تأثیر غلظت های مختلف آرد سویا بر کیفیت نان بدون گلوتن حاصل از آرد برنج

گیسو ملکی[1]، مصطفی مظاهری طهرانی[2*]، فاطمه شکرالهی[3]

۱- دانشجوی دکترا، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
۲- استاد، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی
۳- دانشجوی دکترا، مشهد، دانشگاه فردوسی، گروه علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ٩٤/٢/٥ تاریخ پذیرش: ٩٤/٤/١٦)

چکیده

نان های فاقد گلوتن اغلب با افزودن پروتئین ها غنی سازی می شوند تا کیفیت بهبود یابد. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر غلظت های مختلف آرد سویا به همراه ۲٪ کربوکسی متیل سلولز بر خصوصیات کیفی نان می باشد. در این راستا آرد سویا با آرد برنج رقم بینام به ترتیب در نسبت های ۰٪ و ۱۰۰٪، ۱۰٪ و ۹۰٪، ۲۰٪ و ۸۰٪، ۳۰٪ و ۷۰٪ مخلوط شدند (آرد سویا در مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰و ۳۰٪ به آرد برنج اضافه شد). افزودن آرد سویا بر خصوصیات فارینوگرافی از جمله جذب آب خمیر تأثیر مثبت داشت. خصوصیات فیزیکی نان از جمله حجم مخصوص، سفتی بافت و تخلخل با افزودن آرد سویا تا ۱۰٪ تفاوت معنادار و مثبتی نشان می دهد ولی فاکتورهای رنگی به استثنای L^*، چندان به طور مثبت تحت تأثیر افزودن آرد سویا قرار نگرفتند. تصاویر حاصل از SEM مربوط به نان حاوی ۱۰٪آرد سویا بهترین بافت و سپس نان حاوی ۱۰۰٪ **آرد** برنج (نان بدون آرد سویا یا نمونه شاهد) نانی با بافت مناسب و متخلخل نشان دادند. بهترین امتیاز در آزمون های حسی مربوط به نان ۱۰٪ سویا بوده و پذیرش کلی این نان از بقیه بالاتر بود. به طور کلی افزودن آرد سویا تا ۱۰٪ موجب کاهش خواص نامطلوب نان حاصل از آرد برنج می گردد ولی افزایش غلظت تأثیر منفی بر خصوصیات کیفی و خصویات حسی نان ها دارد.

کلیدواژگان: آرد برنج، آرد سویا، کربوکسی متیل سلولز، نان بدون گلوتن

* مسئول مکاتبات: mmtehrani@um.ac.ir

۱- مقدمه

به دنبال افزایش شیوع بیماری سلیاک تقاضا برای نان فاقد گلوتن افزایش یافته است. در بیماری سلیاک فرد مبتلا به التهاب روده کوچک است که منجر به جذب ناقص مواد مغذی و آسیب به غشای مخاطی می شود [۱]. این بیماری همچنین باعث کاهش وزن، اسهال، کم خونی، خستگی، نفخ، کمبود فولات و پوکی استخوان می گردد [۲]. برای این بیماری راه درمانی وجود نداشته و تنها درمان ممکن این است که محصولات حاوی گلوتن به طور کامل از رژیم غذایی فرد حذف شده و فرد مبتلا از یک رژیم فاقد گلوتن در تمام عمر تبعیت کند [۳].

در ایران تعداد افراد مبتلا به سلیاک افزایش یافته است به طوری که یک درصد از جمعیت ایرانی به این بیماری مبتلا هستند. در نتیجه تقاضا برای مصرف محصولات فاقد گلوتن با فرمولاسیون ها و در نتیجه طعم های مختلف به موازات افزایش بیماران مبتلا به سلیاک افزایش یافته است [٤]. بنابراین سعی می شود مواد فاقد گلوتن جایگزین آرد گندم، جو، یولاف و چاودار شده و تولید محصولات جدید با طعم های متنوع امکان پذیر گردد. تحقیقات نشان داده است بسیاری از محصولات فاقد گلوتن که در حال حاضر به فروش می رسند دارای کیفیت پائینی هستند. در سالهای اخیر تحقیق و توسعه جهت بهبود نان های فاقد گلوتن به طور چشمگیری رو به فزونی است که شامل استفاده از آردها یا ترکیبی از آردهای فاقد گلوتن با هیدروکلوئیدها، آنزیمها، عناصر لبنی و ... به عنوان جایگزین های گلوتن جهت بهبود ساختار و ماندگاری محصولات نانوایی فاقد گلوتن می باشد.

برنج غله ای است که بیش از هر موردی در فرمولاسیون غذاهای عاری از گلوتن استفاده می شود که به علت خواص مهمی مانند طبیعی بودن، عدم ایجاد حساسیت، بی رنگی و طعم ملایم آن می باشد [۵]. گروهی از محققین نوعی نان برنج ورآمده با مخمر را توسط صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان جایگزین گلوتن تولید کرده اند [٦]. لشکری و همکاران (۱۳۹۱) آرد حاصل از ارقام مختلف برنج ایرانی را به همراه HPMC[1] در تهیه نان های فاقد گلوتن مورد بررسی قرار دادند [۷]. غیاب شبکه پروتئینی گلوتن در فرمولاسیون نان منجر می شود تا نان های بدون گلوتن بافت داخلی ضعیف تری داشته باشند و سریع تر بیات شوند و همچنین موجب مقاومت کمتر خمیر به عملیات مکانیکی و تغییرات انجام گرفته در فرآیند تخمیر می شود [۸]. نان های فاقد گلوتن اغلب بافت داخلی زبر، حجم کم و کیفیت کلی پایینی دارند و در نهایت مقبول نمی باشند. برای غلبه بر مشکلات مذکور می توان از ترکیبی پروتئینی مانند آرد سویا به همراه هیدروکلوئیدها بعنوان جایگزین گلوتن استفاده کرد. آرد سویا بطور وسیعی برای تولید ترکیبات فاقد گلوتن استفاده می شود. مشخصه آن غنی بودن از لحاظ میزان پروتئین و کم بودن میزان اسیدآمینه گوگرد دار است [۹] بنابراین آرد سویا و فرآورده های آن برای افزایش محتوی پروتئینی و بهبود خواص ساختاری فرآورده های فاقد گلوتن مورد استفاده قرار می گیرد. افزودن هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون نان، کیفیت آن را افزایش داده و در نتیجه محصول نهایی نرم تر و زمان ماندگاری آن طولانی تر می گردد [۱۰]. در صنایع نانوایی استفاده از هیدروکلوئیدها به دلیل بهبود کیفیت نان رو به افزایش است. جذب رطوبت توسط هیدروکلوئیدها موجب حفظ محتوای رطوبت بالاتر در محصول نهایی شده و در نتیجه رتروگراداسیون نشاسته و سفت شدن بافت داخلی کاهش یافته و در مجموع کیفیت محصول بهبود می یابد. به همین علت هیدروکلوئیدها بعنوان جایگزین گلوتن در فرمولاسیون نان بدون گلوتن مورد استفاده قرار می گیرند [۱۱].

با توجه به نیاز بیماران سلیاکی به نان بدون گلوتن در کشور ما از یک طرف، و فقدان تولید تجاری و پیوسته نان بدون گلوتن، تحقیق حاضر سعی در ارائه فرمولاسیون مناسب و جدید برای تولید نان حجیم بدون گلوتن نموده است.

در این پژوهش با استفاده از آرد برنج رقم بینام که در پژوهش های پیشین بهترین کیفیت را در تولید نان فاقد گلوتن داشته است (محققان گزارش کرده اند که آرد برنج مناسب برای تولید نان فاقد گلوتن آرد برنجی با محتوای آمیلوز پایین و دمای ژلاتینه

1. Hydroxypropyl methyl cellulose

شدن پایین می باشد. [٧]) به همراه آرد سویا به ترتیب در نسبت های زیر مخلوط شدند: ١٠٠ : ٠، ٩٠ : ١٠، ٨٠ : ٢٠ و ٧٠ : ٣٠. در این تحقیق از ٢٪ کربوکسی متیل سلولز به عنوان بهبود دهنده استفاده شده و ویژگی های کیفی نان بدون گلوتن مورد بررسی قرار گرفت تا بهترین نسبت آرد برنج و سویا به منظور تولید نان بدون گلوتن با ویژگی های کیفی مطلوب و ماندگاری بالا انتخاب گردد.

٢- مواد و روش ها

٢-١- مواد

هیدروکلوئید مصرفی کربوکسی متیل سلولز (سیگما آلدریچ، آمریکا) با وزن مولکولی ٧٠٠٠٠٠ دالتون می باشد. مخمر نانوایی (از شرکت رضوی، مشهد)، روغن گیاهی مایع (از شرکت لادن)، شکر (شرکت قند پانیذفام، کرمانشاه) و نمک طعام (از نوع نمک تصفیه شده کریستال بدون ید) از بازار محلی و آرد برنج بینام (ماده خشک ٩٢/٧١٪، پروتئین ١١/٨٧٪، چربی ٢/٧٦٪، خاکستر ٠/٢٨٪) از یک شالیکوبی در ساری و آرد سویا (ماده خشک ٩٦/١٥٪، پروتئین ٣٥/٢٧٪، چربی ٢٣/٥٨٪، خاکستر ٤/٩٪) از شرکت سویا توس (خراسان رضوی) تهیه شد.

٢-٢- فرمولاسیون نان فاقد گلوتن

فرمولاسیون نان تولیدی در جدول ١ قابل مشاهده است:

جدول ١- فرمولاسیون نان بدون گلوتن

ترکیب	مقدار (گرم)
آرد (برنج+ سویا)	١٠٠
نمک	٢
مخمر	٢
شکر	٧
روغن	٨
هیدروکلوئید CMC	٢
آب	٨٥

آرد برنج و سویا به ترتیب در نسبت های زیر مخلوط شدند:
A: ١٠٠ : ٠، B: ٩٠ : ١٠، C: ٨٠ : ٢٠ و D: ٧٠ : ٣٠

٢-٣- روش آماده سازی خمیر

آرد، مخمر و CMC به طور کامل با هم مخلوط می شوند. نمک و شکر نیز به آب اضافه شده و به آرد اضافه می گردد. بعد از کمی مخلوط کردن روغن به آن اضافه شده و با همزن به مدت ٤ دقیقه مخلوط می شود. خمیر حاصله در قالب ریخته شده و به مدت ٢ ساعت در انکوباتور با دمای ٢٨ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٨٥٪ قرار می گیرد. سپس به مدت ٤٠ دقیقه در دمای ١٨٠ درجه پخته می شوند.

٢-٤- خصوصیات فارینوگرافی خمیر

آزمون هایی که توسط این دستگاه انجام می گیرد با استناد به استاندارد انجمن شیمیدانان غلات آمریکا (AACC ١٩٨٣، ویرایش هشتم) انجام شد [١٢].

٢-٥- تعیین رطوبت مغز نان

رطوبت مغز نان طبق استاندارد AACC ٢٠٠٠، شماره ٤٤-١٦ تعیین شد [١٣]. برای این منظور نمونه ها در فاصله زمانی ٢ ساعت پس از پخت در آون (Jeto Tech، مدل ، ساخت کره جنوبی) با حرارت ١٠٠- ١٠٥ درجه سانتیگراد قرار گرفتند.

٢-٦- حجم مخصوص

حجم مخصوص نانها پس از سرد شدن به مدت نیم ساعت در درجه حرارت اتاق با استفاده از روش جایگزینی دانه کلزا و با استناد به استاندارد A-A-20126E (٢٠٠٤) اندازه گیری شد [١٤].

٢-٧- سفتی بافت

آزمون اندازه گیری سفتی نان ها توسط دستگاه آنالایزر بافت مدل کیو-تی-اس ٢٥ (بروکفیلد، انگلیس) انجام شد. طبق استاندارد AACC با شماره ٠٩-٧٤ ابتدا از قسمت وسط نان، برش‌هایی به ارتفاع ٢٥ میلی‌متر تهیه شد. سپس آزمون با استفاده از پروب با قطر ٣٦ میلی‌متر، کرنش ٤٠ درصد (معادل ١٠ میلی‌متر) و سرعت ١٠ میلی‌متر بر دقیقه انجام شد. آزمایشات مربوط به سفتی نان دو ساعت پس از پخت و ٧٢ ساعت بعد انجام شدند [١٥].

۲-۸- آزمون ارزیابی میزان تخلخل

به منظور ارزیابی میزان تخلخل مغز نان در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، از تکنیک پردازش استفاده شد [۱۶]. بدین منظور برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی متر از مغز نان تهیه گردید و به وسیله اسکنر (مدل HP Scanjet G 3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شده و تصویر تهیه شده در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت.

۲-۹- ریز ساختار مغز نان (SEM)

بررسی ریز ساختار مغز نان توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM^2) انجام شد. دستگاه مورد استفاده در این پروژه مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس از کشور هلند بود. نمونه هایی از مغز نان ها به قطعات ۸×۸ میلیمتر با ضخامت ۳ میلیمتر بریده شده و توسط چسب مخصوص روی پین های آلومینومی چسبانده شدند. سپس روی نمونه ها پوششی از طلا قرار گرفت و عکسبرداری در بزرگنمایی ۱۵۰۰ انجام شد.

۲-۱۰- آزمون رنگ سنجی

رنگ مغز نان توسط دستگاه هانترلب تعیین شد. به این صورت که مغز نان جدا شده به صورت خمیری یکدست کف سل مخصوص دستگاه قرار گرفته و فاکتورهای L^*، a^* و b^* نمونه ها تعیین شده و از روی دستگاه خوانده شد [۵].

۲-۱۱- آزمون حسی

نمونه‌های نان توسط ۱۰ ارزیاب حسی آموزش دیده و با استفاده از آزمون هدونیک ۷ نقطه‌ای ارزیابی می شوند. به این منظور ابتدا برش‌هایی با ابعاد یکسان از نمونه‌های نان تهیه شده و پس از کدگذاری نمونه‌ها، ارزیابی حسی انجام می گیرد. پارامترهای مورد بررسی عبارتند از: رنگ، بو، مزه، بافت و پذیرش کلی [۲۸].

۲-۱۲- آنالیز آماری

آزمایشات در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شدند. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس یکطرفه قرار گرفته و سپس برای مقایسه میانگین ها و بررسی اختلاف معنی داری بین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی داری ۹۵٪ استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها توسط نرم افزار MSTAT-C نسخه ۱/۴۲ انجام شده و منحنی های مربوطه در محیط EXCEL توسط نرم افزار Office 2007 رسم گشتند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- خصوصیات فارینوگرافی خمیر

تأثیر افزودن آرد سویا در غلظت های مختلف بر خواص فارینوگرافی خمیر در جدول ۲ گزارش شده است. افزودن آرد سویا در مقادیر ۲۰٪ و ۳۰٪ به ترتیب باعث افزایش جذب آب به میزان ۸۴/۷ ٪ و ۸۶/۵ ٪ شد که البته از نظر آماری اختلاف معنی داری با هم نداشتند و همچنین مطلوب نبود، چون باعث چسبندگی بیش از حد خمیر شد. افزایش جذب آب ایجاد شده با افزودن آرد سویا ممکن است به دلیل ظرفیت نگهداری آب پروتئین های سویا باشد که حدود ۰/۴- ۰/۵ گرم/گرم است. چنین اثری قبلاً نیز با افزودن ۲۰٪ آرد سویا به خمیر گندم نیز مشاهده شده است [۱۷].

زمان گسترش خمیر یا زمان مورد نیاز جهت رسیدن به حداکثر قوام خمیر (DDT)، به آهستگی با افزودن آرد سویا افزایش یافت. افزایش غلظت آرد سویا منجر به DDT بیشتر شد به استثنای غلظت ۳۰٪ که مقدار آن مجدداً کاهش یافت. هرچه آرد قوی تر باشد، این فاکتور بیشتر است. بنابراین نتایج نشان می دهند که حضور پروتئین در خمیر فاقد گلوتن باعث قوی تر شدن آرد می شود. میزان پایداری بازتابی از مقاومت خمیر نسبت به عمل مخلوط کردن است که با افزودن پروتئین افزایش می یابد. این نتایج با تحقیق Bonet و همکاران (۲۰۰۶) و Marco & Rosell (۲۰۰۸ a) همخوانی دارد [۱۸ و ۱۹].

درجه نرم شدن با افزودن آرد سویا کاهش یافت به استثنای بیشترین غلظت آرد سویا (۳۰٪) که میزان به دست آمده بیشتر از نمونه شاهد بود. به عبارتی با استفاده از غلظت بالای آرد سویا نه تنها خمیر سفت‌تر نشد بلکه از نمونه شاهد نرم‌تر نیز شد.

FQN (عدد کیفی فارینوگراف) فقط در مورد نمونه حاوی ۱۰٪ سویا بیشتر از نمونه شاهد بود که نشان دهنده بهبود کیفیت آرد مصرفی با استفاده از آرد سویا می باشد.

2. Scanning electron mycroscopy

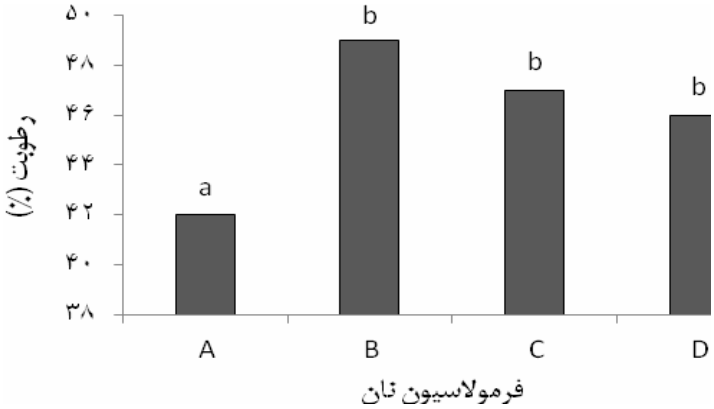
جدول ٢ خصوصیات فارینوگرافی خمیرهای فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا

فرمولاسیون خمیر	جذب آب (٪)	DDT (دقیقه)	پایداری (دقیقه)	درجه نرم شدن (FU)	FQN
A	٦٢/٦ ± (٠/١٢)^{c}	٣/٢ ± (٠/٠٦)^{c}	٤/١٥ ± (٠/١٨)^{b}	٦٦/٣ ± (٠/٠٢)^{b}	٦٠ ± (٠/٢٢)^{b}
B	٧٦/٩ ± (٠/٢٥)^{b}	٤/٦ ± (٠/٠٣)^{b}	٥/٦ ± (٠/٢٣)^{a}	٥٧/٧ ± (٠/٠٦)^{d}	٦٥/٣ ± (٠/٢٦)^{a}
C	٨٤/٧ ± (٠/٢٨)^{a}	٥/٨ ± (٠/٠١)^{a}	٥/٩ ± (٠/١٦)^{a}	٦١/٩ ± (٠/٠٢)^{c}	٥٦/٩ ± (٠/١٨)^{c}
D	٨٦/٥ ± (٠/٣٢)^{a}	٣/٦ ± (٠/٠٨)^{c}	٤/٣٢ ± (٠/١١)^{b}	٦٩/٩ ± (٠/٠٥)^{a}	٥٥/٨ ± (٠/٣٢)^{c}

A: ١٠٠٪ آرد برنج؛ B: ٩٠٪ آرد برنج، ١٠٪ آرد سویا؛ C: ٨٠٪ آرد برنج، ٢٠٪ آرد سویا؛ D: ٧٠٪ آرد برنج، ٣٠٪ آرد سویا
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$).

٣-٢- رطوبت مغز نان

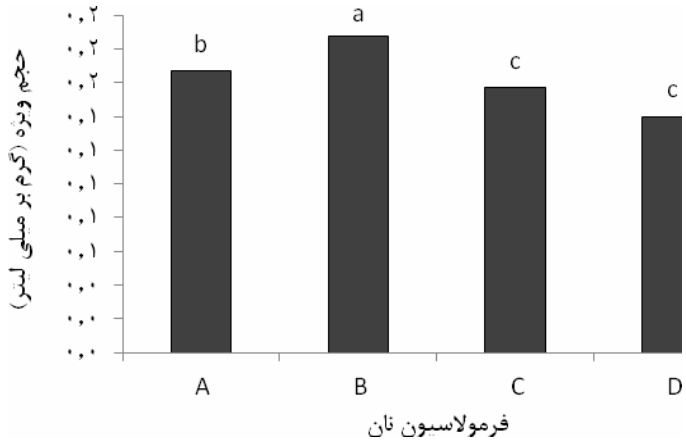
نتایج این تحقیق نشان می دهد که با افزودن آرد سویا در فرمولاسیون، میزان رطوبت با اختلاف معنی داری در سطح ٥ درصد افزایش یافت (شکل ١). میزان رطوبت نمونه های حاوی ١٠، ٢٠ و ٣٠٪ آرد سویا از لحاظ آماری تفاوت معناداری نداشتند. در این راستا Mc Carthy et al. (٢٠٠٥) بیان نمودند، موادی که طبیعت آبدوستی دارند، قابلیت برهم کنش با آب را داشته و سبب کاهش انتشار و پایداری حضور آن در سیستم در طی فرآیند پخت می شوند و همین امر در افزایش میزان رطوبت محصول نهایی درطی فرآیند پخت و پس از آن مؤثر خواهد بود. بنابراین آرد سویا به دلیل دارا بودن مقادیر بالای فیبر و داشتن گروه های هیدروکسیل در ساختار خود و توانایی در پیوند با مولکول های آب موجود در فرمولاسیون، قادر است میزان رطوبت محصول نهایی را افزایش دهد [٢٠].



شکل ١ میزان رطوبت نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا (A: ١٠٠٪ آرد برنج؛ B: ٩٠٪ آرد برنج، ١٠٪ آرد سویا؛ C: ٨٠٪ آرد برنج، ٢٠٪ آرد سویا؛ D: ٧٠٪ آرد برنج، ٣٠٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$))

٣-٣- حجم مخصوص

به دلیل عدم وجود شبکه گلوتنی در نان فاقد گلوتن CO_2 تولید شده در طی تخمیر آزاد می شود. که همین آزاد شدن CO_2 حجم مخصوص را تحت تأثیر قرار می دهد. همانطور که از شکل ٢ مشخص است، حجم مخصوص با افزودن آرد سویا بیشتر می شود. این اثر ممکن است به دلیل ایجاد شبکه پروتئینی و حفظ گاز درون آن باشد که به علت وجود پروتئین بیشتر در سویا می باشد. با افزودن مقدار بیشتر آرد سویا شبکه پروتئینی محکم تری ایجاد می شود که دیگر قابل اتساع نبوده و گاز درون آن حفظ نمی گردد. به این معنی که افزودن بیش از حد آرد سویا یعنی بیشتر از ١٠٪ نتیجه معکوس روی حجم ویژه دارد [٢١]. قابل ذکر است که حجم مخصوص نان متأثر از فاکتورهای مختلفی نظیر میزان پروتئین، شرایط تخمیر و افزودنی ها می باشد. بنابراین برای تولید نان بدون گلوتن مطلوب آردی با میزان پروتئین کافی و همچنین هیدروکلوئید مناسب ضروری می باشد. نتایج حاصل از این آزمون با نتایج Crockett و همکاران (٢٠١١) هماهنگی دارد [٢٢]. مشایخ و همکاران (١٣٨٦) نیز با افزودن بیش از ٧٪ آرد سویا به فرمولاسیون نان کاهش کیفیت و حجم را گزارش نمودند [٢٣].

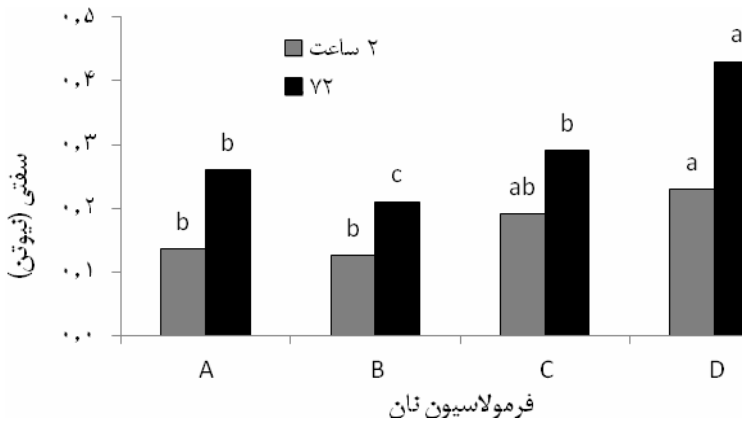


شکل ۲ حجم ویژه نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا (A: ۱۰۰٪ آرد برنج؛ B: ۹۰٪ آرد برنج، ۱۰٪ آرد سویا؛ C: ۸۰٪ آرد برنج، ۲۰٪ آرد سویا؛ D: ۷۰٪ آرد برنج، ۳۰٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$))

۳-٤- سفتی بافت نان

همانطور که در شکل ۳ مشخص است، افزودن آرد سویا تا ۱۰٪ باعث کاهش سفتی مغز نان می شود که به دلیل افزایش محتوای پروتئینی در نان می باشد. Prentice و همکاران (۱۹٥٤) گزارش کردند که محتوای پروتئینی باعث کاهش سفتی مغز می شود [۲٤]. در این مورد هیدروکلوئید CMC نیز مؤثر می باشد. مکانیزم دقیق هیدروکلوئیدها بر کاهش سفتی نان به طور دقیق مشخص نشده است با این وجود بعضی محققین بر این باور هستند که هیدروکلوئیدها بر ساختار نشاسته اثر تضعیف کننده داشته که منجر به توزیع و حفظ یکنواخت آب و در نتیجه نرمی مغز نان می گردند [۲٥ و ۲٦]. در این مورد Crockett (۲۰۰۹) بیان می نماید که هیدروکلوئیدها در اثر حرارت تشکیل یک ژل برگشت پذیر می دهند که در دماهای بالاتر از ٥۰ درجه سانتیگراد به صورت ژل بسیار مقاوم در می آیند [۲۷]. این پدیده باعث پایدار کردن ساختار ژلاتینی مغز نان در طی دماهای پخت شده ولی سفتی مغز نان را بعد از پخت کاهش می دهد [۲۹]. همچنین با افزودن ۱۰٪ آرد سویا از محتوای نشاسته در این فرمولاسیون کاسته شده که باعث کاهش خصوصیات ژلاتیناسیون و در نتیجه کاهش سفتی می گردد. همچنین چون مقدار آرد سویا کم است، ژل حاصل از آن نیز ضعیف بوده که در کاهش سفتی تأثیر دارد. ولی افزایش میزان آرد سویا بیشتر از ۱۰٪ باعث سفت تر شدن نان می شود که به دلیل ایجاد شبکه پروتئینی محکم است که منجر به سفتی بافت می گردد [۲۲].

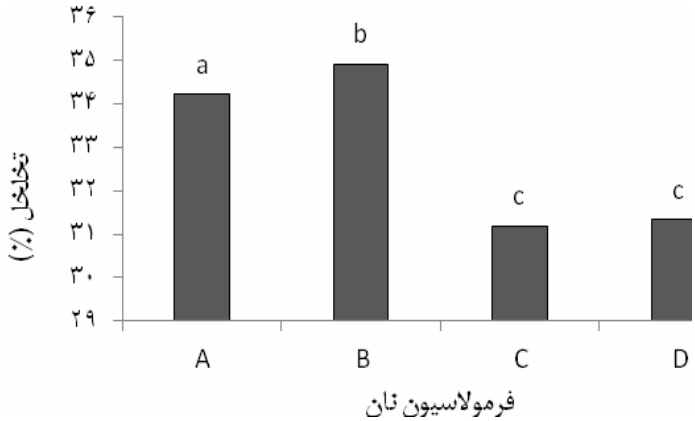
همانطور که مشاهده می گردد با گذشت ۷۲ ساعت تمام نان ها سفت تر شدند. سفتی نان در طی نگهداری، معمولاً به خشک شدن مغز نسبت داده می شود ولی مکانیزم این تغییرات فراتر از یک مهاجرت رطوبت ساده از مغز به پوسته می باشد. فرایند سفت شدن بافت عمدتاً به دو علت می باشد: سفتی که ناشی از انتقال رطوبت از مغز به پوسته است و سفت شدن ذاتی مواد سلولی که به کریستالیزاسیون مجدد نشاسته برمی گردد [۳۰]. نان حاوی ۳۰٪ آرد سویا با گذشت زمان بسیار بیشتر از نان های دیگر سفت شد که به دلیل تشکیل شبکه پروتئینی بسیار محکم و عدم وجود سلول های گازی و تخلخل مناسب می باشد، به طوریکه نان کاملاً متراکم می باشد. به طور کل بیاتی نان و افزایش سفتی آن در طی زمان نگهداری، فرآیند پیچیده ای است که عوامل متعددی نظیر رتروگراداسیون آمیلوپکتین، آرایش مجدد پلیمرها در ناحیه آمورف، کاهش مقدار رطوبت و یا توزیع رطوبت بین ناحیه آمورف و کریستالی در آن دخیل است [۳۱].



شکل ۳ میزان سفتی نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا (A: ۱۰۰٪ آرد برنج؛ B: ۹۰٪ آرد برنج، ۱۰٪ آرد سویا؛ C: ۸۰٪ آرد برنج، ۲۰٪ آرد سویا؛ D: ۷۰٪ آرد برنج، ۳۰٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$))

۳-۵- ارزیابی میزان تخلخل

همانطور که در شکل ٤ مشاهده می شود افزودن آرد سویا به فرمولاسیون نان بدون گلوتن تأثیر مثبتی دارد. ولی این تأثیر فقط تا غلظت ۱۰٪ مناسب بوده و باعث افزایش معنی دار تخلخل می شود ولی با افزودن مقادیر بیشتر آرد سویا به فرمولاسیون از تخلخل بافت کم می شود. این پدیده ممکن است به دلیل اختلال در حفظ و نگهداری سلول های گازی به دلیل جذب بیش از حد آب توسط خمیر تهیه شده از این تیمارها، غیر فعال شدن مخمر و در نتیجه کاهش تعداد سلول های گازی و پخش یکنواخت آن در بافت محصول نهایی باشد. در این مورد گزارش شده است که استفاده از افزودنی هایی که سبب افزایش بیش از حد جذب آب خمیر گردد، اثر مخرب بر فعالیت مخمر داشته و باعث کاهش میزان تخلخل بافت می شوند. همچنین افزودن بیش از اندازه آرد سویا بر کشش پذیری خمیر، میزان قابلیت حفظ گاز و در نتیجه تخلخل بافت محصول نهایی تأثیر منفی دارد. نتایج این تحقیق با نتایج حاصله از بررسی های پیشین مطابقت دارد [۳۲ و ۳۳].

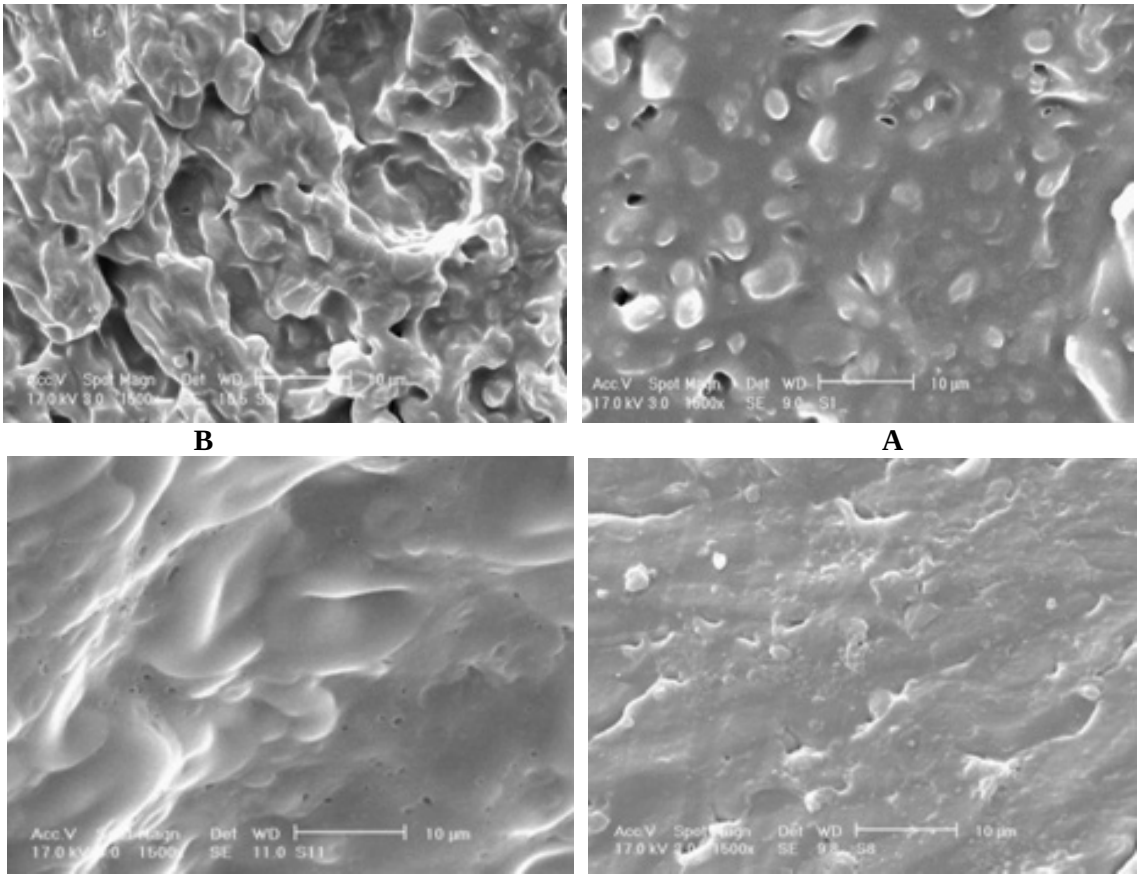


شکل ٤ میزان تخلخل بافت نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا (A: ۱۰۰٪ آرد برنج؛ B: ۹۰٪ آرد برنج، ۱۰٪ آرد سویا؛ C: ۸۰٪ آرد برنج، ۲۰٪ آرد سویا؛ D: ۷۰٪ آرد برنج، ۳۰٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$))

۳-٦- ریزساختار مغز نان (SEM)

تصاویر نان حاصل از میکروسکوپ الکترونی در شکل ٥ نشان داده شده است. در شکل ٥- A که نمونه حاوی آرد برنج به همراه هیدروکلوئید CMC است بافت تا حدی متخلخل است ولی دانه های نشاسته به طور مجزا قابل مشاهده می باشند. این پدیده ممکن است به دلیل ژلاتیناسیون ناقص نشاسته و عدم وجود پروتئین کافی جهت ایجاد پیوند با آنها و پوشش دهی آنها باشد. همانطور که مشاهده می شود (شکل ٥- B) با افزودن ۱۰٪ آرد سویا بافت کاملاً متخلخل و یکنواخت شده است، که به دلیل حضور پروتئین سویا می باشد که رفتاری شبیه به گلوتن در نان گندم ایفا کرده و با پیوند با نشاسته و

پوشش دهی آن نانی با بافت مناسب ایجاد نموده است. پروتئین های سویا ساختار ژل مانندی تولید کرده و با ایجاد پیوندهای عرضی پروتئین و نشاسته منجر به تولید شبکه همگن تری می گردند. با افزایش غلظت آرد سویا از میزان خلل و فرج نان کاسته شده است به طوری که بافت بسیار بهم پیوسته بوده و نانی بسیار متراکم حاصل شده است که ممکن است به دلیل افزایش بیش از اندازه قوت آرد و عدم توانایی اتساع خمیر و ایجاد خلل و فرج باشد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط Bonet و همکاران (۲۰۰۶) در مورد غنی سازی نان گندم با آرد سویا و Marco & Rosell (۲۰۰۸ b) در مورد تأثیر پروتئین بر خصوصیات نان فاقد گلوتن، همخوانی دارد و همچنین نتایج بدست آمده از این بخش با نتایج بدست آمده از تخلخل و سفتی بافت در یک راستا قرار دارند [۱۸ و۳۳].



شکل ۵ تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی روبشی نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا (A: ۱۰۰٪ آرد برنج؛ B: ۹۰٪ آرد برنج، ۱۰٪ آرد سویا؛ C: ۸۰٪ آرد برنج، ۲۰٪ آرد سویا؛ D: ۷۰٪ آرد برنج، ۳۰٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$))

۳-۷- آزمون رنگ سنجی

شاخص های رنگی اندازه گیری شده توسط هانترلب عبارتند از L^*، a^* و b^* و در جدول ۳ قابل مشاهده می باشند. L^* معرف میزان روشنی نمونه بوده و دامنه آن از صفر (سیاه مطلق) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ های سبز و قرمز را نشان می دهد (۱۲۰- سبز خالص تا ۱۲۰+ قرمز خالص). مؤلفه b^* نشان دهنده نزدیکی رنگ نمونه به آبی و زرد می باشد که ۱۲۰- آبی خالص و ۱۲۰+ زرد خالص است. شاخص L^* در مورد نان حاوی ۱۰۰٪ آرد برنج بیشتر بود که بیانگر روشنی بافت نان بوده و به دلیل رنگ سفید آرد برنج به همراه هیدروکلوئید CMC می باشد. البته همانطور که در ظاهر نان مشخص بود این سفیدی بیش از اندازه بوده و چندان مطلوب نبود. به دنبال آن فرمولاسیون ۱۰٪ مقدار بالاتری از مؤلفه L^*و رنگ مطلوب تری نشان داد که از لحاظ آماری در سطح ۵ با تیمار C اختلاف معنی دار ندارد ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی دار است. مؤلفه های a^* و b^* در نمونه حاوی ۱۰۰٪ آرد برنج

بیشتر بودند که نشان دهنده تمایل بیشتر رنگ این نان به سبز و آبی می باشد که همانطور که ذکر شد غیر عادی بودن رنگ نان در ظاهر نیز کاملاً مشخص بود. با افزایش مقدار آرد سویا رنگ نان ها به زرد تمایل بیشتری پیدا کرده است که در جدول به وضوح مشخص می باشد. به طور کلی نان حاوی ١٠٪ آرد سویا از بقیه فرمولاسیون ها رنگ بهتری داشت. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج به دست آمده از مطالعه صحرائیان و همکاران (١٣٩٢) همخوانی دارد [٣٥].

جدول ٣ رنگ مغز نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا

فرمولاسیون نان	L*	a*	b*
A	٧٠/٢٣ ± (١/٣٣) ^{a}	٠/٩٤ ± (٠/٢) ^{d}	١٢/٧٧ ± (٠/٢٩) ^{d}
B	٦٥/٦ ± (٠/٢٢) ^{b}	٠/٢٦ ± (٠/٠٢) ^{c}	١٥/٨٨ ± (٠/٠٢) ^{c}
C	٦٤/٢٤ ± (٠/٢٠) ^{b}	١/١٦ ± (٠/٠٣) ^{b}	١٧/٩٢ ± (٠/٠٤) ^{b}
D	٦٢/٠٥ ± (٠/٤٧) ^{c}	٢/٥٧ ± (٠/١٤) ^{a}	١٩/٧٧ ± (٠/٣٦) ^{a}

A: ١٠٠٪ آرد برنج؛ B: ٩٠٪ آرد برنج، ١٠٪ آرد سویا؛ C: ٨٠٪ آرد برنج، ٢٠٪ آرد سویا؛ D: ٧٠٪ آرد برنج، ٣٠٪ آرد سویا. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$).

٣-٨- آزمون حسی

نتایج آنالیز واریانس مربوط به آزمون حسی نان ها در جدول ٤ قابل مشاهده است. در تمام موارد مورد بررسی رنگ، بو، مزه، چسبندگی و بافت نمونه حاوی ١٠٪ سویا بهترین امتیاز را کسب کرده است. با افزایش غلظت سویا رنگ نان بسیار تیره شده و مطلوب نمی باشد. قابل ذکر است که در تمام موارد نان حاوی ٢٠٪ و ٣٠٪ سویا از لحاظ آماری اختلاف معنی داری ندارند. بافت آنها نیز بسیار چسبنده و متراکم می باشد. به طور کلی نان حاوی ١٠٪ سویا بیشترین امتیاز را از لحاظ پذیرش کلی کسب کرده است. با توجه به نتایج سایر بخش های پژوهش حاضر انتظار می رفت که نمونه حاوی ١٠٪ آرد سویا دارای بالاترین امتیاز در ارزیابی حسی به لحاظ پذیرش کلی باشند. صحرائیان و همکاران (١٣٩٢) نیز گزارش کردند که با اضافه شدن غلظت آرد سویا پذیرش کلی نمونه کاهش می یابد که با نتایج حاصل از پژوهش حاضر تطابق دارد [٣٥].

جدول ٤ نتایج آزمون های حسی نان های فاقد گلوتن حاوی آرد برنج و سویا

ترکیب آرد	رنگ	بو	مزه	چسبندگی	بافت	پذیرش کلی
A	٤/٩(±٠/٢٦) ^{b}	٢/٦٧(±٠/٠٦) ^{c}	٢/٧(±٠/١٠) ^{c}	٣/١(±٠/١) ^{b}	٤/٥(±٠/١٠) ^{b}	٣/٥٧(±٠/٠٦) ^{b}
B	٥/٩(±٠/١٠) ^{a}	٥/٣٠(±٠/١٧) ^{a}	٥/٣٧(±٠/٢١) ^{a}	٥/١٧(±٠/١٥) ^{a}	٥/٤٧(±٠/١٢) ^{a}	٥/٤٣(±٠/٠٦) ^{a}
C	٣/٤٧(±٠/٢٥) ^{c}	٤/٧٣(±٠/٣١) ^{ab}	٣/٥٣(±٠/٣١) ^{b}	٢/٧٣(±٠/١٢) ^{c}	٣/١٧(±٠/١٥) ^{c}	٣/٥٣(±٠/١٢) ^{b}
D	٤/٢٠(±٠/٥٣) ^{c}	٤/٦٧(±٠/٣١) ^{b}	٣/٧(±٠/٣٦) ^{b}	٢/٧٧(±٠/١٥) ^{c}	٣/٢٠(±٠/١٠) ^{c}	٣/٦٧(±٠/١٥) ^{b}

A: ١٠٠٪ آرد برنج؛ B: ٩٠٪ آرد برنج، ١٠٪ آرد سویا؛ C: ٨٠٪ آرد برنج، ٢٠٪ آرد سویا؛ D: ٧٠٪ آرد برنج، ٣٠٪ آرد سویا
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی دار می باشند ($p<0.05$).

٤- نتیجه گیری

افزودن آرد سویا به نان حاصل از آرد برنج باعث افزایش جذب آب و پایداری خمیر شد، اما این تأثیر در غلظت ١٠٪ مطلوب بوده و بیشتر از آن اثرات سوئی داشت. تأثیر مثبت افزودن ١٠٪ آرد سویا بر خصوصیات فیزیکی نان نظیر حجم مخصوص، سفتی بافت، تخلخل، رنگ و بررسی ویژگی های ریز ساختاری نیز به خوبی مشهود بود. نتایج حاصل از آزمون های فیزیکی به همراه آزمون حسی به وضوح نشان داد که فقط با افزودن ١٠٪ آرد سویا به آرد برنج می توان به نتایج مطلوب رسید و افزودن غلظت بیشتر باعث کاهش کیفیت نان و در برخی موارد حتی کمتر از نمونه حاوی ١٠٠٪ آرد برنج می گردد. البته مطالعات بیشتری در این زمینه باید انجام شده و این فرمولاسیون همچنان نیاز به بهینه سازی دارد.

۵- منابع

[1] Sciarini, L.S., Pérez, G.T., de Lamballerie, M., León, A.E., & Ribotta P.D. 2012. Partial-Baking Process on Gluten-Free Bread: Impact of Hydrocolloid Addition. *Food Bioprocess Technology*, 5:1724–1732

[2] Sollid, L. 2002. Coeliac disease: dissecting a complex inflammatory disorder. *Nature Reviews*, 2: 647–655.

[3] Gallagher, E., Gormley, T.R., & Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143–152.

[4] Rostamian, M., Mohammadzadeh Milani, J., & Maleki, G. (2013) Utilization of maize and chickpea flour for gluten-free bread making, *International Journal of Food Engineering*, 1: 117-128.

[5] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & 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.

[6] Nishita, K.D., & Bean, M.M. (1979). Physicochemical properties of rice in relation to bread. *Cereal Chemistry*, 56: 185-189.

[7] Lashkari, L., Mohammadzadeh Milani, J., Moetamedzadegan, A., and Maleki, G. (2013). Properties of gluten free bread prepared from Iranian rice cultivars. *Journal of research and innovation in food science and technology*, 3: 187-198.

[8] Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M., & Huber, C.S. (2005). Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*, 82(3), 328-335.

[9] Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (1978). Food Chemistry. Springer Verlag.

[10] Kohajdova, Z., & Karovicova, J. (2009). Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*, 63, 26-38.

[11] Rosell, C.M., Rojas, J.A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15, 75–81.

[12] American Association of Cereal Chemists. (1983). Approved method of AACC (8th ed.), St. Paul, MN: The Association.

[13] American Association of Cereal Chemists.(2000). Approved Methods of AACC (16-44), St. Paul, MN: The Association.

[14] A-A-20126E, 2004, February 26, Commercial Item Description Flour. The U.S. Department of Agriculture (USDA) has authorized the use of this Commercial Item Description (CID).

[15] American Association of Cereal Chemists. (1999). Bread firmness by universal testing machine. Approved method of AACC (74-09), St. Paul, MN: The Association.

[16] Haralick, R.M., Shanmugam, K., & Dinstein, I. (1973). Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 3, 610-621.

[17] Ahn, H.J., Kim, J.H., & Ng, P.K.W. 2005. Functional and thermal properties of wheat, barley, and soy flours and their blends treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 70: 380– 386.

[18] Bonet, A., Blaszczak, W., & Rosell, C.M. 2006. Formation of Homopolymers and Heteropolymers Between Wheat Flour and Several Protein Sources by Transglutaminase-Catalyzed Cross-Linking. *Cereal Chemistry*, 83(6): 655–662

[19] Marco, C., & Rosell, C.M. 2008 a. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering*, 88: 94–103.

[20] Mc Carthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J., & Arendt, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-15.

[21] Rakkar, P.S. 2007. Development of gluten-free commercial bread. Thesis for the degree Master of applied science. Auckland University of Technology, Auckland.

[22] Crockett, R.I.P. & Vodovotz, Y. 2011. Effects of soy protein isolate and egg white solids on physicochemical properties of

gluten-free bread. *Food Chemistry*, 129: 84–91.

[23] Mashayekh, M., Mahmoudi, M.R., & Entezari, M.H. 2007. Evaluation the effect of oil free soy flour on organoleptic and biological Taftun bread. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 2: 73-80.

[24]Prentice, N., Cuendet, L.S. & Geddes, W.F. 1954. Studies on bread staling .V. Effect of flour fractions and various starches on the firming of bread crumb. *Cereal Chemistry*, 31:188.

[25] Armero, E., & Collar, C. 1996. Antistaling additive effects on fresh wheat bread quality. *Food Science and Technology International*, 2: 323–333.

[26] Eidam, D., Kulicke, W.M., Kuhn, K., & Stute, R. 1995. Formation of maize starch gels selectively regulated by the addition of hydrocolloids. *Starch/Staerke*, 47(10): 378–384.

[27] Crockett, R. 2009. The Physicochemical Properties of Gluten-Free Dough with the Addition of Hydrocolloids and Proteins, The Ohio State University, Ph.D thesis.

[28] Maleki, G. & Milani, J. 2013. Effect of Guar Gum, Xanthan Gum, CMC and HPMC on Dough Rhealogy and Physical Properties of Barbari Bread. *Food Science and Technology Research*, 19 (3): 353-358.

[29] Maleki, G. & Milani, J. 2014. Effect of different hydrocolloids on barbari bread texture and microstructure. *Acta Alimentaria*, 43(4): 584–591.

[30] Maleki, G., Milani, J., & Amiri, Z. 2012. Effect of different hydrocolloids on staling of barbari bread. *Advances in Food Sciences*, 34: 36-42.

[31] Ebrahimpour, N., Peighambardoust, S.H., Azadmard-Damirchi, S., & Ghanbarzadeh, B. (2010). Effects of incorporating different hydrocolloids on sensory characteristics and staling of gluten free bread. *Journal of Food Research*, 20: 99-115.

[32] Pourfarzad, A., Khodaparast, M.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., & Razavizadegan Jahromi, S.H. 2011. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, 34: 1435-1445.

[33] Godfrey, P. 2002. Soy products as ingredients – farm to the table. *Innovations in Food Technology*, 14: 1-3.

[34] Marco, C., & Rosell, C.M. 2008 b. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research Technology*, 227:1205–1213.

[35] Sahraiyan, B., Mazaheri Tehrani, M., Naghipour, F., Ghiafeh Davoodi, M., & Soleimani, M. (2013). The effect of mixing wheat flour with rice bran and soybean flour on physicochemical and sensory properties of baguettes. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8: 229-240

.

Effect of different concentration of soy flour on the quality of gluten-free bread containing rice flour

Maleki, G. [1], Mazaheri Tehrani, M. [2*], Shokrollahi, F.[1]

1. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Food Science & Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received: 94/2/5 Accepted: 94/4/16)

Gluten-free formulations are often supplemented with proteins to improve their quality. The objectives of this work were to assess the impact of different concentration of soy flour in addition to 2% of carboxy methyl cellulose on gluten-free bread quality parameters. Therefore, soy flour and rice flour were combined respectively in concentrations: 0% & 100%, 10% & 90%, 20% &80%, and 30% & 70%. Soy flour addition had had positive effect on farinograph properties of dough such as water absorption. Adding soy flour up to 10% caused positive and significant differences in physical properties of bread such as specific volume, crumb hardness, and porosity. Colorimetric factors, except for L*, were not influenced by soy flour. Pictures obtained from SEM showed that bread containing 10% of soy flour had the best texture and rice bread (100% rice flour) in the next order showed suitable and porous structure. Best score from organoleptic test was related to bread containing 10% soy flour getting the highest score in total acceptability. Generally, adding 10% soy flour resulted in reduction of undesirable properties of rice bread. However, increasing concentration resulted in negative effects on qualitative and sensory properties of bread.

Key words: Carboxymethyl cellulose, Gluten-free bread, Rice flour, Soy flour

*Corresponding Author E-mail Address: mmtehrani@um.ac.ir