اکسترود شده در چهار سطح (صفر، 10 ، 20 ، و 30 درصد) و دو نوع هیدروکلوئید هر کدام در دو سطح (0/5 و 1 درصد) در تهیه نان حجیم فاقد گلوتن، از طرح کاملاً تصادفی برپایه فاکتوریل(2×2×4 در3 تکرار) استفاده گردید. نتایج میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری 5 درصد ($P<0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1-حجم مخصوص نان

حجم مخصوص به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات بصری نان، یک معیار کلیدی در ارزیابی کیفیت نان محسوب می‌شود. نتایج تاثیر سطوح مختلف آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید بر حجم مخصوص نمونه‌های نان تولیدی در شکل 1 ملاحظه می‌گردد. دامنه حجم مخصوص نمونه‌های نان فاقد گلوتن بین 2/01 تا 3/01 سانتی‌متر مکعب بر گرم به‌دست آمد که بیشترین مقدار مربوط به نمونه حاوی 10 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد HPMC و کمترین مقدار مربوطه به نمونه فاقد آرد اکسترود شده و 0/5 درصد زانتان بود. در نمونه‌های فاقد آرد اکسترود شده، افزایش مقدار هر دو هیدروکلوئید در فرمولاسیون از 0/5 به 1 درصد، افزایش معنی‌دار حجم مخصوص را به‌دنبال داشت. در تیمار حاوی 10 درصد آرد اکسترود شده، سطح 1 درصد HPMC بالاترین حجم مخصوص($3/01 cm^3/g$) را داشت که البته در بین تمام نمونه‌ها بیشترین مقدار بود. به‌طور کلی با افزایش سطح آرد اکسترود شده در فرمولاسیون تا 10 درصد، حجم مخصوص نیز افزایش یافت، لیکن سطوح بالاتر آن سبب کاهش حجم مخصوص گردید که علت آن به چسبنده‌تر شدن خمیر علی‌رغم بالاتر بودن میزان آب فرمولاسیون برمی‌گردد. همانطور که در جدول 1 اشاره شده میزان آب مصرفی در فرمولاسیون سطوح مختلف آرد اکسترود شده و نیز سطوح مختلف هیدروکلوئید برای رسیدن به یک قوام و ثبات یکنواخت در خمیر متفاوت بود لیکن افزودن سطوح 20 و 30 درصد آرد اکسترود شده خمیر ویسکوزتری ایجاد کرد، که افزایش حجم کمتری را نسبت به سطح 10 درصد آرد اکسترودشده سبب گردید. تاثیر بیشتر HPMC در افزایش حجم مخصوص به توانایی بالاتر آن در حفظ حباب‌های هوا نسبت داده می‌شود، چراکه هم با فاز آبی و هم فاز غیرآبی در خمیر متصل شده و از این طریق یکنواختی و پایداری خمیر را حفظ می‌کند. اگرچه در طی پخت تمایل به آب خود را از دست داده و با یکدیگر تشکیل ژل می‌دهند که سبب افزایش ویسکوزیته، تقویت دیواره سلول‌های هوا و ممانعت از اتلاف بیش از حد رطوبت می‌گردد [17].

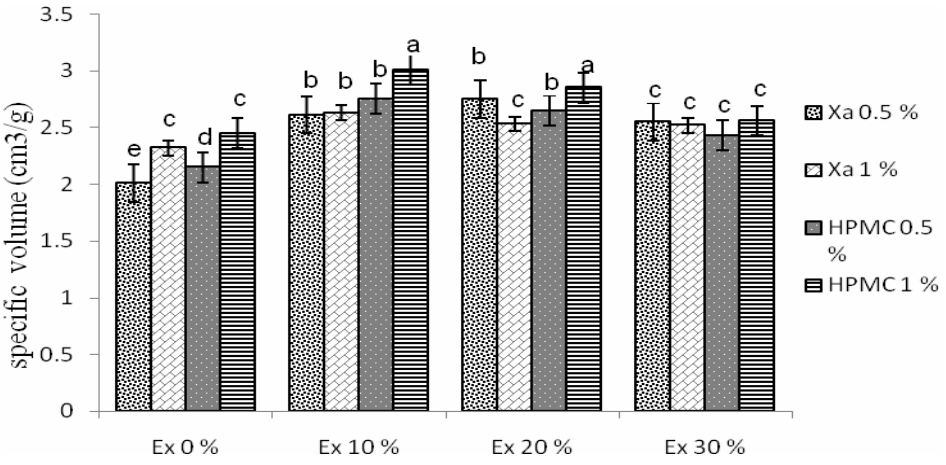

Fig 1 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on specific volume.

گرچه در برخی منابع به عدم تاثیر افزودن آرد اکسترود شده بر حجم مخصوص نان اشاره شده است. مارتینز و همکاران (2013)، در پژوهشی گزارش کردند افزودن آرد گندم اکسترود شده تاثیر معنی‌داری بر حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی نداشت، با ذکر این نکته که میزان افزودن آرد اکسترود شده در تیمارهای مورد آزمایش تنها 5 درصد بوده است[2]. سابانیس و تزیا (2011) گزارش کردند افزودن مقادیر بالایی HPMC (بیشتر از 2 درصد) و آب در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن منجر به کاهش حجم مخصوص شد که علت آن ممکن است واکنش HPMC با نشاسته باشد چراکه منجر به کاهش ظرفیت نگهداری گاز و همچنین کاهش ثبات خمیر و افزایش نرمی ساختار آن در اثر آب اضافی می‌گردد [17].

3-2- رنگ پوسته نان

نتایج حاصل از تاثیر افزودن آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید به فرمولاسیون نان فاقد گلوتن در جدول 2، ملاحظه می‌گردد که نشان می‌دهد افزودن سطوح مختلف آرد اکسترود شده تاثیر معنی‌دار($P < 0/05$) بر میزان روشنایی پوسته نان داشت، ولی سطوح مختلف هیدروکلوئید تاثیر قابل توجهی ایجاد نکرد. افزایش سطح آرد اکسترود شده به فرمولاسیون سبب کاهش L^* یا روشنایی شد که به معنی کمی تیره‌تر شدن سطح نان بود. بیشترین روشنایی سطح نان به میزان 40/23 مربوطه به نمونه حاوی فاقد آرد اکسترود شده و 0/5 درصد زانتان و کمترین روشنایی سطح پوسته نان نیز به نان حاوی 30 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد زانتان (29/57) تعلق گرفت. از آنجا که رنگ آردهای اکسترود شده تحت تاثیر تیمار اکستروژن افزایش یافته بود، لذا افزودن سطوح بالاتری از آرد اکسترود شده در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن سبب افزایش رنگ پوسته نان نیز شده است که این به معنی کاهش ویژگی L^* می‌باشد. در مورد ویژگی a^* که به تغییرات میزان سبز یا قرمزی نمونه مربوط می‌باشد، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود نداشت. افزایش میزان آرد اکسترود شده در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن سبب افزایش ویژگی b^* گردید که به تیره‌تر شدن آرد طی شرایط اکستروژن برمی‌گردد لیکن بین سطوح مختلف هیدروکلوئیدها تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد.

اوزولا و همکاران (2012) نیز در تحقیقات خود در زمینه افزودن آرد اکسترود شده ذرت به فرمولاسیون نان فاقد گلوتن مورد آزمایش چنین نتیجه‌ای را گزارش کردند. رنگ نان به‌عنوان فاکتور مهمی در تجاری‌سازی محصول حائز اهمیت است که مستقیماً تحت تاثیر اجزای تشکیل دهنده فرمولاسیون و شرایط پخت قرار می‌گیرد [18].

Table 2 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on color parameters

b*	a*	L*	Formulations		Color parameters
13.66 ± 0.05 c	2.82 ± 0.01 ab	40.23 ± 0.17 a	0.5%	Xanthan	0 % Extruded flour
14.66 ± 0.13 c	2.82 ± 0.02 ab	40.17 ± 0.11 a	1%		
14.93 ± 0.18 c	2.61 ± 0.03 ab	39.67 ± 0.03 a	0.5%	HPMC	
15.66 ± 0.07 c	2.26 ± 0.01 b	38.95 ± 0.09 ab	1%		
18.94 ± 0.05 cb	3.06 ± 0.02 a	35.57 ± 0.08 b	0.5%	Xanthan	10 % Extruded flour
18.35 ± 0.19 cb	3.08 ± 0.03 a	36.12 ± 0.17 ab	1%		
19.46 ± 0.12 cb	2.54 ± 0.01 ab	35.65 ± 0.03 b	0.5%	HPMC	
20.94 ± 0.05 b	3.06 ± 0.04 a	34.84 ± 0.08 bc	1%		
21.35 ± 0.09 ab	3.07 ± 0.03 a	33.72 ± 0.17 c	0.5%	Xanthan	20 % Extruded flour
20.46 ± 0.12 b	2.54 ± 0.05 ab	33.65 ± 0.03 c	1%		
19.94 ± 0.06 b	3.06 ± 0.03 a	29.86 ± 0.08 cd	0.5%	HPMC	
21.35 ± 0.04 ab	3.08 ± 0.03 a	30.18 ± 0.12 cd	1%		
22.46 ± 0.03 a	2.54 ± 0.01 ab	30.65 ± 0.03 cd	0.5%	Xanthan	30 % Extruded flour
22.94 ± 0.05 a	3.06 ± 0.04 a	29.57 ± 0.08 d	1%		
21.35 ± 0.08 ab	3.08 ± 0.03 a	30.12 ± 0.17 cd	0.5%	HPMC	
23.46 ± 0.07 a	2.54 ± 0.02 ab	30.25 ± 0.04 cd	1%		

The means whit different alphabetic letters have significant deference ($p<0.05$)

3-3-تخلخل

نتایج افزودن سطوح مختلف هیدروکلوئید و آرد اکسترود شده در فرمولاسیون بر ویژگی تخلخل بافت نان در شکل 2، ملاحظه می‌گردد که حاکی از تاثیر معنی‌دار آنها بر ویژگی تخلخل بود(P <0/05). میزان تخلخل مغز بافت فراورده‌های صنایع پخت از جمله نان تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و نیز نحوه توزیع و پخش این حفرات می‌باشد که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر باشد و توزیع و پخش آنها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل محصول نهایی بیشتر خواهد بود. به‌عبارتی باز شدن بافت مغز نان در مقایسه با متراکم‌تر بودن آن به‌معنی تخلخل بیشتر است. دامنه تخلخل نمونه‌های نان فاقد گلوتن از کمترین مقدار یعنی 25 درصد در نمونه حاوی 0/5 درصد زانتان و 20 درصد آرد اکسترود شده تا بیشترین مقدار یعنی 45 درصد در نمونه حاوی 1 درصد HPMC و 10 درصد آرد اکسترود شده است. نتایج حاکی از آن بود که در مورد هر دو هیدروکلوئید با افزایش سطح آن از 0/5 به 1 درصد، تخلخل نیز افزایش یافت که البته در نمونه‌های حاوی 20 و30 درصد آرد اکسترود شده تفاوت بین آمها معنی‌دار نبود. در مورد افزودن آرد اکسترود شده تا 10 درصد، شاهد افزایش تخلخل بودیم، لیکن در سطوح20 و 30 درصد این ویژگی کاهش یافت که علت این امر را به افزایش ویسکوزیته خمیر در این نمونه‌ها نسبت داد، چراکه در این خمیرها رشد سلول‌های گاز درون خمیر به سهولت صورت نگرفته و در نهایت سلول‌های هوای کوچکتر و بافت متراکم‌تری در محصول نهایی ایجاد می‌کند.

در زمینه افزودن ترکیباتی که سبب بهبود تخلخل بافت فراورده‌ها شود، تحقیقات متعددی صورت گرفته است. لازاریدو و همکاران (2007)، در بررسی تاثیر هیدروکلوئیدهای مختلف بر کیفیت نان فاقد گلوتن گزارش نمودند که مشتقات سلولزی مانند CMC تاثیر بیشتری بر تخلخل بافت محصول نهایی نسبت به زانتان داشتند. مشتقات سلولزی نظیر CMC و HPMC دارای گروه‌های آب‌دوست و آب‌گریز هستند که سایر خصوصیات شامل فعالیت سطحی درون ساختار خمیر در طی مرحله پروف و ساختمان شبکه‌های ژلی در طی فرایند تهیه نان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. چنین ساختارهای کمپلکسی، ویسکوزیته را افزایش داده و با تقویت دیواره سلول‌های هوا که در حال رشد و بزرگ شدن درون خمیر هستند، سبب افزایش حفظ و نگهداری گاز یا هوا در طی پخت می‌شوند.

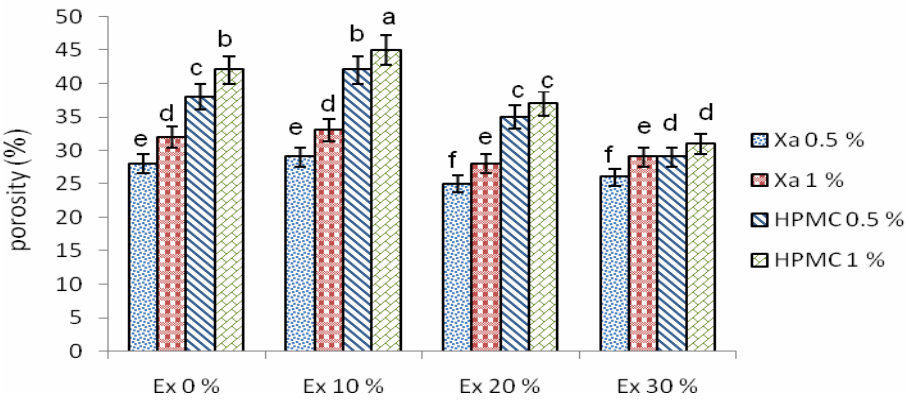

Fig 2 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on crumb porosity.

در این حالت می‌توان انتظار داشت که تخلخل بافت نان بهتر خواهد شد. این محققان همچنین بیان کردند افزودن زانتان سبب سفتی خمیر می‌شود و از این لحاظ امکان گسترش حباب‌های هوا در خمیر برای تولید نان‌هایی با حجم و تخلخل بالا، با سختی بیشتری همراه است[1]. اوزولا و همکاران (2012)، با بررسی تاثیر افزودن آرد ذرت اکسترود شده در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن، گزارش کردند که آرد ذرت اکسترود شده با تثبیت و حفظ سلول‌های هوا، در ایجاد تخلخل مناسب در بافت مغز نان فاقد گلوتن تاثیر داشت، لیکن این تاثیر در مقادیر پایین افزودن آرد اکسترود شده ملاحظه شد[18].

3-4- سفتی بافت

سفتی یا سختی[1] نان به نیروی به‌کار رفته برای پاره‌کردن یا تغییر شکل دادن نمونه مربوط می‌شود و با شرایط مشابه گاز زدن نان در دهان همبستگی دارد [19]. نتایج حاصل از سفتی بافت نمونه‌های نان فاقد گلوتن حاوی مقادیر مختلف آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید در فاصله زمانی 2 و 24 ساعت پس از پخت در شکل 3 و 4 ملاحظه می‌گردد. تاثیر افزودن آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید در سطوح مختلف منجر به اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها شد ($P < 0/05$). دامنه میزان سفتی نان‌ها در روز اول بین 3/3 تا 5/4 نیوتن متغیر بود. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود در نمونه‌های حاوی سطوح مختلف HPMC تا سطح حداکثر 20 درصد آرد اکسترود شده میزان سفتی تفاوت معنی‌داری با خودشان نداشتند و در حداقل بودند، لیکن با نمونه‌های حاوی زانتان اختلاف معنی‌داری داشتند ضمن این‌که بافت نرم‌تری را سبب شدند. در نمونه‌های حاوی 30 درصد آرد اکسترود شده، میزان سفتی بافت نمونه‌های دارای HPMC در مقایسه با نمونه‌های قبلی افزایش یافت، بدین معنی که سطح بالای آرد اکسترود شده، سبب کاهش تاثیر HPMC در کاهش سفتی نان شده بود. از آنجاکه این تیمار میزان آب بیشتری در فرمولاسیون خمیر داشت، لیکن با ایجاد ویسکوزیته و حالت چسبناکی بیشتر در خمیر ناشی از مقدار بالایی آرد اکسترود شده، درنهایت سفتی بافت نان بدست آمده در مقایسه با سایر نمونه‌ها بیشتر بود. نتایج بدست آمده همچنین نشان داد تاثیر زانتان بر کاهش سفتی بافت نان در کلیه سطوح افزودن آرد اکسترود شده در مقایسه با HPMC ، کمتر بود. این بدان معنی است که زانتان در مقایسه با HPMC تاثیر کمتری بر نرم کردن بافت دارد. این نتیجه در مطالعات متعددی نیز گزارش شده است، بطور مثال دِمیرکسن و همکاران (2014)، در مقایسه تاثیر چندین هیدورکلوئید بر کیفیت نان فاقد گلوتن، سفتی نان حاوی HPMC را کمتر از نمونه حاوی زانتان (با سطوح یکسان افزودن) گزارش کردند و علت آن را به ماهیت و ساختار شیمیایی آنها مربوط دانستند [11].

همانطور که در شکل 4، ملاحظه می‌گردد در روز دوم نگهداری سفتی کلیه نان‌ها افزایش یافت و به دامنه 7/1 تا 9/9 نیوتن رسید. در بین کلیه نمونه‌ها، آنهایی که حاوی HPMC بوده‌اند در مقایسه با نمونه‌های حاوی زانتان از سفتی کمتری برخوردار بودند.

1. Hardness or Firmness

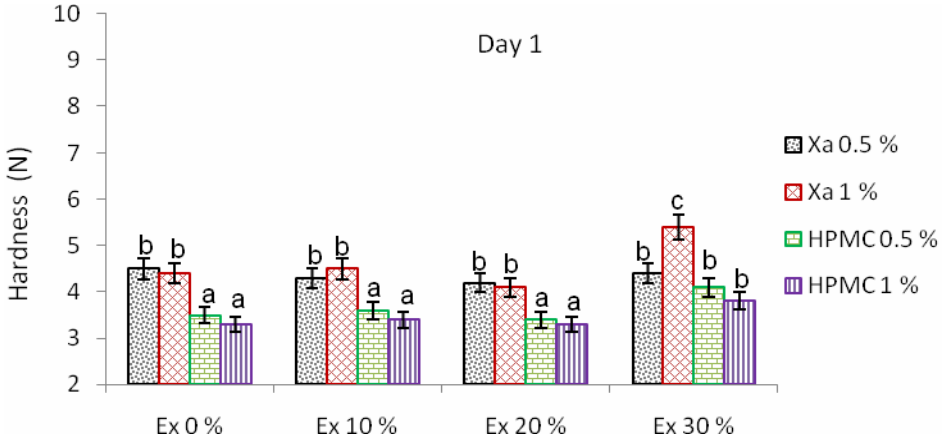

Fig 3 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on crumb hardness 2 h after baking.

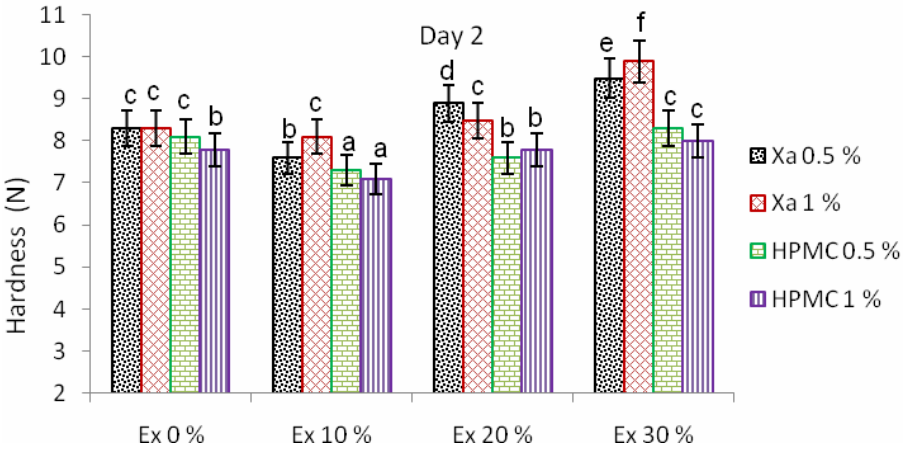

Fig 4 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on crumb hardness 24 h after baking.

هاگِر و آرِندت (2013)، در تحقیق خود نشان دادند زانتان، ساختار بافت مغز نان فاقد گلوتن را استحکام بخشید و سفتی نان‌های حاوی زانتان افزایش یافت[20]. محققان متعددی گزارش کردند افزودن HPMC در فرمولاسیون نان‌های فاقد گلوتن سبب افزایش رطوبت مغز نان و حجم آن شده لیکن سرعت سفت شدن مغز نان را کاهش داده و بافت مغز نان و خواص حسی آن را بهبود می‌بخشد[21]. افزایش سفتی مغز نان با گذشت زمان به ازدست دادن رطوبت، واگشتگی نشاسته، و فعل و انفعالات بین ترکیبات تشکیل‌دهنده یا همان اجزاء نان مربوط می‌شود. سفتی پایین، بالا بودن فنریت یا حالت ارتجاعی، و میزان پایین ویژگی قابلیت جویده شدن[1] از علائم بهبود کیفیت نان است. ثابت شده است مشتقات سلولز خصوصا HPMC که جذب آب را افزایش داده، خمیر نرم‌تری ایجاد نموده و نان حاصل نیز از بافت نرم‌تر و سفتی کمتری برخوردار است[21].

3-5- ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های نان فاقد گلوتن حاوی مقادیر مختلف آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید در جدول 3، ملاحظه می‌گردد. تاثیر افزودن آرد اکسترود شده و هیدروکلوئید در سطوح مختلف منجر به اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها شد ($P<0/05$). امتیاز شکل ظاهری بین 2/4 تا 4/6 بود که کمترین آن متعلق به نمونه حاوی 30 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد HPMC و بالاترین آن مربوط به نمونه 10 درصد آرد اکسترود

1. Chewiness

شده و 1 درصد HPMC بود. از آنجا که ارزیابی شکل ظاهری نان با توجه به صفاتی مانند حجم نان، تخلخل و رنگ صورت می‌گیرد، لذا در نمونه‌هایی که حجم و تخلخل خوبی در آزمایش‌های قبلی داشتند، امتیاز بالاتری کسب کردند.

بالاترین امتیاز رنگ مغز نان مربوط به نمونه فاقد آرد اکسترود شده و 0/5 درصد زانتان و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی 20 درصد آرد اکسترود شده و 0/5 درصد زانتان بود. رنگ مغز نان بیشتر تحت تاثیر میزان افزودن آرد اکسترود شده قرار گرفته است تا میزان هیدروکلوئید. عطر و طعم نمونه‌های مختلف نیز حاکی از آن است که بالاترین امتیاز در نمونه 10 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد زانتان و یا 1 درصد HPMC بود. امتیاز عطر و طعم نان‌های فاقد گلوتن در دامنه 2/8 تا 4/2 بدست آمد و ملاحظه می‌گردد گروه نان‌های حاوی 30 درصد آرد اکسترود شده کمترین امتیازها را کسب نمودند. از آنجاکه آردهای اکسترود شده به‌خاطر تغییراتی که طی فرایند اکستروژن رخ می‌دهد، عطر و بوی خاصی می‌گیرند که شاید ناشی از واکنش مایلارد و تجزیه رنگدانه‌ها باشد، لذا افزودن مقادیر بالاتر از 10 درصد آن منجر به کاهش امتیاز حسی مربوطه شد. امتیاز مربوط به تخلخل بافت نیز در نمونه‌های حاوی 10 درصد آرد اکسترود شده از مقادیر بالاتری برخوردار است که در این میان تاثیر سطوح 1 درصد زانتان و HPMC از همه بیشتر بود به‌طوریکه امتیاز 4/1 و 4/3 را کسب کردند. گوآردا و همکاران (2004)، نیز در تحقیق خود روی کاربرد هیدروکلوئیدهای مختلف به‌منظور بهبود کیفیت نان فاقد گلوتن نتیجه گرفتند نمونه حاوی HPMC بالاترین امتیاز خواص حسی در بین نمونه‌های مورد بررسی را کسب کرد[21].

Table 3 Effect of different levels of extruded flour and hydrocolloid on sensory characteristic of gluten free bread

Overall acceptance	Crumb porosity	Taste and aroma	Crust color	Appearance	Organoleptic properties / samples		
3.5 ± 0.15^{c}	2.9 ± 0.07^{e}	3.8 ± 0.15^{b}	3.6 ± 0.12^{a}	3.6 ± 0.12^{c}	0.5%	Xanthan	**0 % Extruded flour**
3.4 ± 0.11^{cd}	3.1 ± 0.11^{ed}	3.7 ± 0.11^{bc}	3.5 ± 0.11^{a}	3.1 ± 0.11^{e}	1%		
3.4 ± 0.12^{c}	3.2 ± 0.06^{d}	3.9 ± 0.03^{ab}	3.4 ± 0.03^{b}	3.2 ± 0.03^{e}	0.5%	HPMC	
3.5 ± 0.09^{c}	3.5 ± 0.09^{c}	3.8 ± 0.09^{b}	3.2 ± 0.09^{bc}	3.5 ± 0.09^{d}	1%		
3.7 ± 0.08^{b}	3.8 ± 0.08^{b}	3.8 ± 0.08^{b}	3.3 ± 0.05^{b}	3.8 ± 0.08^{c}	0.5%	Xanthan	**10 % Extruded flour**
3.8 ± 0.17^{b}	4.1 ± 0.17^{ab}	4.1 ± 0.17^{a}	3.1 ± 0.13^{bc}	3.9 ± 0.17^{c}	1%		
3.7 ± 0.09^{b}	3.6 ± 0.03^{bc}	3.9 ± 0.03^{ab}	2.9 ± 0.03^{c}	4.2 ± 0.11^{b}	0.5%	HPMC	
4.1 ± 0.11^{a}	4.3 ± 0.13^{a}	4.2 ± 0.18^{a}	3.4 ± 0.09^{b}	4.6 ± 0.09^{a}	1%		
3.1 ± 0.17^{e}	3.1 ± 0.17^{ed}	3.7 ± 0.17^{c}	2.8 ± 0.14^{c}	2.8 ± 0.12^{f}	0.5%	Xanthan	**20 % Extruded flour**
3.2 ± 0.18^{ed}	3.2 ± 0.03^{d}	3.5 ± 0.03^{d}	2.9 ± 0.03^{c}	3.1 ± 0.05^{e}	1%		
3.3 ± 0.08^{d}	3.3 ± 0.08^{d}	3.6 ± 0.08^{cd}	3.2 ± 0.07^{bc}	3.2 ± 0.09^{e}	0.5%	HPMC	
3.4 ± 0.17^{c}	3.4 ± 0.17^{cd}	3.8 ± 0.12^{b}	3.1 ± 0.16^{bc}	3.4 ± 0.16^{d}	1%		
2.9 ± 0.09^{f}	2.9 ± 0.06^{e}	2.9 ± 0.09^{ef}	3.1 ± 0.15^{bc}	2.5 ± 0.03^{g}	0.5%	Xanthan	**30 % Extruded flour**
2.9 ± 0.08^{f}	3.1 ± 0.08^{ed}	2.8 ± 0.08^{f}	3.2 ± 0.08^{bc}	2.4 ± 0.07^{h}	1%		
2.9 ± 0.14^{f}	2.8 ± 0.07^{e}	3.1 ± 0.17^{e}	2.9 ± 0.11^{c}	2.6 ± 0.11^{g}	0.5%	HPMC	
3.0 ± 0.12^{ef}	3.4 ± 0.12^{cd}	3.1 ± 0.09^{e}	3.1 ± 0.09^{bc}	2.4 ± 0.06^{h}	1%		

The means whit different alphabetic letters have significant deference ($p<0.05$)

4- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق تاثیر معنی‌دار افزودن آرد آکسترود شده و هیدروکلوئید را در فرمولاسیون نان فاقد گلوتن بر خصوصیات کیفی نان نظیر حجم مخصوص، سفتی بافت، رطوبت، رنگ، تخلخل و امتیازهای ارزیابی حسی را نشان داد. در این مرحله با توجه به صفاتی نظیر حجم مخصوص، تخلخل، سفتی بافت و خواص حسی، نمونه حاوی 10 درصد آرد اکسترود شده و 1 درصد HPMC به‌عنوان نمونه برتر انتخاب گردید.

5- منابع

[1] Lazaridou, A., Duta, D., Pagageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C.G. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79:1033-1047.

[2] Martinez, M.M., Oliete, B. and Gomez, M. 2013. Effect of the addition of extruded wheat flours on dough rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 57:424–429.

[3] Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R., and Arendt, E. 2003. The effect of dairy and rice
powder addition on loaf and crumb characteristics and shelf life (intermediate and long
term) of gluten – free bread stored in modified atmosphere. *Food Research Technology*, 218: 44-48.

[4] Gomez, . and Martinez, M.M. 2016. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *Journal of Cereal Science*, 67, 68-74.

[5] Martinez, M.M., Oliete, B., Roman, L. and Gomez, M. 2014. Influence of the addition of extruded flours on rice bread quality. *Journal of Food Quality*, 37:83–94.

[6] Bárcenas, M. E. and Rosell, C. M. 2005. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 19, 1037–1043.

[7] Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G. and Lindhauer, M. 2011. Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 681-686.

[8] Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S.H., Azadmard-Damirchi, S., and Ghanbarzadeh, B. 2010. Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. Journal of Food Researches, Vol. 20.3.No. 1 [in Persian].

[9] Gomez, M., Talegon, M., and Hera, E. 2013. Influence of mixing on quality of gluten-free bread. *Journal of Food Quality*, 36, 139-145.

[10] AACC. 2010. American Association of Cereal Chemists International. Approved methods
of analysis Method (11th ed.). St. Paul, MN.

[11] Demirkesen, I., Campanella, O. H., Sumnu, G., Sahin, S. and Hamaker, B.R. 2014. A Study on staling characteristics of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology*, **7**, 806–820.

[12] Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R. and Juszczak, L. 2009. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*, 23: 988–995.

[13] Sivaramakrishnan, H.P., Senge, B. and Chattopadhyay, P.K., 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(9):37–45.

[14] Mancebo, C.M., San Miguel, M.L., Martínez, M.M. and Gomez, M. 2015. Optimization of rheological properties of gluten-free doughs with HPMC, psyllium and different levels of water. *Journal of Cereal Science*, 61:8-15.

[15] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.

[16] Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., and Rawdkuen, S. 2016. Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 72, 38–45.

[17] Sabanis, D. and Tzia, C. 2011. Selected structural characteristics of HPMC containing gluten free bread: a response surface methodology study for optimizing quality. *International Journal of Food Properties*, 14:417–431.

[18] Ozola, L., Straumite, E., Galoburda, R., and

Klava, D. 2012. Application of extruded maize flour in gluten-free bread formulations. *International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 6(4):176–181.

[19] Esteller, M. S., Amaral, R. L. and Lannes, S. C. S. 2004. Effect of sugar and fat replacers and the texture of braked goods. *Journal of Texture Studies*, 35(4), 383-393.

[20] Hager, A. S. and Arendt, E. K. 2013. Influence of hydroxylpropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free bread based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32, 195-203.

[21] Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. and Galotto, M. J. 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 214-247.

[21] Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., and Juszczak, L. 2015. The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *European Food Research and Technology*, 240(6), 1135–1143.

Addition effect of extruded flour, HPMC and Xanthan gums on qualitative properties of gluten free bread based on rice and corn flour

Yaghbani, M. [1*], Koocheki, A. [2] , Karimi, M. [3], Mortazavi, S. A. [2], Milani, E. [4]

1. Ph.D. Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran (Lecturer, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi, AREEO, Mashhad, Iran)
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran
3. Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi, AREEO, Mashhad, Iran
4 Assistant Professor, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran

(Received: 2020/02/22 Accepted:2020/04/16)

Rice and corn flours are appropriate alternatives for developing gluten free products and modification of some of their properties such as water absorption index of flour due to extrusion process could be effective for improvement of gluten-free products quality. In this research, addition effect of extruded flour in 110 °C with 18% feed moisture, in four levels (0, 10, 20 and 30%) and hydrocolloids of xanthan and hydroxypropylmethylcellulose in two levels (0.5 and 1%) of each were studied in gluten-free bread formulation. The results were proved significant effect of extruded flour and hydrocolloids addition on evaluated characteristics so that specific volume and porosity were promoted with increasing level of extruded flour till 10%, but higher levels were caused reduction of these properties. Also, increasing of extruded flour level was decreased crust L* and hydroxypropylmethylcellulose had more effect on crumb hardness reduction of gluten free bread in compared to xanthan. Finally with regard to features such as specific volume, porosity, softness, color and scores of sensorial test, gluten free bread formulation including 10% extruded flour and 1% HPMC was determined as appropriate formulation which had specific volume of 3.01 cm^3/g, porosity of 65% and overall acceptance score of 4.1 in sensorial test.

Key words: Free-gluten flour, Extrusion, Rice, Corn, Xanthan.

[*] Corresponding Author E-Mail Address: myaghbani@yahoo.com