بررسی خصوصیات عملکردی نان ترکیبی تولید شده از آرد گندم و سورگوم

هادی باقری[1*]، آرش کوچکی[1]، محبت محبی[1]

[1] گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۵

چکیده

در سال‌های اخیر به دلیل کمبود گندم و شرایط بد اقتصادی، تحقیقات گسترده‌ای به منظور جایگزینی آرد سایر غلات و حبوبات با آرد گندم برای تهیه نان صورت گرفته است و بررسی جایگزینی بخشی از گندم مصرفی در کشور با آرد سایر غلات موضوعی است که سالیان سال ذهن محققان زیادی را به خود جلب کرده است. از این‌رو در این مطالعه اثر جایگزینی آرد سورگوم در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی و کیفی نان حجیم مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی خصوصیات رئولوژیکی خمیر از آزمون فارینوگراف و آمیلوگراف و برای بررسی کیفیت نمونه‌های نان از سیستم‌های مبتنی بر پردازش تصویر و آزمون حسی استفاده گردید. تجزیه وتحلیل داده‌ها نشان داد که بسیاری از خصوصیات رئولوژیکی از جمله میزان جذب آب، زمان توسعه خمیر، پایداری خمیر تحت تأثیر منفی ناشی از جایگزینی آرد سورگوم قرار می‌گیرد که در مجموع نشان‌دهنده تضعیف ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم بود. از طرفی با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم، میزان رطوبت و حجم محصول نهایی کاهش یافت. ارزیابی حسی نمونه-های نان مشخص نمود که پذیرش کلی نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد آرد سورگوم همانند نمونه شاهد است، اما در مقادیر بالاتر به دلیل تأثیر بر رنگ نمونه‌ها و بافت، کاهش امتیاز ملاحظه شد. با توجه به نتایج آزمون حسی و خصوصیات کیفی بهترین نسبت جایگزینی آرد سورگوم در سطح ۲۵ درصد برای تولید نان حجیم بود.

واژه های کلیدی: آرد سورگوم، ارزیابی حسی، خواص رئولوژی، نان حجیم

* مسوول مکاتبات: bagherihadi51@yahoo.com

۱- مقدمه

نان به عنوان یک غذای اصلی در کشورهای در حال توسعه به خصوص کشورهای آفریقایی و آسیایی مطرح می باشد. در سال‌های اخیر به دلیل کمبود گندم و شرایط بد اقتصادی، تحقیقات گسترده‌ای به منظور جایگزینی آرد سایر غلات و حبوبات با آرد گندم برای تهیه نان صورت گرفته است. در اکثر این تحقیقات هدف جایگزینی آرد غلات محلی با آرد گندم برای تولید نان بوده است. امروزه در جهان نان با شکل و تنوع بسیاری تولید می‌شودکه در تولید آن، از انواع آردها استفاده شده است. به طور کلی ۳ نوع نان در جهان وجود دارد که عبارتند از نان گندم(گلوتن دار)، نان بدون گلوتن و نان ترکیبی. نان‌های ترکیبی، نان‌هایی هستند که در تولید آن‌ها از مخلوطی از آرد حبوبات یا سایر غلات با آرد گندم استفاده شده باشد (۲ و ۲۲).

استفاده از چند نوع آرد در تولید نان باعث تولید محصولات متنوع شده و مصرف‌کنندگان قدرت انتخاب گسترده‌تری پیدا می‌کنند. به کارگیری آردهای ترکیبی و آردهای غیرگندم برای تهیه نان در سراسر جهان به دلایل اقتصادی، اجتماعی و تغذیه‌ای در حال توسعه است (۲۱). میزان تولید گندم در کشور در سال ۹۳ طبق آمار فائو حدود۱۴ میلیون تن تولید بود که نسبت به سال گذشته افزایش ۳/۷ درصدی داشت، اما آماری دقیقی از میزان تولید سورگوم در ایران وجود ندارد (۱۱).

سورگوم[1] به عنوان یک غله کلیدی درکشورهای در حال توسعه به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌گرم سیری مطرح است و به شکل مختلف از جمله کیسرا[2] (نوعی نان محلی در سودان)، آسدا[3] (آش غلیظ) و ناشا[4] (آش رقیق) قابل مصرف است (۲) و در کشورهای همچون هند، چین و آفریقا به عنوان سومین غله مصرفی بعد از گندم و برنج در بین مردم مطرح است (۱۰). دانه سورگوم به لحاظ ارزش تغذیه‌ای معادل ارزن، ذرت،گندم و برنج است. در میان غلات، سورگوم یک منبع غنی از مواد فیتوشیمیایی شامل، تانین‌ها، فنولیک اسیدها، آنتوسیانین‌ها و فیتواسترول‌ها می‌باشد و از لحاظ خصوصیات فیزیکوشیمیایی مشابه آرد گندم می‌باشد (۳). از این رو در تولید فرآورده‌های نانوایی می‌توان از سورگوم به عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم استفاده نمود.

ماریوتی و همکاران (۲۰۰۶) آرد یولاف را جایگزین بخشی از آرد گندم بکار رفته در تهیه محصولات نانوایی کرده و خصوصیات رئولوژیکی و عملکردی پخت نان را مورد ارزیابی قرار دادند، براساس نتایج این پژوهشگران مشخص شد که با افزایش میزان جایگزینی آرد یولاف، جذب آب خمیر افزایش و میزان مقاومت نان کاهش یافت (۱۶). همچنین کیکو و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه اثر جایگزینی انواع برنج پخته شده بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و نان نشان دادند که نان حاوی برنج پخته شده داری آمیلوز پائین‌تری نسبت به نمونه شاهد (نمونه حاوی آرد گندم) بود و حجم مخصوص بالاتری داشت و با افزایش میزان آمیلوز آرد برنج، حجم مخصوص کاهش یافت، بنابراین بین حجم مخصوص و میزان آمیلوز آرد برنج همبستگی منفی وجود دارد (۱۴).

یوسیف و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر افزودن آرد سورگوم (قرمز و سفید) (۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد) به نان صاف[5] بر خصوصیات فارینوگرافی، ظرفیت آنتی اکسیدانی و میزان پذیرش مصرف-کننده نشان دادند که با افزودن آرد سورگوم میزان جذب آب، زمان توسعه خمیر و میزان پایداری کاهش می‌یابد، این در حالی است که میزان ترکیبات فنلی کل و میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت. همچنین بررسی میزان پذیرش حسی نشان داد که افزودن ۴۰ درصد آرد سورگوم (قرمز و سفید) اثر معنی‌داری بر میزان پذیرش نداشت و نان حاوی ۴۰ درصد آرد سورگوم قابلیت تولید داشت (۲۶).

همچنین عبدالغفور و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر جایگزینی آرد سورگوم بر خصوصیات کیفی نان تهیه شده از آرد گندم نشان دادند که با افزایش جایگزینی آرد سورگوم خصوصیات فارینوگرافی همچون میزان جذب آب، میزان پایداری و زمان توسعه خمیر) و میزان پذیرش نان تهیه شده کاهش می‌یابد (۲). باتوجه به بررسی‌های انجام شده و گسترش روزافزون تولید نان-های ترکیبی، هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات جایگزینی آرد سورگوم در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) برخصوصیات رئولوژیکی خمیر ، میزان رطوبت، حجم مخصوص، مؤلفه‌های رنگ پوسته و مغز و ویژگی‌های حسی نان قالبی بود.

[1] Sorghum bicolor
[2] Kisra
[3] Aceda
[4] Nasha
[5] Flat

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و تجهیزات

آرد گندم مورد استفاده در این آزمایش از کارخانه سپید طوس(خراسان رضوی، ایران) تهیه شد که داری درجه استخراج ۷۶ درصد بود. به منظور تهیه آرد سورگوم، دانه‌های سورگوم (سورگوم سفید[1] از بازار محلی مشهد تهیه و با استفاده از دستگاه آسیاب آزمایشگاهی، آسیاب و با استفاده از الک ۰/۴میلی‌متر آرد مورد نظر تهیه گردید. مخمر مورد استفاده در این آزمایش از شرکت آستان قدس رضوی(خراسان رضوی، ایران) تهیه گردید. بقیه مواد مورد استفاده که شامل شکر، روغن، نمک بود از بازار محلی مشهد تهیه شد و کلیه آزمایشات در آزمایشگاه غلات دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفت.

همچنین مواد شیمیایی استفاده شده برای اندازه‌گیری ترکیبات پروتئین خام، چربی و گلوتن مرطوب به شرح زیر است. اسید سولفوریک غلیظ، کاتالیزور (۹۶ گرم سولفات پتاسیم، ۳/۵ گرم سولفات مس و ۰/۵ گرم اکسید سلنیوم)، محلول هیدروکسید سدیم ۳۵ درصد، محلول ۰/۱ نرمال اسید سولفوریک، معرف (۰/۲۵ گرم متیل رد، ۰/۱۶۶ گرم متیلن بلو، ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک) و محلول اسید بوریک برای اندازه‌گیری پروتئین، حلال دی‌اتیل‌اتر برای اندازه‌گیری چربی و محلول ۲ درصد آب نمک برای اندازه‌گیری گلوتن مرطوب که از شرکت های معتبر (پارس شیمی، مرک و آلدریش) تهیه گردید.

۲-۲- آنالیز شیمیایی آرد گندم و سورگوم

برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی نمونه آردگندم و آرد سورگوم از آزمون (۲۰۰۰) AACC استفاده شد. بدین منظور برای اندازه-گیری رطوبت از روش (۱۵-۴۴)، پروتئین خام از روش (۱۳-۴۶)، چربی از روش (۲۵-۳۰)، خاکستر از روش (۰۱-۰۸) و گلوتن مرطوب از روش (۱۱-۳۸) استفاده شد (۱).

۲-۳- بررسی خصوصیات رئولوژیکی خمیر

خصوصیات رئولوژیکی نمونه‌های مختلف با استفاده از دستگاه فارینوگراف‌برابندر و آمیلوگراف و طبق روش استاندارد AACC، ۲۰۰۰ شماره ۵۴-۲۱ و ۵۴-۳۰ انجام شد و سپس پارامترهای مختلف همچون میزان جذب آب (WA)، زمان توسعه خمیر (DDT)، ثبات خمیر (Stability) و شاخص مقاومت به مخلوط شدن (MTI) از روی منحنی‌های فارینوگرام و پارامترهای دمای ژلاتیناسیون (GT) و ویسکوزیته (viscosity) از روی منحنی آمیلوگرام استخراج شد (۱).

۲-۴- خصوصیات نگهداری گاز

به منظور بررسی خصوصیات نگهداری گاز توسط خمیر ۱۰۰ گرم از خمیرآبکی[2] تولید شده با نسبت‌های مختلف جایگزینی آرد سورگوم، درون یک سیلندر شیشه‌ای با حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر قرار گرفت، سپس سیلندر شیشه‌ای درون بن ماری آب با دمای۳۲ درجه‌ی سانتی‌گراد گذاشته شد و حجم خمیر را در شروع کار و هر ۱۵دقیقه تا رسیدن به بالاترین نرخ نگهداری گاز اندازه‌گیری شد (۲۲).

۲-۵- تولید نان ترکیبی قالبی

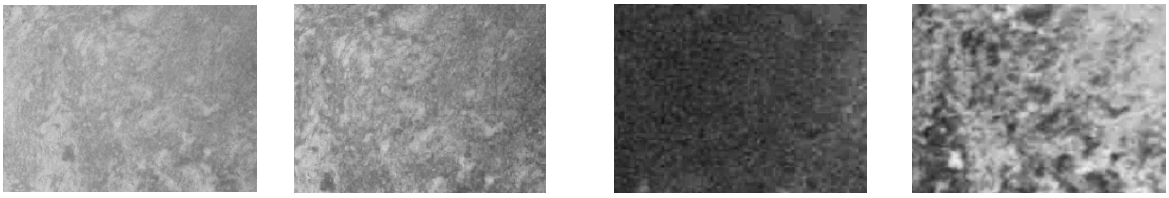
به منظور تهیه نان ترکیبی مورد نظر، ابتدا مخمر (یک درصد) را در آب گرم (۳۵ درجه سانتی‌گراد) مخلوط کرده و سپس اجزاء خشک (۱درصد نمک، ۱/۵ درصد شکر و ۲۵۰ گرم آرد گندم-سورگوم) را به آن اضافه و سپس ۲ درصد روغن را به آن افزوده و مخلوط به طور کامل توسط خمیرگیر Huger (مدل HG550TMEM، ساخت کشور آلمان) با دور متوسط و به مدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شد. سپس خمیر در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه در اتاق تخمیر قرار گرفت. در ادامه خمیر تهیه شده به قطعات ۱۵۰ گرمی تقسیم و در قالب آلومینیومی به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰-۷۵ درصد تحت استراحت قرار گرفت. پخت قرص‌های خمیر نان دردمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰-۲۵ دقیقه در فر مجهز به هوای داغ (مدل SM-705E-E، ساخت کشور انگلستان) انجام شد، سپس قرص‌های نان سرد و در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد (۲۲).

۲-۶- آزمون اندازه‌گیری رطوبت

به منظور اندازه‌گیری رطوبت نان از آزمون (۲۰۰۰) AACC به شماره ۱۵-۴۴ استفاده شد. برای این منظور نمونه‌ها مورد نظر در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون (مدل So-2005،

[1] Sorghum bicolor

[2] Batter



الف ب ج د

شکل ۱- نشان‌دهنده تصویر پوسته و فضای رنگی نان *L*a*b: الف- تصویر پوسته نان، ب- تصویر نشان‌دهنده شاخص *L ، ج- تصویر نشان‌دهنده شاخص *a، د- تصویر نشان‌دهنده شاخص *b

ساخت کشور آلمان) با حرارت ۱۰۵-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس میزان رطوبت با توجه به کاهش وزن نمونه، مورد محاسبه قرار گرفت (۱).

۲-۷- آزمون ارزیابی حجم مخصوص نان

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص نان از روش جابجایی با دانه ارزن مطابق آزمون (۲۰۰۰) AACC به شماره ۱۰-۷۲ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد۳*۳ سانتی‌متر از مرکز هندسی نان تهیه گردید و حجم مخصوص آن تعیین گردید (۱).

۲-۸- بررسی تغییرات رنگ پوسته و مغز نان با استفاده از روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر

به منظور بررسی خصوصیات رنگی پوسته و مغز نان از فضای رنگی L*a*b* استفاده شد.مولفه*L نشان‌دهنده میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه‌ی آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰(سفید خالص) متغییر است (شکل ۱-ب). مقادیر مولفه*a بین منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰ قرار دارد و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز می‌باشد (شکل ۱-ج) و مقادیر *b نیز مانند مولفه *a می‌باشد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است (شکل۱-د).

به منظور بررسی خصوصیات رنگی براساس فضای رنگی L*a*b* ابتدا از تصاویر گرفته شده توسط دوربین Canon (مدل DS126191، ساخت کشور تایوان) قطعات ۱۰۰۰در ۱۰۰۰ پیکسلی تهیه و با فرمت bmp ذخیره شد. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار ImageJ قرار داده شد و با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins رنگ تصویر مورد نظر براساس این شاخص‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. برای بررسی رنگ مغز نان نیز مانند قسمت بالا عمل شد (۹).

۲-۸- آزمون حسی

آزمون حسی با استفاده از روش پیشنهادی یاسین و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد. افراد ارزیاب از بین دانشجویان گروه صنایع غذایی دانشگاه فردوسی انتخاب و آموزش دیده شدند. خصوصیات حسی نان از نظر فرم و شکل ظاهری (وجود پارگی و حفره)، وضع سطح فوقانی و زیرین(سوختگی، چین و چروک و رنگ)، سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن، سفت بودن، تردی غیرعادی و شکنندگی)، قابلیت جویدن، عطر و طعم، مزه و پذیرش کلی توسط ۱۰ پانلیست مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱). طی آزمون از داوران چشایی خواسته شد تا ضمن بررسی نمونه‌ها به تیماری که از نظر معیار مورد بررسی، بهترین است، امتیاز ۵ و به بدترین تیمار امتیاز ۱ بدهند (۲۵).

۲-۹- آنالیزآماری

در این پژوهش از طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار استفاده شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه‌ی میانگین‌ها در سطح ۵ درصد استفاده گردید. همچنین آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارMinitab16، Mstatc انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی خصوصیات شیمیایی آردهای مورد استفاده در تولید نان ترکیبی

نتایج مربوط به میزان رطوبت، پروتئین، خاکستر،چربی و گلوتن مرطوب آرد گندم و سورگوم در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، میزان چربی و فیبر آرد سورگوم به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار آن در آرد گندم است لذا آرد سورگوم به عنوان یک منبع با ارزش از نظر فیبر رژیمی وچربی محسوب می‌شود.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آرد گندم و آرد سورگوم (گرم در ۱۰۰ گرم)

خصوصیات شیمیایی	آرد گندم	آرد سورگوم
رطوبت	۱۳/۵[a]	۱۱[b]
پروتئین	۱۴/۲۵[a]	۱۰/۱۱[b]
چربی	۰/۸۵[b]	۳/۲[a]
خاکستر	۰/۴۵[b]	۱/۳۵[a]
گلوتن مرطوب	۳۷[a]	۰[b]

اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

۳-۲- خصوصیات فارینوگرافی خمیر

۳-۲-۱- جذب آب

نتایج نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم میزان جذب آب به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$) (جدول ۲). مقدار جذب آب برای نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد سورگوم در دستگاه برابندر قابل اندازه‌گیری نبود و هیچگاه نمودار به خط استاندارد ۵۰۰ برابندر نرسید. سلیم یور رحمان و همکاران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی در اثر جایگزینی آرد سورگوم با آرد گندم بدست آوردند. این پژوهشگران عنوان کردند که میزان جذب آب تابعی از میزان مواد هیدروفیل، پروتئین‌های اصلی و کربوهیدرات در فرمولاسیون می‌باشد (۲۱). پروتئین‌های گندم (گلوتن) به عنوان ترکیباتی با خصوصیات هیدروفیل بالا شناخته می‌شوند (۶)، اما سورگوم فاقد این نوع پروتئین است (۵). بنابراین کاهش میزان جذب آب در هنگام جایگزینی آرد گندم با آرد سورگوم را می‌توان به کاهش مقدار گلوتن در خمیر نسبت داد. از طرفی علت کاهش میزان جذب آب با افزایش میزان جایگزینی آرد سورگوم ممکن است به علت طبیعت هیدروفوب پروتئین موجود در آن (کافیرین) باشد (۲۶). بنابراین، با افزایش مقادیر جایگزینی آرد سورگوم میزان جذب آب کاهش یافت.

۳-۲-۲- زمان توسعه خمیر

نتایج نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم، زمان توسعه خمیر کاهش یافت (جدول ۲) به طوری که نمونه فاقد آرد سورگوم (۱۰۰ درصد آرد گندم) بالاترین زمان توسعه خمیر (۳/۷۵ دقیقه) را داشت. بر اساس نظریه اسروآن و همکاران (۲۰۰۹) زمان توسعه خمیر با کاهش میزان پروتئین گلوتن، کاهش می‌یابد(۲۳). ایوسیف و همکاران (۲۰۱۲) به نتایج مشابهی در اثر افزدن سورگوم به آرد گندم دست یافتند. یافته‌های این محققین نشان داد که با افزایش میزان سورگوم زمان توسعه خمیر کاهش یافت (۲۶). برخلاف این نظر، نتایج تحقیق سلیم یور رحمان و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که با افزایش میزان آرد سورگوم، زمان توسعه خمیر افزایش می‌یابد اما هیچ توضیحی درباره علت افزایش زمان توسعه خمیر با افزایش آرد سورگوم از طرف این محققین ارائه نشد (۲۱).

۳-۲-۳- پایداری (ثبات) خمیر

خمیر تهیه شده از ۱۰۰ درصد آرد گندم، بالاترین ثبات خمیر را در بین نمونه‌ها داشت (جدول ۲). با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم تا ۲۵ درصد، ثبات خمیر کاهش یافت در حالی که در سطوح بالاتر جایگزینی، کاهش ثبات خمیر معنی‌دار نبود. از آنجا که ثبات خمیر نشان‌دهنده قدرت آرد می‌باشد، با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم از میزان قدرت آرد کاسته شد. علت کاهش پایداری خمیر به گفته برخی از محققین ناشی از کاهش میزان پروتئین گلوتن در اثر جایگزینی آرد سورگوم می‌باشد (۶ و ۱۸). از طرف دیگر آرد سورگوم حاوی ترکیبات پلی‌ساکاریدی (فیبرنامحلول) می‌باشد که اثر تضعیف‌کنندگی بر قابلیت کشش‌پذیری و عملکرد گلوتن دارد.نتایج تحقیقات یوسیف و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که با افزایش جایگزینی آرد سورگوم، میزان ثبات خمیر کاهش یافت (۲۶). در حالی که سلیم‌یور رحمان و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم باعث افزایش ثبات خمیر می‌شود. دلیلی از طرف محققین ارائه نشده است (۲۱).

۳-۲-۴- شاخص مقاومت به مخلوط‌کردن (MTI)

با افزایش نسبت آرد سورگوم در مخلوط آرد گندم-سورگوم، شاخص مقاومت به مخلوط‌کردن خمیر افزایش یافت (جدول ۲). بنابراین، جایگزینی آرد سورگوم باعث ضعیف شدن خمیر گردید. عدم وجود گلوتن در آرد سورگوم باعث می‌شود که با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم، میزان گلوتن در فرمولاسیون کاهش یافته و مقاومت ویسکوالاستیکی خمیر کاهش یابد. درنتیجه، شاخص مقاومت به مخلوط کردن افزایش می‌یابد (۲۵).نتایج تحقیق سلیم یور رحمان و همکاران (۲۰۰۶) نیز حاکی از افزایش شاخص مقاومت به مخلوط‌کردن در اثر

جدول ۲- تأثیر جایگزینی آرد گندم با آرد سورگوم بر خصوصیات فارینوگرافی خمیر

درصد جایگزینی آرد سورگوم	جذب آب(درصد)	زمان توسعه خمیر (دقیقه)	پایداری(دقیقه)	شاخص مقاومت (برابندر)
۰	۶۷/۵^{a}	۳/۷۵^{a}	۸/۷۵^{a}	۴۵^{d}
۲۵	۶۳/۷۵^{b}	۳/۲۵^{ab}	۷/۲۵^{b}	۶۵^{c}
۵۰	۶۰/۷۵^{c}	۳^{b}	۷^{b}	۷۲/۵^{b}
۷۵	۵۸/۵^{d}	۲/۷۵^{b}	۶/۲۵^{c}	۸۰^{a}
۱۰۰	غیر قابل اندازه‌گیری با دستگاه فارینوگراف			

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

جایگزینی آرد سورگوم با آرد گندم برای تولید نان بود (۲۱).

۳-۳- خصوصیات آمیلوگرافی

۳-۳-۱- ویسکوزیته

با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم تا ۵۰ درصد، مقدار ویسکوزیته به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما در سطوح بالاتر، ویسکوزیته دوباره افزایش یافت (جدول ۳). کاهش ویسکوزیته با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم تا ۵۰ درصد، احتمالاً به دلیل کاهش میزان پروتئین گلوتن و از هم پاشیده شدن شبکه گلوتنی در نسبت‌های پایین جایگزینی است. در سطوح بالاتر جایگزینی (۷۵ درصد) و همچنین در آرد سورگوم، به دلیل افزایش مقدار نشاسته و ژلاتینه شدن آن، ویسکوزیته سوسپانسیون افزایش می‌یابد (۱۵). نتایج تحقیق سلیم یور رحمان و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم تا ۳۰ درصد، ویسکوزیته خمیر کاهش یافت. این پژوهشگران بیان کردند که علت کاهش ویسکوزیته، کاهش میزان پروتئین گلوتن با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم می‌باشد. بنابراین، جایگزینی آرد سورگوم، باعث از هم پاشیدن شبکه به هم پیوسته گلوتنی شده و ویسکوزیته را کاهش می‌دهد(۲۰).

۳-۳-۲- دمای ژلاتیناسیون

نتایج نشان داد که با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم به مقادیر بیش از ۵۰ درصد، دمای ژلاتیناسیون به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۳). علت افزایش دمای ژلاتیناسیون با افزایش نسبت جایگزینی آرد سورگوم (در نسبت‌های بالاتر از ۵۰ درصد) ناشی از افزایش نشاسته و در نتیجه کاهش میزان دسترسی آب است که باعث افزایش دمای ژلاتیناسیون می‌گردد (۲۴).

۳-۴- خصوصیات نگهداری گاز خمیر نتایج نشان داد که با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم تا ۵۰ درصد، توانایی خمیر برای نگهداری گاز (حداکثر حجم ایجاد شده) کاهش یافت (جدول ۳). علت این امر کاهش میزان پروتئین گلوتن و از بین رفتن شبکه به هم پیوسته گلوتنی و در نتیجه کاهش پایداری و ثبات خمیر می‌باشد (۴). با افزایش سطح جایگزینی تا ۷۵ درصد، توانایی قابلیت نگهداری گاز افزایش یافت اما در نمونه تهیه شده با ۱۰۰ درصد آرد سورگوم میزان توانایی خمیر برای نگهداری گاز مجدداً کاهش یافت. افزایش توانایی خمیر برای نگهداری گاز در سطح جایگزینی ۷۵ درصد، احتمالاً به دلیل تشکیل شبکه‌ای از گرانول‌های نشاسته و پروتئین است که باعث

جدول ۳- اثر جایگزینی آرد سورگوم بر خصوصیات آمیوگرافی و خصوصیات نگهداری گاز

درصد جایگزینی آرد سورگوم	دمای ژلاتیناسیون(درجه سانتی‌گراد)	ویسکوزیته(برابندر)	میزان نگهداری گاز (میلی‌لیتر)
۰	۵۸/۴^{d}	۱۹۵۰^{a}	۱۱۷/۵^{a}
۲۵	۵۸/۹^{cd}	۷۸۷/۵^{de}	۷۹/۵^{b}
۵۰	۵۹/۵^{c}	۷۶۰^{e}	۶۲^{cd}
۷۵	۶۲/۱۳^{b}	۱۰۵۷^{bc}	۷۳^{bc}
۱۰۰	۶۴/۳۸^{a}	۱۱۷۰^{b}	۶۵^{c}

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

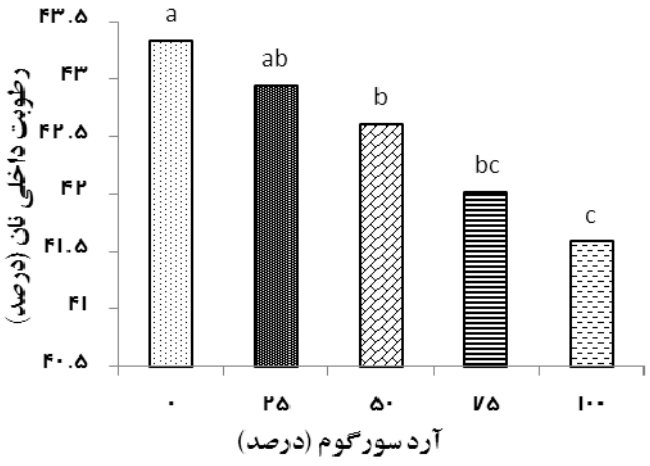
حفظ گاز تولید شده توسط مخمر می‌شود. اما در خمیر تهیه شده با ۱۰۰ آرد سورگوم، با وجود تشکیل شبکه‌ای از گرانول‌های نشاسته، به علت حذف کامل گلوتن، شبکه‌ای مانند آنچه در خمیر آرد گندم مشاهده می‌شود، تشکیل نمی‌گردد. در نتیجه، به دلیل عدم وجود شبکه گلوتنی، قابلیت نگهداری گاز تولید شده توسط مخمر کاهش می‌یابد. به طور کلی، جایگزینی آرد گندم با آرد سورگوم بر قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر اثر منفی دارد. این نتایج با داده‌های بدست آمده از فارینوگرام (شاخص ثبات و پایداری خمیر) مطابقت دارد به طوری که هر دو شاخص با افزایش سطح جایگزینی کاهش یافتند.

نتایج تحقیق ماریوتی و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان داد که جایگزینی ۴۰ درصد آرد یولاف با آرد گندم باعث کاهش ۴۰ درصدی قابلیت نگهداری گاز توسط خمیر شد (۱۶).

۳-۵- خصوصیات فیزیکوشیمایی محصول نهایی

۳-۵-۱- رطوبت نان

نتایج نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم میزان رطوبت نان به طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$)(شکل۲). از آنجا که آرد سورگوم فاقد پروتئین گلوتن می‌باشد (۵) و پروتئین‌های موجود در آرد سورگوم (کافرین) دارای طبیعت هیدروفوب می‌باشند (۲۶)، از این رو آرد سورگوم نمی‌تواند با مقادیر زیادی آب اتصال برقرار کند، لذا به نظرمی‌رسدکه کاهش مقدار رطوبت با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم مربوط به این خصوصیات از آرد سورگوم باشد. بنابراین مقدار رطوبت نمونه‌ها با افزایش جایگزینی آرد سورگوم کاهش یافت.



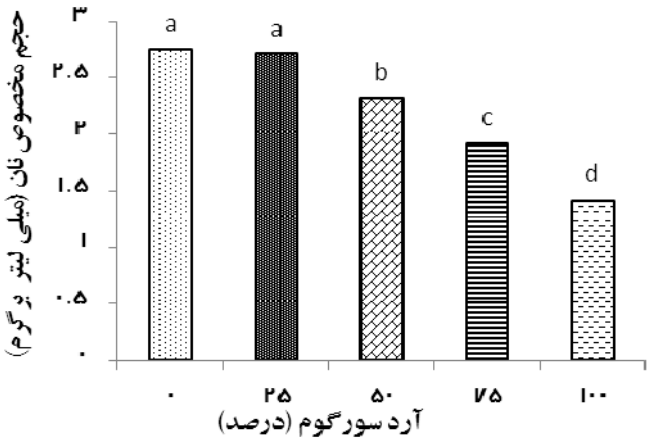
شکل ۲- اثر جایگزینی آرد سورگوم بر رطوبت نان

(ستون‌های دارای حروف متفاوت، معنی‌داری در سطح ۵ درصد)

۳-۵-۲- حجم مخصوص

یکی از فاکتورهای مهم در ظاهر و بازارپسندی محصول، حجم نان است و به عنوان یکی از ویژگی‌های مهم در ارزیابی نان به شمار می‌آید. با توجه به نتایج اندازه‌گیری حجم مخصوص، با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم، حجم ویژه نان به طور معنی‌داری کاهش یافت. حجم مخصوص نمونه‌های فاقد آرد سورگوم به طور معنی‌داری بالاتر از حجم مخصوص نمونه‌های حاوی آرد سورگوم بود ($P<0/05$)(شکل۳).

این اثر کاهش احتمالاً به خاطر کاهش الاستیسیته و ویسکوزیته خمیر ناشی از کاهش گلوتن در اثر جایگزینی آرد سورگوم که منجر به کاهش قابلیت بالا آمدن منظم و یکنواخت خمیر در حین مرحله تخمیر و پخت می‌شود، می‌باشد (۴). همچنین کاهش حجم ممکن است به دلیل از بین رفتن و تضعیف شبکه گلوتنی باشد. با توجه به اینکه شبکه گلوتن توانایی نگهداری گاز را در خود دارد ولی با تضعیف شبکه‌ی گلوتنی، خمیر نمی‌تواند به اندازه‌ی کافی متورم شود وگاز را در خود نگهدارد، بنابراین حجم نان کاهش می‌یابد (۲).براساس مطالعات مراد و همکاران(۱۹۸۴) و پرتن و همکاران(۱۹۸۰) افزودن آرد سورگوم، اثر منفی بر روی حجم نان می‌گذارد، به طوری که با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم، حجم ویژه نان کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که با کاهش میزان پروتئین گلوتن در خمیر، حجم ویژه نان به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد(۱۷ و ۱۹). در همین راستا درواس و همکاران (۱۹۹۹) و دوزاستاکیس و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که با جایگزینی آرد سویا، آرد لوپین و تریتیکاته، حجم ویژه نان به طور معنی‌داری کاهش یافت (۷، ۸).



شکل ۳- اثر جایگزینی آرد سورگوم بر حجم مخصوص نان

(ستون‌های دارای حروف متفاوت، معنی‌داری در سطح ۵ درصد)

۳-۶- تحلیل و آنالیز خصوصیات تصاویر نان با استفاده از روش‌های مبتنی بر پردازش‌تصویر

۳-۶-۱- خصوصیات رنگ سطح نان

باتوجه به نتایج آزمون رنگ‌سنجی سطح نان (جدول ۴) با افزایش سطح جایگزینی آرد سوگوم فاکتور*L که نشان‌دهنده روشنی رنگ است، کاهش یافت به طوری که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم،بیشترین مقدار *L را دارا بود و تیمار حاوی۱۰۰ درصد آرد سورگوم،کمترین مقدار *L را دارا بود این روند نشان‌دهنده تیره‌تر شدن رنگ نان در اثر افزایش آرد سورگوم است. به علت وجود رنگدانه و بالا بودن فیبر موجود دردانه سورگوم، با افزایش مقادیر جایگزینی آرد کامل سورگوم و تراکم رنگدانه‌ها،کاهش فاکتور*L نیز بیشتر قابل مشاهده است (۲۰). با جایگزینی آرد سورگوم فاکتور *a که نشان‌دهنده میزان قرمزی نان است، به طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵)(جدول ۴). این بدین معنی است که با افزایش جایگزینی آرد سورگوم رنگ پوسته نان تمایل به رنگ قرمز پیدا می‌کند. و فاکتور *b با جایگزینی آرد سورگوم به طور معنی-داری افزایش یافت (P<۰/۰۵)(جدول ۴). که نشان‌دهنده این است که میزان زردی نان افزایش یافت. دلیل افزایش فاکتور *a به علت وجود رنگدانه زرد رنگ در پوست دانه‌های سورگوم و همین عامل نیز احتمالاً علت افزایش مقدار *b می‌باشد. یافته‌های عبدالغفور و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که جایگزینی ۲۰ درصد آرد سورگوم منجر به کاهش پارامتر رنگی L شد، به طوری که مقدار *L از عدد ۷۲/۵ به ۶۵/۲۸ برای نمونه حاوی ۲۰ درصد آرد سورگوم رسید و مقادیر *a و *b نیز با افزایش سطح جایگزینی افزایش یافتند (۲).

۳-۶-۲- خصوصیات رنگ مغز نان

با افزایش مقدار جایگزینی آرد سورگوم مقدار *L مغز نان هم-مانند سطح نان کاهش یافت، اما کاهش مقدار*L با شدت بیشتری (۴۶ درصد کاهش در میزان *L در مغز نان نسبت به ۸/۴۵ درصد کاهش در میزان *L در سطح نان) اتفاق افتاد. از طرفی مقدار *a افزایش یافت. ولی مقدار *b تفاوت معنی داری نداشت.

۳-۷- بررسی خصوصیات حسی نان

اثر افزودن آرد سورگوم بر ویژگی‌های حسی نان به طور خلاصه در جدول ۵ آورده شده است. با افزایش آرد سورگوم تا سطح جایگزینی ۲۵ درصد، خصوصیات حسی نان تولید شده به جز پوکی و تخلخل، خصوصیات سطح زیرین (سوختگی، چین و چروک و رنگ) و خصوصیات سطح فوقانی (سوختگی، چین و چروک و رنگ) تغییر معنی‌داری نکرد. حتی از نظر طعمی نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد سورگوم دارای امتیاز بالاتری نسبت به نمونه فاقد آرد سورگوم بود. با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم به مقادیر بالاتر از ۲۵ درصد، بیشتر خصوصیات حسی نان تحت تأثیر منفی آرد سورگوم قرار گرفته، از امتیاز حسی آن‌ها کاسته شد. به طوری که نان تولید شده از ۱۰۰ درصد آرد سورگوم تقریباً غیرقابل پذیرش بود. علت کاهش پذیرش نان حجیم با افزایش سطح جایگزینی آرد سورگوم به دلیل کاهش قابل ملاحظه حجم نان و متراکم شدن مغز نان (سفت شدن نان) بود که سبب کاهش معنی‌دار امتیاز حسی نان‌های حاصل نسبت به

جدول ۴- اثر جایگزینی آرد گندم با سورگوم بر رنگ پوسته و مغز نان

	پوسته نان			مغز نان		
آرد سورگوم (درصد)	L*	a*	b*	L*	a*	b*
۰	۷۱^{a}	-۱۲^{a}	۱۵^{e}	۸۴^{a}	-۱۸^{a}	۴^{a}
۲۵	۶۵^{b}	-۱۱^{a}	۱۸^{d}	۴۵^{b}	-۷^{b}	۵^{a}
۵۰	۵۷^{c}	-۹^{ab}	۲۲^{c}	۳۸^{c}	-۵^{b}	۳/۵^{a}
۷۵	۵۳^{cd}	-۷^{b}	۲۹^{b}	۳۰^{d}	-۳/۵^{c}	۳^{a}
۱۰۰	۴۸^{d}	-۳^{c}	۳۲^{a}	۲۹^{d}	-۳^{c}	۴^{a}

اعداد دارای حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد.

نان فاقد آرد سورگوم یا شاهد شد. همان‌طورکه بخش خصوصیات فیزیکوشیمیایی اشاره شد (شکل ۲ و ۳)، با افزایش درصد جایگزینی آرد سورگوم رطوبت و حجم نمونه‌هاکاهش یافت، لذا نمونه‌های حاوی مقادیر بالای آرد سورگوم از نظر طعم و احساس دهانی نسبت به نمونه‌های فاقد آرد سورگوم به جزء نمونه حاوی ۲۵ درصد آرد سورگوم، ضعیف‌تر و داری امتیاز پائین‌تری بودند.

جدول ۵- اثر جایگزینی آرد گندم با آرد سورگوم بر خصوصیات حسی نان قالبی ترکیبی

خصوصیات حسی	آرد سورگوم (درصد)				
	۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰
فرم و شکل ظاهری نان (وجود پارگی و حفره)	۴/۲^{a}	۳/۹^{a}	۳/۳^{b}	۲/۲^{c}	۱/۲^{d}
قابلیت جویدن	۴/۱^{a}	۴/۳^{a}	۳/۱^{b}	۱/۹^{c}	۱/۱^{d}
سفتی و نرمی بافت (خمیری بودن، ،سفت بودن)	۴/۲^{a}	۴/۲^{a}	۲/۹^{b}	۲^{c}	۱/۳^{d}
پوکی و تخلخل	۴/۶^{a}	۳/۹^{b}	۲/۵^{c}	۲^{d}	۱/۲^{e}
خصوصیات سطح زیرین (چین و چروک و رنگ)	۴/۴^{a}	۳/۹^{b}	۲/۹^{c}	۲/۲^{d}	۱/۱^{e}
خصوصیات سطح فوقانی (چین و چروک و رنگ)	۴/۵^{a}	۳/۸^{b}	۲/۵^{c}	۲/۱^{cd}	۱/۸^{d}
عطر و طعم و مزه	۴/۵^{a}	۴/۸^{a}	۳/۲^{b}	۲^{c}	۱/۵^{d}
پذیرش کلی	۴/۲۹^{a}	۴/۰۹^{a}	۲/۹^{b}	۲/۱^{c}	۱/۴^{d}

اعداد دارای حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

۴-نتیجه گیری کلی

با توجه به مشکلات اقتصادی و کمبود گندم در جهان و ایران، جایگزینی آرد گندم با آرد سایر غلات دارای اهمیت فراونی است. از این جهت مطالعات زیادی توسط محققان مختلف در این زمینه صورت گرفته است. با توجه به نتایج آزمون رئولوژیکی و کیفی این مطالعه می‌توان بیان کرد که استفاده از درصدهای بالای آرد سورگوم منجر به تضعیف خصوصیات رئولوژیکی خمیر گشته و منجر به کاهش کیفیت نهایی نان می‌شود. بنابراین نیاز است که از درصد خاصی از آرد سورگوم برای تولید نان ترکیبی استفاده کرد. با توجه به بررسی های صورت گرفته و نتایج این مطالعه مشخص گردید که نمونه‌های حاوی ۲۵ درصد آرد سورگوم از لحاظ بسیاری از خصوصیات مشابه نمونه شاهد بود و می‌توان از این درصد آرد سورگوم برای تولید مطلوب نان استفاده کرد (۱۳).

۵- منابع

1- AACC. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemist, 10th edition.

2- Abdelghafor, R. F., Mustafa, A. I., Ibrahim, A., M. H. and Krishnan, P. G. 2011. Quality of Bread from Composite Flour of Sorghum and Hard White Winter Wheat. Advance Journal of Food Science and Technology, 3(1), 9-15.

3- Awika, J. M. and Rooney, L. W. 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. Phytochemistry, 65, 1199-1221.

4- Banu, I., Stoenscu, G., Ionescu, V. S. and Aprodu, I. 2012. Effect of the addition of wheat bran stream on dough rheology. Food Technology, 36(1), 39-52.

5- Belton, P. S., Delgadillo, I., Halford, N. G. and Shewry, P. R. 2006. Kafirin structure and functionality.Journal of Cereal Science, 44(3), 272–286.

6- Damodaran, S. 2008. Amino acids, peptides and proteins. Food chemistry (4th ed. London: CRC) Press.1-30.

7- Dervas, G., Doxastakis, G., Hadjisavv-Zinoviadi, S. and Triantafllakos, N. 1999. Lupin flour addition to wheat flour doughs and effect on rheological properties.Food Chemistry, 66, 67-73.

8- Doxastakis, G., Zafiriadis, I., Irakli, M. and Tananaki, C. 2002. Lupin, soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on

rheological properties.Food Chemistry, 77, 219–227

9- Du, C. J. and Sun, D. 2004. Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation.Trends in Food Science and Technology, 15, 230–249.

10- Duodu, K. G., Taylor, J. R. N., Belton, P. S. and Hamaker, B. R. 2003. Factors affecting sorghum protein digestibility.Journal of Cereal Science, 38(2), 117–131.

11- FAO.2013. Food and Agriculture Organization. (2013). Production wheat-sorghum. Available from: http;//faostat.fao.org.

12- Gujral, H. S. and Pathak, A. 2002. Effect of composite flours and additives on the texture of chapati. Journal of Food Engineering, 55, 173–179.

13- Haboubi, N. Y., Taylor, S. and Jones, S. 2006. Coeliac disease and oats: a systematic review. Postgrad. Medicine Journal, 82, 672–678.

14- Keiko, I., Keitaro, S., Kanae, M. and Tomoya, O. 2011. Effects of Rice Properties on Bread Made from Cooked Rice and Wheat Flour Blend. Food Science and Technology Research, 17 (2), 121–128.

15- Liu, H., Eskin, N. A. M. and Cui, S. W. 2003. Interaction of wheat and rice starches with yellow mustard mucilage. Food Hydrocolloids, 17, 863, 869.

16- Mariotti, M., Lucisano, M. and Pagani, M. A. 2006. Development of a baking procedure for the production of oat-supplemented wheat bread. International Journal of Food Science and Technology, 41, 151–157.

17-Morad, M. M., Doherty, C.A. and Roone L.W. 1984.Effect of sorghum variety on baking properties ofU.S. conventional bread, Egyptian pita "Balady"bread and cookies Journal of Food Science, 49, 1070-1074.

18- Paraskevopoulou, A., Provatidou, E., Tsotsiou, D. and Kiosseoglou, V. 2010. Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. Food Research International, 43, 1009–1016.

19- Perten, H. H., Badi, S.M and Pierce, A. 1980. Study of the use of sorghum flour in baking. International Report No. 90. Food Research Center, Shambat, Sudan. 1, 138-146.

20- Phattanakulkaewmorie, M., Paseephol, T. and Moongngarm, A. 2011. Chemical Compositions and Physico-Chemical Properties of Malted Sorghum Flour and Characteristics of Gluten Free Bread.World Academy of Science.Engineering and Technology, 57,454-460.

21- Salim-ur-Rehman, A. M., Bhatti, I., Shafique, R., Mueen-ud-Din, G. and Murtaza,M. 2006. Effect of pearling on physico-chemical, rheological characteristics and phytate content of wheat-sorghum flour. Pakistan Journal of Botany, 38(3), 711–719

22- Shittu, T., A. Aminu, R. A. and Abulude, E. O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids, 23, 2254–2260.

23- Sroan, B. S., Bean, S. R. and MacRitchie, F. 2009. Mechanism of gas cell stabilization in bread making. I. The primary gluten-starch matrix. Journal of Cereal Science, 49(1), 32–40.

24- White, R. J., Abbas, I,.R. and Johnson, L.A. 1989. Freeze-thaw stability and refrigerated storage retro gradation of starches. Starch/Stärke, 41, 176-180.

25- Yaseen, A. A., Shouk, A. H. and Ramadan, M. T. 2010. Corn-Wheat Pan Bread Quality as Affected by Hydrocolloids. Journal of American Science, 6(10), 20-28.

26- Yousif, A., Nhepera, D. and Johnson, S. 2012. Influence of sorghum flour addition on flat bread in vitro starch digestibility, antioxidant capacity and consumer acceptability. Food Chemistry 134, 880–887.