

بررسی روش‌های پوست‌گیری سورگوم دانه‌ای و امکان استفاده از آرد سورگوم در تهیه نان

فرزاد غیبی*^۱، شادی بصیری^۱، مریم اثنی‌عشری^۲

^۱ عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

^۲ کارشناس علوم و صنایع غذایی، دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۵

چکیده

به منظور تعیین روش‌های استفاده از سورگوم دانه‌ای در صنایع غذایی، این پروژه با هدف دستیابی به روش‌های مناسب پوست‌گیری و تهیه آرد و بررسی تاثیر آرد سورگوم بر کیفیت خمیر و کیفیت حسی نان حاصل از آن، انجام شد. ابتدا با استفاده از دو روش مرطوب و خشک، پوست‌گیری انجام و درصد دانه‌های شکسته و خاکستر دانه، اندازه‌گیری شد. در مرحله دوم نیز مخلوط آرد سورگوم: گندم به نسبت‌های ۱۰:۹۰، ۱۵:۸۵، ۲۰:۸۰ و ۵۰:۵۰ تهیه و خصوصیات خمیرسنجی، آزمون پخت و خصوصیات حسی مورد نظر در قالب روش آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار ارزیابی گردید. نتیجه، نشان داد که پوست‌گیری به روش مرطوب به دلیل مخلوط شدن بیش از حد پوسته و بلغور سورگوم و کیفیت پایین آرد تولیدی، نمی‌تواند در تهیه آرد مناسب برای پخت نان استفاده شود. در روش خشک با توجه به مقدار خاکستر دانه و همچنین مقدار دانه‌های شکسته، استفاده از پوست‌گیر با استوانه عمودی مضرس با سیستم هوادهی و ۳۶۰ ثانیه فرآورش بهترین تیمار بود. بررسی نتایج حاکی از آن بود که از نظر خصوصیات خمیرسنجی و آزمون پخت استفاده از نسبت ۱۰:۹۰ درصد آرد سورگوم: گندم تغییر معنی-داری (سطح ۵ درصد) در کیفیت نان تولیدی ایجاد نمی‌نماید، ولی نسبت ۱۵:۸۵ به طور معنی‌داری باعث کاهش کیفیت نان تولیدی می‌شود. با توجه به امکان جایگزینی آرد سورگوم تا سطح ۱۰ درصد با آرد گندم و امکان بهبود کیفیت نان مخلوط در سطوح بالاتر با استفاده از افزودنی‌ها و یا اصلاح و بهینه‌سازی روش‌های تهیه خمیر، تولید نان با آرد مخلوط سورگوم به عنوان یک محصول جدید و به منظور ایجاد تنوع در نان و محصولات مشابه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سورگوم، آرد سورگوم، پوست‌گیری، نان.

۱- مقدمه

LDL/HDL می‌شود. همچنین می‌توان انواع ترکیبات فنلی با خواص آنتی‌اکسیدان را در سورگوم یافت (۲۲).

کیفیت محصولات پخت حاوی سورگوم در ارتباط مستقیم با میزان کل آمیلوز و میزان آمیلوز قابل حل دانه و همچنین محتوی پروتئین محلول می‌باشد (۶) و قدرت باد کردن نشاسته و قابلیت حل آن تاثیر بسیاری در کیفیت پخت سورگوم دارد (۲۲).

به منظور استفاده از سورگوم در تولید تریپلاس در مکزیک، دانه را به مدت کوتاهی در آب آهک جوشانده و در طی یک شب خیسانده شده و پس از شست و شو، آبگیری و هوادهی از محصول حاصل خمیر درست می‌شود (۱۹). در روش‌های سنتی نیز از خاکستر چوب به منظور کاهش تانن ارقام قهوه‌ای سورگوم استفاده می‌شد. موئیدی و تومکی در سال ۱۹۸۱ و موکور در سال ۱۹۹۲ استفاده از خاکستر را به منظور کاهش تانن دانه‌ی سورگوم گزارش نمودند (۱۳ و ۱۴).

به نقل از فائو در سال ۱۹۹۵، گزارش‌ها و تحقیقات اولیه‌ی فائو در سال ۱۹۶۴ در آزمایشگاهی در سنگال نشان داد که روش‌های مورد استفاده در پوست‌گیری و تولید آرد گندم در فرآوری سورگوم قابل استفاده نمی‌باشد. پرتن نیز در سال ۱۹۸۳ این موضوع را تایید نموده و اذعان داشت که آرد حاصل از این روش تیره و زبر و دارای خاکستر و چربی بالایی است (۱۰).

جیمز و نیامباتی در ۱۹۸۷ سورگوم سفید و قهوه‌ای را در پوست‌گیرهای سایشی تبدیل به دانه‌های مرواریدی سورگوم نموده و محصول تولیدی را به عنوان جایگزین برنج عرضه نمودند. نتیجه‌ی بررسی انجام گرفته، نشان داد که مشکل سیستم پوست‌گیرهای سایشی، عدم یکنواختی دانه‌های مرواریدی می‌باشد ولی پذیرش مصرف کنندگان خوب ارزیابی شد (۱۱).

مانک، بچ ناسن و اکستل در سال ۱۹۸۲ طرح پوست‌گیری مالشی را ارائه نمودند. در این روش، دانه با استفاده از مشروط کردن یکنواخت، نرم و ملایم شده و وارد یک مخزن حاوی گرداننده استیل می‌شود. پریکارپ دانه در اثر تماس با یکدیگر و دیواره‌ی مخزن از دانه جدا و مخلوط دانه‌ها و پوست در یک سیکلون تفکیک می‌شود (۱۶). سسیل نیز در سال ۱۹۹۲ گزارش نمود که با استفاده از مقدار آب بیش تر در مشروط کردن امکان پوست‌گیری از دانه‌ی سورگوم وجود دارد. وی این روش را روش نیمه‌مرطوب نامید (۷).

سورگوم، گیاهی از خانواده‌ی پواسه^۱ و از زیر خانواده‌ی آندروپوگون^۲ می‌باشد. انواع مختلف سورگوم بر اساس کاربرد آن‌ها عبارتند از: سورگوم دانه‌ای، سورگوم قندی، سورگوم علوفه‌ای، سورگوم جارویی، سورگوم مومی.

سورگوم دانه‌ای می‌تواند در مناطق گرم و خشک راندمان قابل اعتمادی داشته باشد. این گیاه در درجه حرارت‌های بالای ۴۰ درجه‌ی سانتیگراد و رطوبت نسبی ۳۰ درصد یا پایین‌تر به راحتی رشد داشته و به علت ریشه افشان آن قادر است از آب موجود در خاک، استفاده بیش تری نماید. یکی از خصوصیات بارز این گیاه، توانایی ریکاوری^۳ آن می‌باشد یعنی در اثر ایجاد خشکی در منطقه، گیاه آسیب ندیده و پس از رفع شرایط سخت قادر است به رشد طبیعی خود بازگردد (۱). با توجه به کاهش شدید ذخائر آبی و کم آب شدن بیش تر مناطق کشور، سورگوم می‌تواند به عنوان یک محصول استراتژیک مطرح شود.

اصلی‌ترین کربوهیدرات ذخیره‌ای دانه‌ی سورگوم، نشاسته می‌باشد که حاوی آمیلوپکتین و آمیلوز بوده و به طور متوسط ۶۹/۵ درصد دانه را شامل می‌شود (۱۱). در حدود ۸۰-۷۰ درصد از نشاسته‌ی سورگوم آمیلوپکتین و باقیمانده حدود ۳۰-۲۰ درصد آمیلوز می‌باشد (۱۸).

کیفیت و میزان پروتئین به عنوان دومین ترکیب مهم سورگوم دانه‌ای، تابع شرایط محیطی و فیزیکی بوده، کیفیت دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و بر اساس نوع رقم و شرایط اقلیمی کشت متفاوت می‌باشد (۵، ۲۳ و ۲۴). اجزای پروتئین سورگوم به شرح جدول ۱ می‌باشد:

جدول ۱- اجزای پروتئین سورگوم بر حسب درصد از کل پروتئین

اجزاء پروتئین	مقدار (%)	اجزاء پروتئین	مقدار (%)
البومین و گلوبولین	۱۷/۴	گلوئلین لینک	۴
پرولامین	۶/۴	گلوئلین	۳۵/۷
کراسلینک پرولامین	۱۸/۸	سایر پروتئین‌ها	۱۰/۶

سورگوم، حاوی واکس و الکل‌های سنگین (C ۲۸-۲۴) می‌باشد که باعث کاهش مقدار کلسترول و بهبود نسبت

1- Poaceae
2- Andropogone
3- recovery

پوست‌گیری به دو روش مرطوب و خشک، انجام شد. در پوست‌گیری دانه‌ی سورگوم به روش مرطوب دانه پس از شست و شو با آب، با آهک به میزان ۷۵٪ وزن دانه مخلوط و در آب ۹۰ درجه‌ی سانتیگراد به مدت ۱۵۰۰ ثانیه با حالت جوش و ۹۰۰ ثانیه در آب ۸۰ درجه‌ی سانتیگراد به حالت نیمه جوش قرار داده شد. پس از آبکشی و هواده‌ی در آب سرد غوطه‌ور و با کمک الک و مالش دادن پوست دانه، جدا شد (۱۷ و ۲۰). در پوست‌گیری به روش خشک از یک استوانه با دیواره‌ی داخلی مضرص استفاده شد. قسمت زیرین استوانه با یک توری با مش ۱۰ که متناسب با اندازه دانه‌های سورگوم بود (حدود ۲/۵ تا ۳/۵ میلی‌متر)، بسته شد. با گردش و سایش دانه‌ها با دیواره‌ی استوانه، دانه خراشیده شده و پوست و جوانه از آندوسپرم جدا شد. بر حسب کیفیت دانه، اندازه‌ی دانه، میزان چسبندگی پوسته به آندوسپرم و نسبت پوسته به آندوسپرم مدت زمان لازم به منظور مروریدی شدن دانه، متفاوت می‌باشد. در این روش، دانه‌ها پس از شست و شوی وارد استوانه شده عمل پوست‌گیری انجام شد. برای تعیین مناسب‌ترین زمان در این فرایند در زمان‌های ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۴۸۰ و ۶۰۰ ثانیه از دانه‌ها نمونه‌برداری و میزان دانه‌های شکسته و خاکستر نمونه‌ها اندازه‌گیری و به درصد بیان شد. ملاک انتخاب زمان مناسب فرآیند، کمینه‌ی مقدار دانه‌های شکسته به منظور کاهش ضایعات در زمان پوست‌گیری و کمینه‌ی مقدار خاکستر به منظور رسیدن به بیش‌ترین مقدار پوست‌گیری (مقدار خاکستر با مقدار آندوسپرم رابطه‌ی مستقیم دارد)، می‌باشد.

برای انجام آزمون پخت، مواد اولیه شامل آرد (با مشخصات جدول ۲)، خمیرمایه از کارخانه خمیرمایه ایران ملاس، شکر، نمک و آب تهیه گردید.

جهت تهیه‌ی آرد سورگوم از دانه‌های سورگوم پوست‌گیری در مرحله‌ی اول با استفاده از آسیاب غلتکی برابندر با اندازه‌ی ذرات آرد مش ۸۰ استفاده شد. آرد حاصل به نسبت ۱۰:۹۰، ۱۵:۸۵، ۲۰:۸۰ و ۵۰:۵۰ (آرد سورگوم: آرد گندم) ترکیب و خصوصیات خمیرسنجی با استفاده از روش استاندارد شماره‌ی ۲۱-۵۴ از موسسه‌ی AACC (۲۰۰۰) با دستگاه فارینوگراف برابندر و آزمون پخت براساس روش شماره‌ی ۱۱-۱۰ موسسه AACC (۲۰۰۰) انجام گرفت. خصوصیات حسی نمونه‌های حاصل از پخت با استفاده از روش تست پانل تحت آزمون هدونیک با پنج سطح ارزیابی به کمک ۵ داور مورد ارزیابی قرار گرفت (۴).

آرد تهیه شده از دانه‌ی سورگوم می‌تواند به اشکال مختلف خانگی یا صنعتی استفاده شود. از آرد سورگوم در تولید نان بدون گلوتن استفاده می‌شود. در این نوع فرآیند، خمیر حاصل با استفاده از خمیر ترش فرآوری و کیفیت طعم و بافت محصول بهبود یافته و محصول با کیفیت مناسب برای مصرف تولید می‌شود. یکی از محصولات اصلی که از سورگوم دانه‌ای تولید می‌شود انواع نان-های ترتیلاس، روتی و چاپاتی می‌باشد. ترتیلاس، نان مکزیکی است که در واقع با استفاده از ذرت تولید می‌شود ولی استفاده از ۱۵ درصد آرد سورگوم، باعث بهبود کیفیت ترتیلاس می‌گردد (۸).

زللی و سوتر (۱۹۷۷) از انواع سورگوم‌ها به منظور تولید ترتیلاس استفاده نمودند. در این مطالعه، ترتیلاس تولیدی از منشاء سورگوم با انواع تولید شده از ذرت با استفاده از آزمون کشش در یک دستگاه اینستران مقایسه شد. نتیجه، نشان داد که با تغییر زمان فرآوری، دما و فرمولاسیون، ترتیلاس تولیدی دارای کیفیت مشابهی بود. بررسی بافت ترتیلاس تولیدی از سورگوم، نشان داد که بافت، خصوصیت دانه‌ای و رنگ تیره دارد. با وجود خاصیت کشسانی بالاتر ترتیلاس تولیدی از سورگوم و ارزش پروتئینی آن، بررسی چسبایی ترتیلاس تولیدی از آرد سورگوم و ذرت تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (۱۹).

تیلور و همکاران در سال ۲۰۰۶ (به نقل از اولتونجی در سال ۱۹۹۲) گزارش نمود که می‌توان از سورگوم برای تولید نان بدون گلوتن استفاده نمود. با وجود کیفیت قابل قبول نان تولیدی، حجم مخصوص حدود ۲/۵-۱/۸ سانتی‌متر مکعب در هر گرم بود که نسبت به نان گندم بسیار کم می‌باشد (۲۲).

با توجه به اهمیت توسعه‌ی روش‌های جدید فرآوری و مصرف دانه‌ی سورگوم در کشور، این طرح به منظور یافتن روش صحیح پوست‌گیری و تعیین مقدار مناسب آرد سورگوم در فرمول نان حجیم با حفظ کیفیت نان تولیدی اجرا شد.

۲- مواد و روش‌ها

سورگوم مورد استفاده از نوع سفید با مقدار پروتئین ۵/۵ درصد در ماده‌ی خشک از بین لاین‌های تحت آزمایش به‌نژادی مشهد با نام M6 (لاین خالص) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انتخاب شد.

جدول ۲- ویژگی‌های آرد گندم مصرفی

نوع ستاره	درصد استخراج	پروتئین	جذب آب	زمان رسیدن به خط ۵۰۰ برابندر	زمان گسترش خمیر	زمان انحراف ^۱ (min)	شاخص تحمل خمیر به مخلوط کردن	عدد والریمتری
	۱۹	۹/۴۱	۵۸/۰۵	۱/۱	۲/۵	۷	۵۱/۳۰	۴۴/۵

جدول ۳- میانگین درصد دانه‌های شکسته و درصد خاکستر دانه در زمان‌های مختلف پوست‌گیری

زمان پوست‌گیری (ثانیه)						شاخص ارزیابی
۶۰۰	۴۸۰	۳۶۰	۲۴۰	۱۲۰	شاهد	
۱۸/۰۰۰ a	۹/۶۶۷ b	۲/۶۶۷ c	۱/۰۰۰ cd	۰/۳۳۳ d	۰/۰۰۰ d	درصد دانه شکسته
۱/۷۴۵ d	۱/۸۴۳ d	۱/۹۳۰ cd	۲/۰۱۰ c	۲/۱۷۰ b	۲/۸۰۳ a	درصد خاکستر

در هر ردیف اعداد دارای حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- نتایج بررسی خصوصیات خمیرسنجی نمونه‌های آرد مخلوط گندم و سورگوم

تیمار	جذب آب (درصد)	زمان رسیدن به خط ۵۰۰ (دقیقه)	زمان مخلوط کردن (دقیقه)	شاخص تحمل به زمان انحراف مخلوط کردن (دقیقه)	استحکام خمیر	والریمتری
آرد شاهد	۵۷/۶۵۰ a	۱ a	۱/۷۷۰ b	۵۵/۱ b	۶/۸ a	۴۳/۰ a
۱۰٪ آرد سورگوم	۵۶/۱۰۰ b	۱ a	۱/۹۷۵ a	۶۱/۶۵۰ a	۶/۳ a	۴۰/۰ b
۱۵٪ آرد سورگوم	۵۵/۳۰۰ c	۰/۷۲ b	۱/۱۵۰ c	۶۰/۶۰۰ a	۵/۷ ab	۳۵/۹۰ b
۲۰٪ آرد سورگوم	۵۴/۱۰۰ d	۰/۷۰ b	۰/۷۲۵ d	۵۷/۸۰۰ a	۵/۹ b	۴۰/۰ b

در هر ستون، اعداد دارای حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- میانگین نتایج اثر مقدار آرد سورگوم بر خصوصیات حسی نان‌های حاصل

تیمار	بو	طعم	بافت	ظاهر عمومی	رنگ
آرد شاهد	۱/۴ a	۱/۲ a	۱/۴ a	۱/۶ a	۱/۴ a
۱۰٪ آرد سورگوم	۱/۲ a	۱ ab	۰/۸ ab	۱/۲ ab	۱/۲ a
۱۵٪ آرد سورگوم	۱ a	۰/۸ ab	۰/۶ b	۰/۲ bc	۰/۸ ab
۲۰٪ آرد سورگوم	۰/۸ a	۰/۴ b	-۰/۴ c	-۰/۴ c	۰/۶ b

در هر ستون، اعداد دارای حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

دلیل وزن و اندازه آنها در کلش خروجی رو به ازدیاد گذاشت و این به معنی افزایش ضایعات پوست‌گیری می‌باشد. براساس نتایج جدول ۳، با توجه به افزایش درصد شکستگی دانه در حین پوست‌گیری در زمان ۴۸۰ ثانیه، به نظر می‌رسد ۳۶۰ ثانیه فرآوری مناسب‌ترین زمان برای پوست‌گیری باشد.

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بین درصد خاکستر نمونه‌ی سورگوم با ۳۶۰ ثانیه فرآوری و سورگوم با ۴۸۰ ثانیه فرآوری در سطح معنی‌داری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین، ادامه‌ی فرآیند بعد از ۳۶۰ ثانیه تاثیری در کاهش میزان خاکستر دانه ندارد. خاکستر شاخص میزان پوست دانه بوده و با کاهش مقدار پوست، مقدار خاکستر نیز کاهش می‌یابد. پوست‌گیری به روش خشک با توجه به جداسازی پوسته از ذرات دانه و به حداقل رساندن امکان ادغام مواد موجود در پوسته مانند تانن و تولید دانه‌های مرواریدی روش مناسبی برای تولید آرد به نظر می‌رسد. با توجه به حفظ شکل اولیه‌ی دانه و قابلیت مصرف دانه‌ی مرواریدی در مواردی غیر از نان و استفاده مستقیم از آن، استفاده از این روش دارای مزیت بالایی است. جیمز و نیاماتی نیز با وجودی که شرایط پوست‌گیری و زمان مورد نیاز برای جداکردن پوست از دانه را گزارش نمودند ولی نتیجه حاصل از روش مورد استفاده را خوب ارزیابی نمودند که با نتایج حاصل در این بخش مطابقت دارد.

مخلوط‌های تهیه شده از آرد سورگوم و آرد گندم در دو آزمون خمیرسنجی برای آرد و آزمون حسی برای نمونه‌های حاصل از پخت آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در آزمون خمیرسنجی شاخص‌های جذب آب آرد، زمان مخلوط کردن، شاخص تحمل به مخلوط کردن، استحکام خمیر و والریمتری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

براساس نتایج جدول ۴ جذب آب آرد با افزایش درصد آرد سورگوم به طور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) کاهش یافت ولی افزایش ۱۰ درصد آرد سورگوم تغییری در زمان رسیدن به خط ۵۰۰ ایجاد نکرد. زمان رسیدن به خط ۵۰۰ شاخصی برای ارزیابی مدت زمان جذب آب آرد (هیدراتاسیون آرد) می‌باشد (۴). با توجه به ماهیت نشاسته‌ای آرد سورگوم این زمان در مخلوط‌هایی با مقادیر بیش تر سورگوم کاهش معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) دارد.

در مرحله‌ی اول نتایج میزان دانه‌ی شکسته و خاکستر دانه‌های پوست‌گیری شده حاصل از تیمار زمان پوست‌گیری در ۵ سطح با استفاده از روش آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج خمیرسنجی آرد (۳ تکرار) و تست پانل نان (۵ پانلیست) حاصل مخلوط آرد سورگوم و آرد گندم (۳ تیمار و یک شاهد) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین نتایج با استفاده از آزمون مقایسه‌ی میانگین دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد مقایسه شد. به منظور مدیریت و تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزار MSTATC ویرایش ۱/۴۲ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

پوست‌گیری از دانه‌ی سورگوم به روش مرطوب: در این روش، کیفیت ظاهری مخلوط حاصل به دلیل مخلوط شدن مقداری از پوسته‌ها پایین بود. زمان فرآیند طولانی بوده و نیاز به نیروی کار زیادی داشت. نتایج حاصل از این مرحله به دلیل مخلوط شدن بیش از حد پوسته و بلغور سورگوم و همچنین به دلیل غیر یکنواخت بودن دانه‌ها از نظر جدا شدن پوسته از آندوسپرم حاصل قابل بررسی نبود. با توجه به این نتیجه در صورت استفاده از این روش برای پوست‌گیری از دانه‌های رنگی، احتمال ادغام مواد رنگی پوست، تغییر رنگ خمیر حاصل و وجود تانن در مخلوط وجود دارد. به همین دلیل در صورت ادامه‌ی فرآیند تولید آرد از مخلوط حاصل و استفاده از فرآیند خشک کردن مخلوط حاصل با توجه به وجود پوسته، مواد رنگی و تانن، آرد تولیدی نمی‌تواند کیفیت مناسبی برای تولید نان داشته باشد. به نظر می‌رسد این روش در تولید مخلوط‌های نیمه جامد و یا استفاده از محصول به دست آمده در فرآیند‌های تکمیلی مانند شربت نشاسته و موارد مشابه، کاربرد داشته باشد.

پوست‌گیری از دانه‌ی سورگوم به روش خشک: با توجه به شکل خاص دانه‌ی سورگوم و عملکرد سیستم‌های غلطکی مربوط به تولید آرد گندم روش مناسب‌تری که در پوست‌گیری جو متداول بود، به کار گرفته شد. نتایج حاصل از آزمایش خاکستر دانه و درصد دانه‌های شکسته در جدول ۳ آورده شده است.

با گذشت زمان از ابتدای فرایند پوست‌گیری و ایجاد دانه‌های مرواریدی شده، درصد دانه‌های شکسته افزایش یافت و با کوچک شدن دانه‌ها و خرد شدن آنها، به مرور مقدار ذرات آندوسپرم به

بیش تری داشته و زنجیرهای پروتئینی مربوطه نیز به آسانی بدون مقاومت در بین شبکه حرکت می‌نماید و سریع تر از معمول نیز دچار پارگی شده و از هم گسیخته می‌شوند (۱۵، ۱۸ و ۲۱).

آزمون پخت نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون حسی، انجام شد. نتایج حاصل از بررسی خصوصیات حسی نان‌های حاصل از پخت نمونه‌ها به شرح جدول ۵ می‌باشد.

نتایج آزمون حسی نشان داد که افزودن آرد سورگوم به فرمولاسیون نان تاثیر معنی داری در خصوصیت بو نشان نداد.

خصوصیت طعم نان‌های تولیدی با وجود تغییر در فرمولاسیون تغییر زیادی نداشت و علی‌رغم تغییر طعم نان، طعم جدید حاصل از افزودن سورگوم مقبولیت داشته و در نهایت با طعم نمونه‌ی شاهد رقابت داشت. این موضوع از نظر ارزیابان نیز تأیید گردید و در بیان توضیحات خود اظهار داشتند که طعمی مانند برنج احساس می‌شود. با توجه به وجود محصولاتی با طعم متفاوت با نان گندم و پذیرش عمومی خوب مانند نان جو، یولاف، چاودار و انواع نان‌های غیر گندم، علاوه بر اهمیت مشابه بودن نان شاهد با نان تولیدی با آرد مخلوط گندم و ۱۰ درصد سورگوم، تغییر

خصوصیات حسی حاصل از افزایش سطح سورگوم و ایجاد نان با خصوصیت جدید با مقبولیت خوب نیز دارای اهمیت می‌باشد. موضوع قابل ذکر، نظر داوران در خصوص بافت نان می‌باشد. همان گونه که در نتایج ملاحظه می‌شود، کیفیت بافت نان با افزایش میزان آرد سورگوم نمرات پایین تری را به خود اختصاص داده است. هرچند اختلاف نمرات سطوح شاهد و ۱۰٪ و اختلاف سطوح ۱۰ و ۱۵٪ معنی دار نمی‌باشد. با وجود این، امکان دارد که امتیاز پایین تر به دلیل اندازه‌ی ذرات آرد تهیه شده باشد.

(درخصوص نمونه‌هایی با درصد آرد سورگوم بالا، بیش تر از وجود ذرات آرد زبر در دهان خود شکایت وجود داشت). این نتیجه، توسط تیلور (۲۰۰۶) نیز گزارش شده است و موضوع عدم پذیرش بافت نان سورگوم با درصد بالا توسط مصرف کننده تأیید شده است (۱۸). همچنین بر اساس همین گزارش، نشاسته موجود در سورگوم در زمان و دمای بالا ژلاتینه می‌شود. این مطلب می‌تواند تأییدی بر وجود دانه‌های نشاسته‌ای ژلاتینه نشده و وجود ذرات شنی در نان تولیدی باشد.

کاهش مقدار جذب آب به احتمال زیاد مربوط به کاهش درصد پروتئین مخلوط مورد ارزیابی می‌باشد. این کاهش درصد گلوتن و افزایش درصد نشاسته‌ی ترکیب تولید نان، باعث بروز

زمان مخلوط کردن، نشان از مدت زمان لازم برای گسترش خمیر و شکل گیری نهایی آن دارد (۴). یکی از دلایل اصلی کاهش زمان مخلوط کردن در نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر آرد سورگوم، عدم یکنواختی آرد مخلوط و مقدار زیاد آرد سورگوم و در نتیجه تضعیف بافت اولیه شده و با زمان‌های کوتاه هم‌زدن به بیش ترین میزان گسترش رسیده است ولی برای افزایش زمان مخلوط کردن در سطح ۱۰ درصد آرد سورگوم توضیحی به نظر نمی‌رسد.

شاخص تحمل به مخلوط کردن، یک شاخص برای میزان نرم شدگی در حین مخلوط کردن و شاخص زمان انحراف، شاخصی از قوام خمیر در حین فرآوری (زمان انحراف بالاتر نشان از قوام بیش تر است). می‌باشد (۴). افزایش مقدار آرد سورگوم، موجب نرم شدن سریع تر خمیر و کاهش قوام خمیر در حین هم‌زدن شد.

استحکام خمیر، مدت زمان حفظ قوام خمیر را نشان می‌دهد. این صفت شاخص خوبی برای قدرت خمیر می‌باشد (۴) که افزایش مقدار آرد سورگوم تا سطح ۱۵ درصد تأثیری در استحکام خمیر نداشت. نتیجه‌گیری حاصل از بررسی شاخص‌های مختلف خمیرسنجی نشان می‌دهد که با افزودن آرد سورگوم خمیر ضعیف شده و مقاومت خمیر نسبت مخلوط کردن کاهش می‌یابد ولی در سطح ۱۰ درصد کم ترین تغییر مشاهده می‌شود.

همان گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود منحنی‌های خمیرسنجی در چهار نمونه‌ی شاهد، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪ آرد سورگوم تفاوت زیادی با هم نداشت ولی در نمونه حاوی ۴۵٪ آرد سورگوم به دلیل افزایش بیش از حد آرد سورگوم در فرمولاسیون و از بین رفتن بافت اصلی خمیر، امکان تشکیل شبکه‌ی گلوآنی و زنجیرهای به هم پیوسته پروتئینی فراهم نشده و موجب افت کیفیت خمیرسنجی می‌شود. احتمال دارد به دلیل وجود بستر بسیار سیال ایجاد شده، مقاومت در مقابل کشش زنجیرهای پروتئینی کاهش یابد (۳ و ۲۱). این پدیده در تولید نوع نان تریلاس ضروری می‌باشد ولی برای تولید نان حجیم مناسب نمی‌باشد (۱۵).

نتایج خمیرسنجی در جدول ۴ نشان می‌دهد که زمان رسیدن خمیر با افزایش میزان آرد سورگوم، کاهش یافت و این موضوع نشان‌دهنده‌ی جذب سریع آب و تشکیل خمیر می‌باشد که بیش تر به دلیل حلالیت بالاتر مواد تشکیل دهنده‌ی آرد سورگوم می‌باشد. به همین دلیل نیز بستر تشکیل شده در شبکه‌ی گلوآنی، سیالیت

۳. غیبی، فرزاد؛ کریمی، مهدی. ۱۳۷۶. گندم، آرد، نان: بررسی مسایل و علل ضایعات نان در استان خراسان. مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان. نشریه‌ی شماره‌ی ۷۶/۱۱۴ مورخه‌ی ۷۶/۴/۳ مرکز اطلاعات علمی کشاورزی.

4. AACC International. 2000. Approved Methods of the AACC, 10th ed. Method 54-21.1, Rheological Behavior of Flour by Farinograph: Constant Dough Weight Procedure; Method 10-11, 10-11.01. Baking Quality of Bread Flour and Sponge-Dough, Pound-Loaf Method. AACC International, St. Paul, MN.
5. Burlison, C.A., Griffith, J.E. and Kirelis, A.W. 1982. Modified adhesion test for measuring stickiness of sorghum porridges. *Cereal Chem.* 59:234-235.
6. Cagampang, G.B. and Kirleis, A.W. 1984. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurement for grain quality. *Cereal Chem.* 61:100-15.
7. Cecil, J.E. 1986. Roller milling of sorghum and millet grain using a semi-wet process. Londres, Tropical Development Research Institute. 25 p
8. Choto, C.E., Morrad, M.M. & Rooney, L.W. 1985 The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize, *Cereal Chem.* 62: 51-55.
9. Dohetry, C., Faubion, J.M. and Rooney, L.W. 1982. Semi automated determination of phytate in sorghum and sorghum products. *Cereal Chem.* 59:373-378.
10. FAO. 1995. Sorghum and millets in human nutrition (FAO Food and Nutrition Series, No. 27). Rome.
11. James, A.W. & Nyambati, G.M. 1987. New food uses for sorghum in Kenya. *Approp. Technol.*, 14: 24-26.
12. Leach, H.W. 1965. Gelatinization of starch. In R.L. Whistler & E.F. Paschall, eds. Starch: chemistry and technology. Vol. 1, Fundamental aspects p.289. New York, Academic Press.
13. Muindi, P.J. & Thomke, S., 1981. The nutritive value for rats of high- and low- tannin sorghums treated with Magadi Soda. *J. Sci. Food Agric.* 32, 139-145.
14. Mukuru, S.Z., 1992. Traditional technologies in small grain processing. In: Utilisation of sorghum and millets. Eds. Gomez, M.I., House, L.R., Rooney, L.W. & Dendy, D.A.V., International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India. pp. 47-56.
15. Murty, D.S., Patil, H.d. and Subramanian, V. 1982. Sorghum roti. 1. Traditional methods of consumption and standard procedures for evaluation. In L.W. Rooney & D.S. Murty, éd.

حالت خشکی و شکنندگی در بافت نان شده و احتمال زودرس شدن بیاتی وجود دارد (۱۱). البته از نظر داوران آزمون حسی این موضوع تا سطح ۱۰ درصد قابل اغماض بود و پیش بینی می‌شود بدون استفاده از مواد افزودنی می‌توان با کنترل فرآیند تولید آرد و فرآیند تولید خمیر تا سطح ۱۵٪ نیز استفاده نمود.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به پتانسیل بالقوه‌ی سورگوم در رشد در مناطق خشک، می‌توان با توسعه روش‌های فرآوری، امکان ترویج و توسعه کشت آن را فراهم نمود. نتیجه بررسی‌های انجام شده نشان داد که روش مرطوب پوست‌گیری دانه به منظور تولید آرد برای تولید نان حجیم مناسب نمی‌باشد. ارزیابی روش خشک پوست‌گیری نشان داد که با استفاده از این روش می‌توان دانه‌ی سورگوم را پوست‌گیری نموده و دانه‌ی مرواریدی تولید نمود. چنان‌که ۳۶۰ ثانیه فرآوری کم‌ترین مقدار خاکستر دانه‌ی پوست‌گیری شده را نشان می‌دهد و فرآوری بیش از این مقدار تاثیری در مقدار خاکستر نخواهد داشت و همچنین باعث افزایش شکستگی دانه خواهد شد. دانه‌ی پوست‌گیری شده پس از هم‌اندازه شدن با ذرات آرد گندم در فرمول پخت نان استفاده شد. بررسی نتایج خمیرسنجی و آزمون چشایی نشان داد که تا سطح ۱۰ درصد جایگزینی با آرد گندم می‌توان بدون تغییر معنی‌دار در خصوصیات حسی، از آرد سورگوم استفاده نمود. با توجه به طعم نان حاوی سورگوم و خصوصیات دانه چنین به نظر می‌آید که می‌توان از این محصول به منظور ایجاد تنوع و تولید محصولات جایگزین گندم، استفاده نمود.

۵- سپاس‌گزاری

از موسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی که هزینه و امکانات اجرای پروژه را تامین نمودند، سپاس‌گزاری می‌شود.

۶- منابع

۱. خدابنده، ناصر. ۱۳۶۹. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۲۵۵-۳۲۰
۲. صادقی فروشانی، محمد رضا. ۱۳۷۰. بازار جهانی گندم. موسسه‌ی مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

- Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-31 October 1981, p: 73-78. Patancheru, Inde, ICRISAT.*
16. Munck, L., Bach Knudsen, K.E. & Axtell, J.D. 1982. Milling processes and products as related to kernel morphology. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality, Hyderabad, Inde, 28-31 octobre 1981, p. 200-210. Patancheru, Inde. ICRISAT.*
 17. Perten, H. 1977. Specific characteristics of millet and sorghum milling. In D.A.V. Dendy, ed. *Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food, Vienne, 11 12 mai 1976, p. 47-51. Londres, Institut des produits tropicaux.*
 18. Pomeranz, Y. 1985. *Advances in cereal science and technology*. Vol. (II). American Association of Cereal Chemists, Inc.
 19. Rizley, N.F. & Suter, D.A. 1977. *Sorghum tortillas: process and product attributes. J. Food Sci. 42: 1435-1438.*
 20. Singh, R. and Axtell, J.D. 1973. Survey of world sorghum collection for opaque and survey lines. In *Inheritance and improvement of protein quality and content in sorghum. No. 10 Research Progress Report No. 10, p. 1.18. Lafayette, Indiana, Etats- Unis, Department of Agronomy, Agricultural Experiment Station Purdue University; Washington DC, Etats-Unis, Agence pour le development international.*
 21. Subramaian, V. and Jambunathan, R. 1982. Properties of sorghum grain and their relationship to roti quality. In L.W. Rooney & D.S. Murty, des. *Proceedings at the International Symposium on Sorghum Grain Quality.*
 22. Taylor, J. R.N., Tilman J.S. and Scott R. B. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Ceral Science 44: 252-271.*
 23. Waggle, D. H. and Deyoe, C.W. 1966. Relationship between protein level and amino acid composition of sorghum grain. *Feedsstuffs 38: 1819.*
 24. Waggle, D. H., Deyoe, C.W. and Smith, F. W. 1967. Effect of nitrogen fertilization on the amino acid composition and distribution in sorghum grain. *Crop Sci., 7: 367-368.*