مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

ارزیابی ویژگی‌های رئولوژیکی خمیر و خصوصیات کمی و کیفی نان بربری نیمه حجیم حاوی آرد ارزن

هادی رفیع[۱]، مهدی قیافه داودی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی، گروه علوم وصنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران

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

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۹ /۰۵/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۲۲

کلمات کلیدی:

نان بربری،

آرد ارزن،

صمغ گوار،

صمغ گزانتان،

خصوصیات فارینوگرافی.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.16

* مسئول مکاتبات:

mehdidavoodi@yahoo.com

چکیده

تولید نان‌های ترکیبی علاوه بر کاهش وابستگی به گندم، سبب بهبود ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی و ایجاد تنوع در سبد غذایی مصرف‌کننده خواهد شد. از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر جایگزینی آرد ارزن در سطوح ۱۰، ۲۰ و۳۰ درصد با آرد گندم در حضور نسبت‌های مختلف صمغ‌های گوار- گزانتان (به ترتیب ۰/۳-۰/۱، ۰/۶-۰/۱۵ و ۰/۹-۰/۲ درصد) بر خصوصیات رئولوژیکی خمیر و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های نان بربری نیمه حجیم در یک طرح فاکتوریل با آرایش کاملاً تصادفی بود (P<۰/۰۵). نتایج آزمون فارینوگرافی خمیر نشان داد میزان جذب آب آرد، زمان توسعه، زمان پایداری و ارزش والوریمتری خمیر با افزایش میزان آرد ارزن در فرمولاسیون کاهش و با افزایش میزان صمغ‌های گوار و گزانتان افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که میزان رطوبت و حجم مخصوص محصول با افزایش میزان آرد ارزن و ترکیب دو صمغ در فرمولاسیون، به ترتیب میزان کاهش و افزایش یافت. این در حالی بود که با افزایش میزان آرد ارزن، بر میزان فعالیت آبی و سفتی بافت (طی دو بازه زمانی ۲ ساعت و ۳ روز پس از پخت) افزوده شد، درحالیکه با افزایش میزان صمغ‌های مصرفی میزان این پارامترهای کیفی کاهش یافت. نتایج ارزیابی رنگ پوسته نیز گویای آن بود که با افزایش میزان آرد ارزن، میزان مؤلفه‌های L* و b* پوسته کاهش و بر میزان مؤلفه a* افزوده شد. این در حالی بود که با افزایش میزان صمغ‌های مصرفی، میزان مؤلفه‌های L* و a* افزایش یافت، اما تغییری در میزان مؤلفه b* پوسته محصول مشاهده نگردید. در بخش ارزیابی حسی نیز داوران چشایی نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن در حضور ۰/۹ درصد صمغ گوار و ۰/۲ درصد صمغ گزانتان را به‌عنوان بهترین نمونه معرفی نمودند. بنابراین می‌توان با افزودن سطح مناسب از دانه غله‌ی بدون گلوتن ارزن به فرمولاسیون نان علاوه بر ایجاد تنوع در سبد غذایی، ارزش تغذیه‌ای آن را نیز بهبود بخشید.

۱- مقدمه

افزایش سطح آگاهی مردم نسبت به ویژگی‌های کیفی مواد غذایی و مصرف محصولات غنی شده حاوی انواع ریزمغذی‌ها، سبب بالا رفتن انتظار برای بهبود کیفیت محصولات غذایی و لزوم بهبود فرمولاسیون مواد غذایی، ارتقاء خطوط تولید و سیستم‌های نظارتی شده است. از این‌رو در کشاورزی و تأمین غذا، ایجاد تنوع در کشت و تولید امری اجتناب ناپذیر است. همچنین با توجه به این مسئله که قوت غالب مردم جامعه را محصولات نانوایی تشکیل می‌دهد غنی‌سازی این دسته از مواد غذایی توسط محققان صنعت غذا اهمیتی دوچندان دارد. پایه اصلی محصولات صنایع پخت را آرد گندم تشکیل می‌دهد که اگر بتوان بخشی از این آرد را با آرد سایر غلات که به لحاظ ارزش تغذیه‌ای غنی‌تر هستند، جایگزین نمود، محصولی با کیفیت تغذیه‌ای مطلوب‌تر تولید می‌گردد که از میزان وابستگی به آرد گندم نیز خواهد کاست [۱]. به‌طور کلی در فرمولاسیون نان‌های ترکیبی بخشی از آرد گندم موجود در فرمولاسیون با آرد سایر غلات، شبه غلات و حتی حبوبات جایگزین می‌گردد. تولید این دسته از محصولات از جنبه‌های مختلفی حائز اهمیت می‌باشد. اول آنکه یکی از سیاست‌های دولت‌ها ایجاد امنیت غذایی پایدار است که به این منظور در امر کشاورزی و تأمین غذا ایجاد تنوع کشت و تنوع تولید، یک اصل اجتناب ناپذیر است، وابستگی به یک محصول واحد نظیر گندم و محصولات حاصل از آن عامل تهدیدکننده جدی در امر امنیت غذایی پایدار می‌باشد که با توجه به محدودیت منابع تولید در کشاورزی (اعم از آب، خاک و سایر نهاده‌ها) همواره در معرض تهدید قرار دارد. کشاورزی پایدار ایجاب می‌کند که در تولید محصولات کشاورزی یک جانبه و تک محصول عمل نگردد. از سوی دیگر به‌طور معمول این منابع جایگزین دارای ارزش غذایی بالایی نیز می‌باشند [۲]. یکی از این منابع جایگزین، ارزن می‌باشد. آرد ارزن اگر چه فاقدپروتئین گلوتن است، اما از نظر ارزش غذایی در مقایسه با سایر دانه‌های غلات منبع غنی از پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی می‌باشد [۳]. علاوه بر آن سرشار از فیبرهای رژیمی، مواد فیتوشیمیایی و ریزمغذی‌ها است که از بروز سنگ کیسه صفرا در خانم‌ها به دلیل کاهش مقدار استروژن، جلوگیری می‌کند [٤]. هضم ارزن خیلی آسان است و با توجه به اینکه سرعت هضم آن کم است باعث ایجاد سیری می‌شود و از پرخوری و اضافه وزن جلوگیری می‌کند [۵]. علاوه بر این ارزن دارای مقادیر زیادی فسفر به شکل لستین است که برای نگهداری ساختمان سلولی بدن و تشکیل شبکه استخوان و سیستم عصبی بسیار مفید می‌باشد. همچنین ارزن غنی از ویتامین‌های گروه B، به خصوص نیاسین (B_3)، پیرودوکسین (B_6) و اسید فولیک (B_9) و مواد معدنی مانند کلسیم، آهن، پتاسیم، منیزیم و روی است [٦]. لیگان‌ها و لوتئونین فیتونوترینت‌های ضروری در ارزن هستند که در واقع یک نوع فیتواستروژن است که به‌عنوان آنتی‌اکسیدان عمل کرده و به کاهش ناراحتی‌های قلبی عروقی مانند فشار خون و کلسترول بالا کمک می‌کند. مصرف منظم آن به دلیل داشتن منیزیم که به‌عنوان کوفاکتور برای تعدادی از واکنش‌های آنزیمی عمل می‌کند، باعث تنظیم ترشح گلوکز و انسولین می‌شود و کاهش خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ تعداد حملات میگرنی را به دنبال دارد [۲ و ۵]. همچنین این غله ضمن ارزش تغذیه‌ای بالا کمترین مقدار مواد آلرژی‌زا و بیشترین مقدار هضم‌پذیری را در بین غلات داراست [۷]. با تمام مزایای ارزن، اما این غله فاقد گلوتن بوده و برای جایگزین شدن با گندم در محصولات نانوایی مشکلاتی را ایجاد می‌کند که باید به دنبال جایگزین مناسب گلوتن جهت جبران فقدان این پروتئین در ارزن بود. در همین راستا پنقال و همکاران (۲۰۱۸) با افزودن آرد ارزن انگشتی به فرمولاسیون نان مسطح (چاپاتی) مشاهده کردند که با افزایش آرد ارزن در فرمولاسیون ویژگی‌های فارینوگرافی خمیر از جمله میزان جذب آب آرد، زمان توسعه و زمان پایداری خمیر کاهش می‌یابد. همچنین نتایج ایشان نشان داد افزایش میزان آرد ارزن رطوبت، روشنایی سطح و پذیرش‌کلی محصول را کاهش داده و از طرفی باعث افزایش میزان سفتی بافت محصول می‌شود [۸]. من و همکاران (۲۰۱٦) نیز اثر جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن را مورد بررسی قرار داده و عنوان داشتند که با افزایش میزان آرد ارزن در فرمولاسیون میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل و الاستیسته کاهش و پذیرش کلی محصول افزایش می‌یابد [۹]. از این‌رو می‌توان گفت پروتئین گلوتن عامل اصلی خواص مهم خمیر نظیر کشش‌پذیری، مقاومت در برابر کشش، قابلیت اتساع، تحمل در حین اختلاط و توانایی نگهداری گاز در محصولات صنایع پخت می‌باشد. در واقع از گلوتن تحت عنوان پروتئین ساختمانی جهت تولید نان، کیک، کلوچه و بیسکوئیت یاد می‌شود و فقدان آن در محصولات سبب تولید فرآورده‌ای با بافت شکننده، رنگ ضعیف، حجم و

تخلخل کم می‌شود [۱۰]. بنابراین استفاده از جایگزین‌های مناسب گلوتن نظیر هیدروکلوئیدها در تهیه محصولات خبازی تهیه شده از آرد سایر غلات، امری ضروری است. در این خصوص نتایج پژوهش دمیرکسن و همکاران (۲۰۱۰) نشان داد که بیشترین میزان الاستیسیته خمیر و کمترین میزان سفتی مغز نان بدون گلوتن بر پایه‌ی آرد برنج در نمونه‌های حاوی صمغ گزانتان-گوار و گزانتان- دانه لوکاست مشاهده شد [۱۱]. همچنین توفیک و همکارن (۲۰۰۹) با بررسی اثر صمغ گزانتان در فرمولاسیون نان مخلوط حاوی گندم و کاساوا به این نتیجه دست یافتند که در تولید نان‌های مخلوط، نمونه‌های حاوی صمغ دارای حجم مخصوص و قابلیت پذیرش بیشتر و سفتی کمتری نسبت به نمونه شاهد (نمونه فاقد صمغ) بودند [۱۲]. گجرال و همکاران (۲۰۰۴) نیز با بررسی اثر صمغ‌های گوار، گزانتان، دانه‌ی لوکاست و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر نان چاپاتی حاوی آرد برنج، عنوان داشتند که در حضور این صمغ‌ها پدیده رتروگراداسیون و بیاتی نان چاپاتی نسبت به نمونه شاهد (فاقد صمغ) کاهش یافت [۱۳]. از این‌رو هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان جایگزینی بخشی از آرد گندم موجود در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم با آرد ارزن و همچنین بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصول نهایی با استفاده از ترکیب دو صمغ گوار و گزانتان بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم با درجه استخراج ۸۲ درصد از واحد صنایع تبدیلی نگین گل شرق گناباد (خراسان رضوی، ایران)، دانه ارزن از بازار محلی شهرستان گناباد، بهبوددهنده نان حجیم از شرکت پویش (مشهد، ایران)، مخمر از شرکت خمیر مایه رضوی (مشهد، ایران) و سایر مواد اولیه از یک فروشگاه معتبر خریداری شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه آرد ارزن

دانه ارزن مورد استفاده در پژوهش حاضر از نوع ارزن معمولی (پروسو[1] (Panicum miliaceum L.)) بود که توسط آسیاب سنگی پوست‌گیری شد. در ادامه با آب معمولی شسته و در آون با دمای ۴۵ درجه سلسیوس خشک گردید و سپس دانه‌های ارزن پوست‌گیری شده با استفاده از آسیاب چکشی آزمایشگاهی آسیاب شدند و به‌منظور کنترل اندازه گرانول‌ها از الک با مش استاندارد ۸۰ عبور داده شد [۱۴].

۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و آرد ارزن

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد گندم و ارزن مانند رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی بر اساس روش‌های استاندارد تدوین شده در انجمن شیمی‌دانان غلات آمریکا (AACC[2]) (۲۰۰۰) اندازه‌گیری شد [۱۵]. میزان رطوبت مطابق استاندارد شمارهٔ ۱۶-۴۴، پروتئین ۱۰-۴۶، خاکستر ۰۱-۰۸ و چربی ۱۰-۳۰ ارزیابی گردید. همچنین میزان فیبر نیز طبق روش رانگانایاکی و همکاران (۲۰۱۲) تعیین شد [۱۶] و میزان کربوهیدرات در نمونه‌ها از کسر کردن مجموع ترکیبات تشکیل‌دهنده از ۱۰۰ به‌دست آمد [۱۷].

۲-۲-۳- ارزیابی خصوصیات فارینوگرافی خمیر

این آزمون بر اساس استاندارد AACC به شماره ۲۱-۵۴ و توسط دستگاه فارینوگراف (Brabender، آلمان) انجام شد. فارینوگراف مقاومت خمیر در برابر مخلوط کردن را اندازه‌گیری و ثبت می‌کند [۱۵].

۲-۲-۴- روش تهیه نان بربری نیمه حجیم

آرد دانه ارزن در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزین آرد گندم موجود در فرمولاسیون شد و صمغ‌های گوار و گزانتان با نسبت‌های مختلف، به ترتیب ۰/۳ درصد گوار، ۰/۱ درصد گزانتان، ۰/۶ درصد گوار، ۰/۱۵ درصد گزانتان و ۰/۹ درصد گوار، ۰/۲ درصد گزانتان، به فرمولاسیون خمیر نان بربری نیمه حجیم اضافه گردید. به منظور تهیه نمونه‌های نان بربری نیمه‌حجیم، ابتدا مواد اولیه با استفاده از ترازوی دیجیتال (ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱، AND، ژاپن و ترازو معمولی، Pand، ایران) توزین و سپس مواد خشک را درون همزن (Diosna، مدل Sp 24، آلمان) ریخته، به مدت ۲ دقیقه با دور کند مواد ترکیب گردید. در مرحله بعد آب (مطابق با جذب آب فارینوگراف) اضافه گردید و مجدداً ۲ دقیقه دور کند و بعد ۸ دقیقه دور تند هم‌زده شدند. خمیر بعد از ۶ دقیقه استراحت اولیه به وزن ۳۵۰ گرم چانه‌گیری و بعد از استراحت میانی در دمای ۲۶ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ دقیقه، فرم‌دهی و سینی‌گذاری شدند. تخمیر نهایی به مدت ۴۵ دقیقه در دمای

1. Proso millet

2. American Association of Cereal Chemists (AACC)

٤٥ درجه سلسیوس در رطوبت نسبی ٨٠ درصد در گرمخانه (Miwe، آلمان) انجام گرفت و سپس خمیر داخل فر (Miwe، آلمان) همراه با بخار با دمای ٢٦٠ درجه سلسیوس به مدت ١٣ دقیقه پخت شد. در آخر سینی‌ها را تخلیه کرده و محصولات به مدت ١ ساعت در دمای محیط سرد شده و در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی گردیدند [١٨].

٢-٢-٥- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان بربری نیمه حجیم

رطوبت: جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC (٢٠٠٠) شماره ١٦-٤٤ استفاده گردید [١٥].

فعالیت آبی: میزان فعالیت آبی با استفاده از دستگاه واتر اکتیویتی‌متر (Novasina ms1-aw Axair Ltd، سوئیس) در دمای ٢٥ درجه سلسیوس اندازه‌گیری گردید.

حجم مخصوص: برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه مطابق با استاندارد AACC، ٢٠٠٠ شماره ١٠-٧٢ استفاده شد [١٥].

رنگ پوسته: آنالیز رنگ پوسته نان از طریق تعیین سه شاخص L*، a* و b* صورت پذیرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ١٠ در ١٠ سانتی‌متر از قسمت داخلی نان با استفاده از چاقوی اره‌ای تهیه گردید و به وسیله اسکنر (HP، چین) با وضوح ٣٠٠ پیکسل تصویربرداری شد، سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد [١٩].

سفتی بافت: ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی دو ساعت و سه روز پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (QTS، انگلستان) انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (٢ سانتی‌متر قطر در ٢/٣ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ٣٠ میلی‌متر در دقیقه، به‌عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید [٢٠].

خصوصیات حسی: به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی مانند فرم و شکل، خصوصیات پوسته، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به‌ترتیب دارای ضریب رتبه ٤، ٢، ٢ و ٣ بودند، از روش هدونیک ٥ نقطه‌ای (١: بسیار نامطلوب، ٢: نامطلوب و... ٥: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های نان را١٠ داور ارزیابی کردند. میزان پذیرش‌کلی نمونه‌های تولیدی با استفاده از رابطه ١؛ گزارش گردید [٢١].

رابطه ١:

$$Q=\frac{\sum(P\times G)}{\sum P}$$

که در آن: Q= پذیرش‌کلی، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات است.

٢-٢-٦- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Mstat c بر پایه طرح فاکتوریل دو عامله که عامل اول سطوح جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن (١٠، ٢٠ و ٣٠ درصد) و عامل دوم سطوح متفاوت افزودن صمغ گوار و گزانتان با نسبت‌های مختلف (به ترتیب صفر-صفر، ٠/١-٠/٣، ٠/١٥-٠/٦ و ٠/٢-٠/٩) بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. هریک از نمونه‌ها در سه تکرار تهیه و آزمون‌های مربوطه در مورد آن‌ها انجام پذیرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ٥ درصد ($P<0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

٣- نتایج و بحث

٣-١- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و ارزن

نتایج ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آرد گندم و ارزن مورد استفاده در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم در جدول ١ آورده شده است.

Table 1 Physicochemical properties of wheat and millet flour

Physicochemical properties (%)	Wheat flour	Millet flour
Moisture	12.13±0.12	9.80±0.32
Protein	12.08±0.03	11.9±0.41
Ash	0.76±0.01	1.29±0.03
Fat	1.09±0.01	2.54±0.01
Wet gluten	27.30±0.13	-
Fiber	2.54±0.02	3.46±0.05
Carbohydrate	70.05±0.17	71.03±1.25

۳-۲- خصوصیات رئولوژیکی خمیر (آزمون فارینوگراف)

۳-۲-۱- جذب آب

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، از میزان جذب آب آرد حاصل کاسته و افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب افزایش میزان جذب آب آرد نمونه‌های نان بربری تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ گردید (P<۰/۰۵). به‌طوری که نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن و ۰/۹ درصد صمغ گوار و ۰/۲ درصد صمغ گزانتان از بیشترین میزان جذب آب و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد ارزن و فاقد افزودنی از کمترین میزان جذب آب برخوردار بود.

مقدار آب مورد نیاز برای رسیدن خمیر به قوام مناسب در اولین نقطه‌ای که مرکز منحنی به خط ۵۰۰ واحد فارینوگراف می‌رسد درصد جذب آب آرد را مشخص می‌کند. به‌طور کلی آردهای قوی با مقدار و کیفیت گلوتن بالا، آردهای با درجه استخراج بالا، آردهای نرم (با اندازه ذرات ریز)، آردهای با درصد نشاسته آسیب‌دیده و مقدار پنتوزان بالا و آردهای رسیده (کهنه) درصد جذب آب بالایی دارند [۲۲].

در این راستا پنقال و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند با افزایش آرد ارزن در فرمولاسیون نان مسطح (چاپاتی) تهیه شده از کامل گندم، میزان جذب آب آرد حاصل کاهش یافت. ایشان در این خصوص بیان کردند با افزایش میزان آرد ارزن از میزان گلوتن آرد حاصل کاسته شده و به دنبال آن توانایی جذب و نگهداری آب کاهش می‌یابد [۸] که ویجایاکومار و ماهانکومار (۲۰۰۹) علت این امر را به اندازه ذرات بزرگتر آرد ارزن نسبت دادند [۲۳] از طرفی افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب افزایش میزان جذب آب گردید (P<۰/۰۵). در این خصوص دانشگر و همکاران (۱۳۹۷) بیان داشتند میزان جذب آب آرد با افزایش میزان صمغ گزانتان در فرمولاسیون نان بدون گلوتن افزایش یافت. ایشان این امر را به ویژگی آبدوستی و احتمالاً وجود گروه‌های هیدروکسیل در ساختار صمغ‌ها و ماهیت آبدوست این ترکیبات نسب دادند که نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده این امرست [۲۴].

Table 2 Effect of wheat flour replacement by millet and guar and xanthan gums addition on dough farinograph properties

Millet flour (%)	Guar gum (%)	Xanthan gum (%)	Water absorption (%)*	Dough development time (min)	Dough stability time (min)	Degree of dough softening (Brabender Unit)		Valorimetric value (-)
						10 min	20 min	
10	-	-	63.1±0.2^{b}	2.8±0.10^{bc}	7.0±0.10^{bc}	61.4±1.2^{cd}	89.8±1.2^{cd}	63.7±1.0^{b}
	0.3	0.1	64.9±0.6^{ab}	3.0±0.07^{b}	7.2±0.11^{b}	60.5±1.4^{d}	88.9±1.5^{d}	65.6±0.8^{ab}
	0.6	0.15	65.5±0.4^{ab}	3.1±0.03^{b}	7.3±0.09^{b}	59.2±1.0^{de}	87.2±1.1^{de}	65.5±0.7^{ab}
	0.9	0.2	66.8±0.1^{a}	3.4±0.05^{a}	7.6±0.00^{a}	57.9±1.2^{e}	85.2±0.7^{e}	66.6±0.9^{a}
20	-	-	61.5±0.4^{c}	2.5±0.00^{c}	6.4±0.12^{cd}	63.3±0.8^{bc}	94.4±1.4^{b}	59.1±0.8^{cd}
	0.3	0.1	61.2±0.0^{c}	2.7±0.05^{bc}	6.7±0.08^{c}	62.9±0.5^{c}	92.1±0.5^{c}	60.7±1.0^{c}
	0.6	0.15	62.7±0.5b^{c}	2.8±0.02^{bc}	7.1±0.12^{bc}	61.8±1.0^{cd}	91.1±1.0^{c}	62.4±0.6^{bc}
	0.9	0.2	64.5±0.2^{b}	3.0±0.15^{b}	7.3±0.09^{b}	60.4±1.5^{d}	89.7±0.5^{cd}	64.1±0.7^{b}
30	-	-	57.6±0.4^{d}	2.1±0.06^{d}	5.2±0.11^{e}	67.5±0.6^{a}	98.9±1.2^{a}	56.9±1.1^{e}
	0.3	0.1	58.5±0.5^{cd}	2.2±0.01^{d}	5.8±0.10^{d}	66.7±0.9^{ab}	96.5±0.6^{b}	57.8±0.5^{cde}
	0.6	0.15	59.7±0.5^{c}	2.5±0.05^{c}	6.3±0.10^{cd}	65.3±1.2^{b}	95.4±0.8^{b}	58.9±0.5^{cd}
	0.9	0.2	60.5±0.3^{c}	2.8±0.09^{bc}	6.9±0.09^{bc}	63.9±1.2^{bc}	93.6±1.5^{bc}	60.6±0.7^{c}

* Mean numbers have three replication

Similar letters in each column were not statistically significant at $P<0.05$

۳-۲-۲- زمان توسعه خمیر

با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، زمان توسعه خمیر حاصل کاهش یافت این در حالی بود که افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب افزایش زمان توسعه خمیر نمونه‌های نان بربری تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ گردید (P<۰/۰۵) (جدول ۲). در واقع مدت زمان لازم (بر حسب دقیقه) از شروع مخلوط کردن تا رسیدن منحنی فارینوگرام به اولین نقطه بیشینه (پیک) خود را زمان توسعه یا زمان بهینه مخلوط کردن می‌نامند. در مدت زمان توسعه خمیر می‌توان گفت که هیدراسیون آرد کامل شده و شبکه گلوتنی خمیر در اثر نیروهای مکانیکی وارد شده در جریان مخلوط کردن کاملاً تشکیل شده و گرانول‌های نشاسته

را در خود محصور کرده است [۲۲]. با توجه به اهمیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن به دلیل برخورداری از میزان گلوتن بیشتر نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد ارزن از زمان توسعه بیشتری برخوردار باشد [۲۵]. در این راستا در این خصوص گامیکولا و همکاران (۲۰۱۱) و مکتوف و همکاران (۲۰۱٦) نتایج مشابهی را گزارش نمودند و عنوان داشتند که با کاهش میزان گلوتن آرد، توانایی تشکیل شبکه گلوتنی کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش زمان توسعه خمیر می‌شود. این در حالی بود که انتظار می‌رود افزودن صمغ‌ها به دلیل تقویت شبکه گلوتنی باعث افزایش زمان توسعه خمیر شوند [۲٦ و ۲۷]. روسل و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که افزودن صمغ‌هایی نظیر گزانتان به فرمولاسیون خمیر می‌تواند زمان توسعه خمیر را بهبود بخشد که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های این محققین مطابقت دارد [۲۸].

۳-۲-۳- زمان پایداری خمیر

نتایج نشان داد که با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، زمان پایداری خمیر حاصل کاهش یافت. از سوی دیگر افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب افزایش زمان پایداری خمیر نمونه‌های نان بربری تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ گردید ($P<۰/۰۵$) (جدول ۲). به‌طور کلی مدت زمانی (دقیقه) که نقطه فوقانی منحنی فارینوگرام به خط ۵۰۰ رسیده (زمان رسیدن) تا زمانی که نقطه فوقانی منحنی از خط ۵۰۰ خارج گردد (زمان خروج) را مدت زمان مقاومت یا پایداری خمیر می‌نامند. پایداری خمیر بیشتر از شاخص‌های دیگر فارینوگرام برای مقایسه قوت یا ضعف آردهای مختلف به کار می‌رود. البته در مدت زمانی که منحنی فارینوگرام روی خط ۵۰۰ باقی می‌ماند، شبکه گلوتنی ویژگی‌های ویسکوالاستیک خود را بدست آورده و حفظ می‌کند و خواص عملکردی (قابلیت فرم‌پذیری و تحمل نیروهای مکانیکی و نگهداری گاز) مطلوبی دارد [۲۲]. با توجه به اهمیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن به دلیل برخورداری از میزان گلوتن بیشتر نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد ارزن از زمان پایداری بیشتری برخوردار باشد. در این راستا پنقال و همکاران (۲۰۱۸) مشاهده کردند که با افزایش آرد ارزن انگشتی در فرمولاسیون خمیر نان مسطح (چاپاتی)، زمان پایداری خمیر کاهش یافت. ایشان در این خصوص بیان کردند با افزایش میزان آرد ارزن از میزان گلوتن آرد حاصل کاسته شده و به دنبال آن توانایی تشکیل شبکه گلوتنی کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش زمان پایداری خمیر می‌شود [۸]. در مقابل افزودن صمغ‌ها به دلیل تقویت شبکه گلوتنی باعث افزایش زمان توسعه خمیر گردید که سوریک و همکاران (۲۰۰۷) علت این امر را تشکیل شبکه‌ای مشابه با شبکه گلوتن که سبب تقویت بافت خمیر و افزایش استحکام آن می‌شود، دانستند [۲۹].

۳-۲-٤- درجه نرم شدن خمیر

مقدار کاهش قوام خمیر محاسبه شده از مرکز منحنی فارینوگرام در نقطه‌ای که دقیقاً ۱۰ و ۲۰ دقیقه از زمان اولین افزودن آب سپری شده باشد تا خط ۵۰۰ واحد فارینوگراف را درجه نرم شدن (سست شدن) خمیر می‌نامند. هرچه این عدد بزرگتر باشد نشان‌دهنده ضعیف بودن آرد مورد آزمون و تحمل کمتر آن در برابر عملیات مکانیکی مخلوط کردن است [۲۲]. همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، درجه نرم شدن خمیر در هر دو بازه زمانی ۱۰ و ۲۰ دقیقه از شروع آزمون افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) که با توجه به اهمیت گلوتن در این آزمون طبیعی است که نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن به دلیل برخورداری از میزان گلوتن بیشتر نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد ارزن از از کمترین درجه نرم شدن خمیر در زمان‌های ۱۰ و ۲۰ دقیقه بعد از شروع آزمون برخوردار باشد. در این راستا گامیکولا و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که با افزایش آرد ارزن در فرمولاسیون نان، درجه نرم‌شدن خمیر افزایش یافت [۲٦].

همچنین نتایج نشان داد که افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب کاهش درجه نرم شدن خمیر نمونه‌های نان بربری تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ گردید ($P<۰/۰۵$). از طرفی نتایج نشان داد افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب کاهش درجه نرم‌شدن خمیر نمونه‌های نان بربری تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد صمغ گردید ($P<۰/۰۵$). در این راستا دانشگر و همکاران (۱۳۹۷) خواص رئولوژیکی، بافتی و ماندگاری نان بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم، نشاسته سیب زمینی و صمغ گزانتان را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند درجه نرم‌شدن خمیر با افزایش میزان صمغ گزانتان

کاهش یافت [۲٤] که روسل و همکاران (۲۰۰۱) علت این امر را به قویتر شدن بافت خمیر نسبت به نمونه بدون صمغ نسبت دادند [۲۸].

۳-۲-۵- ارزش والوریمتری

بررسی همبستگی بین فاکتورهای فارینوگرافی خمیر نشان می-دهد که بـه‌جـز درصـد آب آرد ارزش والـوریمتری بـا دیگـر ویژگی‌های فارینوگرافی همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد که نشان‌دهنده توانایی ایـن فـاکتور بـدون در نظـر گـرفتن سـایر فاکتورها به منظور قضاوت در مـورد کیفیـت آرد اسـت [۳۰]. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بـا افـزایش سـطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، ارزش والوریمتری خمیر حاصل کاهش یافت، این در حالی بـود کـه افـزودن صـمغ‌هـای مـورد اسـتفاده، سـبب افـزایش ارزش والـوریمتری خمیـر نمونـه‌هـای نـان بربـری تولیـدی گردیـد (P<۰/۰۵) به‌طوری که در بین نمونه‌های تولیدی، نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن و ۰/۹ درصـد صـمغ گـوار و ۰/۲ درصـد صمغ گزانتان از بیشترین میزان این پارامتر کیفی برخوردار بود. با توجه به اهمیـت گلـوتن در ایـن آزمـون طبیعـی اسـت کـه نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن بـه دلیـل برخـورداری از میزان گلوتن بیشتر نسبت به نمونه‌های حاوی ۲۰ و ۳۰ درصد آرد ارزن از ارزش والوریمتری بیشتری برخوردار باشد.

۳-۳- خصوصیات کمی و کیفی نمونه‌های نان بربری نیمه حجیم

۳-۳-۱- رطوبت و فعالیت آبی

همان‌گونه که در شکل ۱؛ مشاهده می‌شـود بـا افـزایش سـطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نـان بربـری نیمـه حجـیم، از میزان رطوبت محصول کاسته و بر میزان فعالیت آبی افزوده شد (P<۰/۰۵). این در حالی بـود کـه افـزودن صـمغ‌هـای مـورد استفاده، سبب افـزایش محتـوای رطوبـت و در مقابـل کـاهش میزان فعالیت آبی نمونه‌های نان بربری تولیـدی در مقایـسه بـا نمونه فاقد صمغ گردید (P<۰/۰۵). ذکر ایـن نکتـه ضـروری است که آرد ارزن به دلیل اینکه فاقد پروتئین گلـوتن بـوده، از توانایی کمتری جهت تشکیل ساختمان سه بعدی و نگهـداری آب برخـوردار مـی‌باشـد و طبیعـی اسـت بـا افـزایش میـزان جایگزینی آن در فرمولاسیون محصول در هنگام فرآیند پخـت سرعت خروج رطوبت از سطح نان بیـشتر شـده و در نهایـت رطوبت نهایی محصول نیز کاهش می‌یابد. در این رستا پنقال و همکـاران (۲۰۱۸) بیـان کردنـد در طـی فراینـد پخـت تبخیـر رطوبت از سطوح نان چاپاتی باعث افت پخت خواهد شد کـه این امر با افـزایش میـزان آرد ارزن بـه دلیـل کـاهش محتـوای گلوتن در محصول و به دنبال آن کاهش در توانـایی جـذب و نگهداری آب تشدید می‌شود [۸]. از سـوی دیگـر موریریـا و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه دست یافتنـد کـه صـمغ گـوار ضمن کاهش دمـای ژلاتیناسـیون، بـه دلیـل حـضور باندهای هیدروکسیلی در ساختار خود، میزان رطوبت نان را افزایش داد [۳۱]. همچنین مککارتی و همکـاران (۲۰۰۵) اذعـان داشـتند موادی که طبیعت آبدوست دارند، قابلیت برهم‌کـنش بـا آب را داشته و سـبب کـاهش انتـشار آب و پایـداری حـضور آن در سیستم در حین فرآیند پخت می‌شوند و همین امر در افـزایش میزان رطوبت محصول نهایی در حین فرآیند پخـت و پـس از آن مؤثر خواهد بود [۳۲].

در خصوص افزایش میزان فعالیت آبی با افزایش میزان آرد دانه ارزن این احتمال وجود دارد از آنجایی که این آرد فاقد گلوتن می‌باشد، بنابراین توانایی تشکیل ساختار سه بعدی و به دنبـال آن نگهداشتن رطوبـت را نـدارد کـه در همـین راسـتا خـروج رطوبت و به دنبال آن فشار بخار محصول افزایش یافته و ایـن امر موجب افزایش فعالیت آبی در محصول می‌شود. همچنـین ذکر این نکته ضروری است که مناسب‌ترین فعالیت آبی جهت انجام واکنش مایلارد که یکی از مهمترین واکنش‌های مـؤثر در ایجاد رنگ و عطر و طعم می‌باشد، در حدود ۰/٦ است [۳۳]. بنـابراین بـا اضـافه نمـودن صـمغ‌هـای گـوار و گزانتـان بـه فرمولاسیون نان و اثرگذاری مثبت ایـن دو در کـاهش فعالیـت آبی جهت انجام هرچه بهتـر واکـنش مـایلارد (قهـوه‌ای شـدن غیرآنزیمی)، رنگ قهوه‌ای‌تر و عطر و طعم بهتری ایجاد خواهد شد. در راستای کاهش میزان فعالیت آبی با افزودن صمغ‌ها بـه فرمولاسیون مواد غذایی پیزا و گیگلی (۲۰۰۹) نتایج مشابهی را گزارش نمودند [۳٤] که چیناچوتی (۱۹۹۵) علت ایـن امـر را تشکیل شبکه ژلی و محصور شدن آب در آن و بالطبع کـاهش تماس با مولکول‌های قطبی آب دانست. همچنین عنوان نمـود در این حالت رطوبت (آب آزاد) ماده غذایی تولیدی افزایش و فعالیت آبی (آب باند شده) آن کاهش می‌یابد [۳۵].

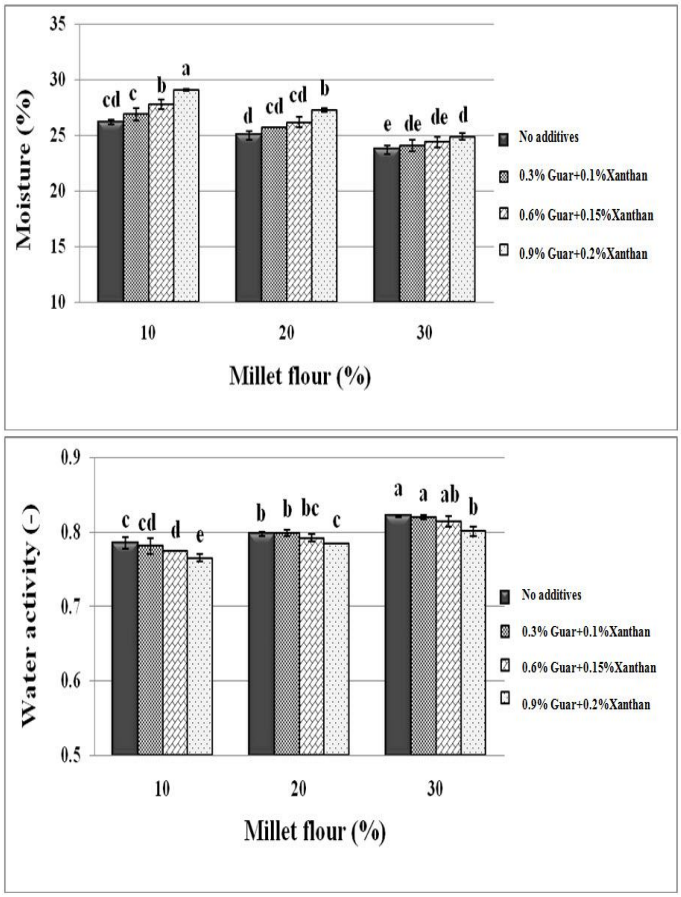

Fig 1 Effect of wheat flour replacement by millet and guar and xanthan gums addition on moisture content and water activity of Barbari bread (Similar letters were not statistically significant at $P<0.05$)

۳-۳-۲- حجم مخصوص

با افزایش سطح مصرف آرد ارزن و افزودن صمغ‌ها در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، به ترتیب میزان حجم مخصوص محصول کاهش و افزایش یافت (شکل ۲) به‌طوری که نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن و ۰/۹ درصد صمغ گوار و ۰/۲ درصد صمغ گزانتان از بیشترین میزان حجم مخصوص در بین نمونه‌های تولیدی برخوردار بود. در این خصوص به نظر می‌رسد با افزایش میزان جایگزینی آرد ارزن در فرمولاسیون نان از میزان گلوتن که یکی از مهمترین ترکیبات نگهدارنده گاز در محصول می‌باشد کاسته شده و در نتیجه توانایی حفظ و نگهداری حباب‌های هوا کاهش می‌یابد که این امر منجر به کاهش حجم مخصوص نان بربری نیمه حجیم می‌گردد. در این راستا کاروپسامی و همکاران (۲۰۱۳) عنوان کرد کاهش میزان گلوتن در نان در اثر افزودن آرد ارزن باعث کاهش ارتفاع و طول نان و به عبارتی حجم نان می شود. از سوی دیگر صمغ‌ها از توانایی استحکام بخشیدن به دیواره سلول‌های گازی و ممانعت از پاره شدن آن‌ها برخوردارند [۳۶]. در این راستا سیارانی و همکاران (۲۰۱۲) عنوان داشتند که کاربرد افزودنی‌هایی نظیر صمغ و امولسیفایر سبب بهبود حجم و کاهش سفتی مغز نان در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد افزودنی) شد [۳۷].

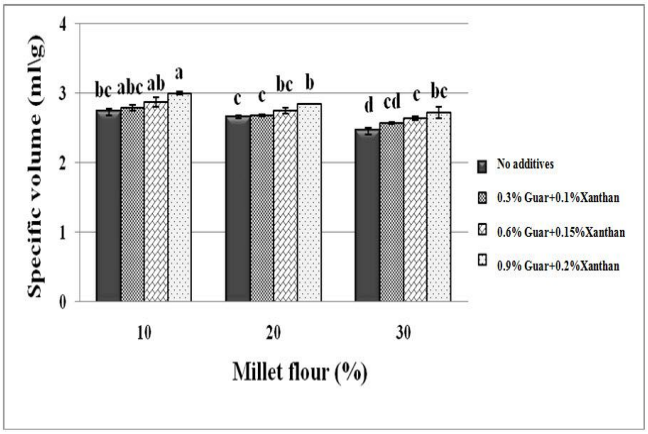

Fig 2 Effect of wheat flour replacement by millet and guar and xanthan gums addition on specific volume of Barbari bread (Similar letters were not statistically significant at $P<0.05$)

۳-۳-۳- رنگ پوسته

در بین خصوصیات فیزیکی مواد غذایی، رنگ به‌عنوان مهمترین ویژگی ظاهری در درک کیفیت شناخته شده است. مشتری تمایل دارد که رنگ را با طعم، ایمنی، ماندگاری، کیفیت و خصوصیات تغذیه‌ای محصولات غذایی مرتبط سازد [۳۸]. نتایج نشان داد که با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم، از میزان مؤلفه‌های L^* و b^* پوسته محصول کاسته و بر میزان مؤلفه a^* افزوده شد. همچنین افزودن صمغ‌های مورد استفاده، سبب افزایش میزان مؤلفه‌های L^* و a^* گردید. این در حالی بود که افزودن این ترکیبات تأثیر معنی‌داری بر میزان مؤلفه b^* پوسته نداشت ($P<۰/۰۵$) (جدول ۳).

در همین راستا پنقال و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی اثر افزودن آرد ارزن انگشتی بر خصوصیات نان مسطح (چاپاتی) تهیه شده از آرد کامل گندم، مشاهده کردند که با افزایش آرد ارزن در فرمولاسیون از میزان مؤلفه‌های L^* و b^* کاسته و بر میزان قرمزی (مؤلفه a^*) افزوده شد. ایشان در این خصوص بیان کردند احتمالاً کاهش میزان مؤلفه L^* با افزایش سطح آرد ارزن به دلیل وجود پیگمان‌های پلی‌فنولیک موجود در پری-

کارپ، لایه آلرون و ناحیه آندوسپرم این آرد می‌باشد [۸] که مانورومات و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند [۳۹].

از طرفی نتایج نشان داد با افزودن صمغ گزانتان و گوار در فرمولاسیون محصول میزان مؤلفه L* محصول افزایش می‌یابد که به نظر می‌رسد علت این امر توانایی بالای صمغ گوار و گزانتان در حفظ رطوبت و خروج یکنواخت‌تر آن از بافت محصول در طی فرآیند پخت باشد که به موجب آن و با انتقال آهسته و پیوسته‌تر رطوبت از مغز به پوسته، سطحی صاف و با کمترین میزان چروکیدگی برای محصولی نهایی تولید شده که این سطح صاف و هموار در انعکاس نور و افزایش درخشندگی اثرگذار بوده است. در همین راستا لازاریدو و همکاران (۲۰۰۷) با افزودن چند صمغ به فرمولاسیون نان حاوی آرد برنج و نشاسته ذرت به این نتیجه دست یافتند که استفاده از صمغ در محصولات خمیری سبب افزایش روشنایی رنگ پوسته شد [۴۰]. همچنین همان‌گونه که در بالا ذکر شد، افزودن صمغ گوار و گزانتان سبب افزایش میزان مؤلفه a* پوسته گردید. در این رابطه با توجه به نتایج بخش ارزیابی میزان فعالیت آبی نمونه‌های نان این انتظار وجود داشت که صمغ گوار و گزانتان به دلیل ماهیت خود و اثرگذاری بر کاهش میزان فعالیت آبی، در افزایش ترکیبات رنگی حاصل از واکنش مایلارد (نیاز به فعالیت آبی پائین) و بالطبع افزایش میزان مؤلفه a* پوسته مؤثر واقع شده باشند.

Table 3 Effect of wheat flour replacement by millet and guar and xanthan gums addition on crust color and firmness of Barbari bread

Millet flour (%)	Guar gure (%)	Xanthan gum (%)	Crust color (-)			Firmness (N)	
			L*	a*	b*	2h	3 days
10	-	-	48.6±0.5^{d}	10.1±0.2^{e}	25.5±0.2^{a}	55.2±1.1^{d}	67.3±0.9^{d}
	0.3	0.1	51.1±0.8^{c}	11.4±0.3^{d}	25.5±0.2^{a}	52.3±0.8^{de}	66.1±1.2^{d}
	0.6	0.15	53.7±1.1^{b}	12.5±0.1^{cd}	25.4±0.4^{a}	49.1±0.9^{e}	62.3±1.3^{e}
	0.9	0.2	56.2±0.8^{a}	12.9±0.2^{bcd}	25.1±0.4^{a}	41.3±1.0^{f}	56.1±1.2^{f}
20	-	-	46.1±0.6^{e}	13.1±0.2^{cd}	22.1±0.3^{b}	60.0±0.7^{c}	72.2±1.1^{bc}
	0.3	0.1	48.4±0.7^{de}	14.0±0.1^{bcd}	22.2±0.4^{b}	55.2±0.7^{d}	70.0±0.9^{c}
	0.6	0.15	50.9±1.0^{c}	14.9±0.0^{bc}	22.7±0.3^{b}	54.5±1.0^{d}	67.7±0.8^{d}
	0.9	0.2	52.6±1.1^{b}	15.5±0.1^{b}	22.1±0.3^{b}	47.3±1.1^{e}	62.1±1.1^{e}
30	-	-	43.2±0.8^{f}	14.8±0.1^{bc}	18.7±0.3^{c}	69.6±0.9^{a}	80.3±1.0^{a}
	0.3	0.1	45.4±0.8^{e}	15.9±0.2^{b}	18.9±0.3^{c}	66.0±0.7^{b}	76.1±0.7^{b}
	0.6	0.15	47.7±0.7^{de}	16.7±0.3^{ab}	18.9±0.2^{c}	61.1±0.8^{c}	71.0±0.8^{c}
	0.9	0.2	48.8±0.5^{d}	17.6±0.3^{a}	18.9±0.2^{c}	54.0±1.0^{d}	67.3±1.5^{d}

* Mean numbers have three replication

Similar letters in each column were not statistically significant at $P<0.05$

۳-۳-٤- سفتی بافت

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش سطح مصرف آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم (در هر دو بازه زمانی ۲ ساعت و سه روز پس از پخت)، بر میزان سفتی بافت محصول افزوده شد. در مقابل افزودن صمغ‌های مورد استفاده سبب کاهش میزان سفتی بافت گردید ($P<۰/۰۵$). به‌طور کلی سفت‌شدن و از دست دادن تردی و شکنندگی محصولاتی مانند نان و کیک در ارتباط با پدیده بیاتی می‌باشد. یکی از عوامل مؤثر در بیاتی یا سفت‌شدن بافت کریستالیزاسیون مجدد نشاسته ژلاتینه‌شده به خصوص آمیلوپکتین‌های کوتاه زنجیر، رتروگراداسیون آمیلوز، اتصال آمیلوز و آمیلوپکتین به یکدیگر، مهاجرت رطوبت پس از کریستالیزاسیون نشاسته، جذب رطوبت خارج شده از نشاسته توسط گلوتن و کاهش مقدار رطوبت است [۴۱ و ۴۲]. از این‌رو با توجه به نتایج بخش ارزیابی رطوبت، این انتظار وجود داشت که با افزایش میزان آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم بر میزان سفتی بافت محصول افزوده شود. چراکه در بخش ارزیابی رطوبت مشاهده شد که با افزایش آرد ارزن، میزان رطوبت محصول نهایی کاهش می‌یابد. در همین راستا مانورومات و همکاران (۲۰۱۵) اثر جایگزینی آرد گندم با آرد ارزن بر خصوصیات کیفی نان را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد نان حاوی آرد ارزن انگشتی نسبت به نمونه شاهد از میزان سفتی بافت بیشتری برخوردار می‌باشد. ایشان نیز علت این امر را کاهش میزان گلوتن در محصول نهایی

عنوان نمودند [۳۹].

از طرفی با توجه به نتایج مشاهده می‌شود افزودن صمغ گوار و گزانتان باعث کاهش میزان سفتی در تمامی بازه‌های زمانی شد که این امر با توجه به قابلیت نگهداری و حفظ رطوبت این ترکیبات قابل انتظار بود. همچنین ذکر این نکته ضروری است که شدت افزایش میزان سفتی طی مدت زمان نگهداری، در نمونه‌های فاقد افزودنی به مراتب بیشتر از نمونه‌های حاوی صمغ گوار و گزانتان بود که این امر را نیز می‌توان به ماهیت جذب و نگهداری رطوبت در صمغ در حضور و عدم حضور پروتئین گلوتن در محصول نسبت داد.

۳-۳-۵- خصوصیات حسی (پذیرش کلی)

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش سطح مصرف آرد ارزن و افزودن صمغ‌های گزانتان و گوار در فرمولاسیون نان به‌ترتیب میزان امتیاز پذیرش‌کلی کاهش و افزایش یافت ($P<0.05$) و نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن، ۰/۹ درصد صمغ گوار و ۰/۲ درصد صمغ گزانتان بیشترین امتیاز را توسط داوران چشایی کسب نمود.

داوران چشایی اذعان داشتند، نان‌هایی که حاوی مقادیر بیشتری از آرد ارزن هستند سطح ترک خورده و نامتقارن دارند. با توجه به بخش ارزیابی فعالیت آبی نان ارزن، از آنجایی که ثابت شد با افزایش میزان آرد ارزن در محصول فشار بخار اطراف محصول بیشتر شده و در نتیجه خروج رطوبت از آن تسریع می‌شود. بنابراین زمانی که رطوبت با سرعت بیشتری از درون و سطح ماده غذایی خارج می‌شود سطح آن ممکن است ترک خورده و نامتقارن شود. همچنین در خصوص افزایش امتیاز محصول در حضور صمغ‌های گوار و گزانتان همانظور که در بخش ارزیابی رطوبت و فعالیت آبی محصول بیان شد به دلیل اینکه این ترکیبات سرعت خروج رطوبت از سطح محصول را کاهش می‌دهند، بنابراین سطحی یکنواخت‌تر و با ترک خوردگی کمتری ایجاد می‌کنند. همچنین آذرباد و همکاران (۱۳۹۵) نیز عنوان داشتند که با افزایش میزان آرد ارزن در فرمولاسیون نان بربری سطح نان تیره‌تر شد [۴۳] که Beswa بسوا (۲۰۰۸) علت این امر را به وجود پوسته ارزن و پیگمان‌های رنگی شامل ترکیبات فنلی آن در نان نسبت داد [۴۴]. نتایج دیگر محققین نشان داد که با افزودن آرد ارزن به نان به علت افزایش میزان تانن مزه نان تلخ تر می‌شود [۴۴] که نتایج این تحقیق با یافته‌های پنقال و همکاران (۲۰۱۸) نیز مطابقت داشت [۸].

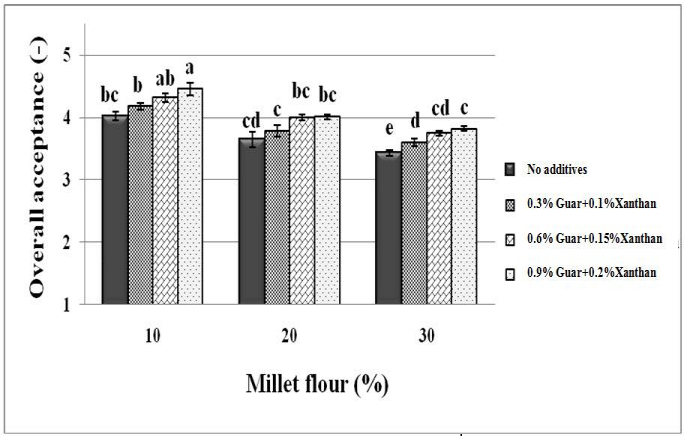

Fig 3 Effect of wheat flour replacement by millet and guar and xanthan gums addition on overall acceptance of Barbari bread
(Similar letters were not statistically significant at $P<0.05$)

٤- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر جایگزینی آرد گندم موجود در فرمولاسیون نان بربری نیمه حجیم با آرد دانه ارزن و همچنین افزودن ترکیبی از سطوح مختلف صمغ‌های گوار و گزانتان پرداخته شد. نتایج نشان داد که خصوصیات فارینوگرافی و بافتی با افزودن آرد ارزن که فاقد پروتئین گلوتن است، افت نمود در حالی که اضافه نمودن صمغ‌های فوق الذکر به دلیل تقلید از ویژگی‌های ساختاری گلوتن، این خصوصیات را بهبود بخشید و در نهایت داوران چشایی با بررسی خصوصیات حسی نمونه‌های نان تولیدی به نمونه حاوی ۱۰ درصد آرد ارزن در حضور ۰/۹ درصد صمغ گوار و ۰/۲ درصد صمغ گزانتان، بیشترین امتیاز را اختصاص دادند.

٥- منابع

[1] Houben, A., Hochstotter, A., and Becker, T. 2012. Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. European Food Research and Technology, 235: 195-208.

[2] Chhavi, A., and Sarita, S. 2012. Evaluation of composite millet breads for sensory and nutritional qualities and gly-cemicresponse. Malaysian journal of Nutrition, 18 (1): 89-101.

[3] Iva, B., Marian, T., Jan, M., Ludek, H., Oldrich, F., and Viera, S. 2017. The comparison of the effect of added amaranth,

buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. Journal of Cereal Science, 75: 158-164.

[4] Naas, 2012. Integration of millets in fortified foods, National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi. Policy Paper NO. 54: 15.

[5] Chappalwar, V. M., Peter, D., Bobde, H., and John, S. M. 2013. Quality characteristics of cookies prepared from oats and finger millet based composite flour. IRACST-Engineering Science and Technology: An International Journal, 3: 677-683.

[6] Taylor, J.R.N., Schober, T.J., and Bean, S.R. 2006. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. Journal of Cereal Science, 44: 252-271.

[7] Singh, P., Singh, R., and Aghuvanshi, R. 2012. Finger millet for food and nutritional security. African Journal of Food Science, 6: 77-84.

[8] Panghal, A., Khatkar, S.B., Yadav, D.N., and Chhikara, N. 2018. Effect of finger millet on nutritional, rheological and pasting profile of whole wheat flat bread (Chapatti). Cereal Chemistry, 96(1): 86-94.

[9] Man, S., Păucean, A., Muste, S., Pop, A., and Mureşan, E.A. 2016. Quality Evaluation of Bread Supplemented with Millet (*Panicum Miliaceum* L.) Flour. Bulletin UASVM Food Science and Technology, 73(2): 161-162.

[10] Gallagher, E., Gormleya, T.R., and Arendtb, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten free cereal based. Food Science and Technology, 15: 143-152.

[11] Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., and Sahin, S. (2010a). Rheological properties of gluten-free bread formulation. Journal of Food Engineering, 96: 295-303.

[12] Taofik, A., Shittu, R. A., Aminu, E., and Abulude, O. 2009. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. Food Hydrocolloids, 23(8): 2254-2260.

[13] Gujral, H.S., and Singh, N. 1999. Effect of additives on dough development gaseous release and bread making properties. Food Research International, 32: 691–697.

[14] Fathi, B., Aalami, M., Kashaninejad, M., and Sadeghi Mahoonak, A.R. 2018. Staling of gluten-free cake prepared from heat-moisture treated millet flour. Journal of Food Science and Technology, 75(15): 303-317. (In persian).

[15] AACC. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

[16] Ranganayaki, S., Vidhya, R., and Jaganmohan, R. 2012. Isolation and proximate determination of protein using defatted sesame seed oil cake. International Journal of Nutrition and Metabolism, 4(10): 141-145.

[17] Mohtarami, F., Gholipour, D., and Ashrafi Yorghanlou, R. 2019. The feasibility of producing enriched and low-calorie sponge cakes with spinach puree. Journal of Food Science and Technology, 84(15): 375-384. (In persian).

[18] Maleki, M., Vetter, J.L., and Hoover W.J. 1981. The Effect of Emulsifiers, Sugar, Shortening and Soya Flour on the Staling of Barbari Flat Bread. Journal Science Food Agricultural, 32, 1209-1211.

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

[20] Pourfarzad, A., Haddad Khodaparast, M., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Ghiafeh Davoodi, M., Hematian Sourki, A., and Razavizadegan Jahromi, S.H. 2009. Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. Journal of Food Process Engineering, 34: 1435-1445.

[21] Gacula, J.R., Singh, J., Bi, J., and Altan, S. 1984. Statistical methods in food and consumer research. Academic press Inc. U.S.A, 360-366.

[22] Peighambardoust, S.H. 2017. Rheology Test Methods: Wheat, Flour and Dough: Amidi Publications. (In persian)

[23] Vijayakumar, T.P., and Mohankumar, J.B. 2009. Formulation and characterization of Millet flour blend incorpo-rated composite flour. International Journal of Agriculture Sciences, 1: 46–54.

[24] Daneshgar, S., Emam jomeh, Z., Moini, S., and Aghagholizadeh, R. 2018. Evaluation of shelf life, rheological and textural properties of gluten free bread using sorghum flour, potato starch and xanthan gum. 78(15): Journal of Food Science and Technology, 67-77. (In persian)

[25] Williams, P., Haramein, F.J., Nakhoul, H., and Rihawl, S. 1986. Crop quality evaluation methods and guide-lines. Technical manual No 14. Alspoo, Syria:

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.

[26] Gavurníková, S., Havrlentová, M., Mendel, Ľ., Čičová, I., Bieliková, M., and Kraic, J. 2011. Parameters of wheat flour, dough, and bread fortified by buckwheat and millet flours. Agriculture, 57(4): 144–153

[27] Maktouf, S., Jeddou, K.B., Moulis, C., Hajji, H., Remaud-Simeon, M., and Ellouz-Ghorbel, R. 2016. Evaluation of dough rheological properties and bread texture of pearl millet-wheat flour mix. Journal of Food Science and Technology, 53(4): 2061–2066.

[28] Rosell, C.M., Haros, M., Escriva, C., and Benedito De Barber, C. 2001. Experimental approach to optimise the use of alpha Amylases in bread making. Journal of Agriculture Food Chemistry, 49(6): 2973-2977.

[29] Curic, D., Novotni, D., Tusak, D., Bauman, I., and Gabric, D. 2007. Gluten free bread production by the corn meal and soy bean flour extruded bland usage. Journal of Agriculture Conspectus Scientificus, 72(3): 227-232.

[30] Lei, F., Ji-chun, T., Cai-ling, S., and Chun, L. 2008. RVA and Farinograph Properties Study on Blends of Resistant Starch and Wheat Flour. Agricultural Sciences in China, 7: 812-822.

[31] Moreira, R., Chenlo, F., and Torres, M.D. 2013. Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free dough's based on chestnut flour. LWT-Food Science and Technology, 50(1): 160-166.

[32] McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J, and Arendt, E.K. 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten free bread. Cereal Chemistry, 82: 609-615.

[33] Fatemi, H. 2004. Food chemistry (Vol. 4 Edition): Publication Joint Stock Company. (In persian)

[34] Piazza, L., and Gigli, J. 2009. Multi-scale estimation of water soluble diffusivity in polysaccharide gels. Di Milano University, Italy.

[35] Chinachoti, P. 1995. Carbohydrates: functionality in food. American Journal of Clinical Nutrition, 61: 922-929.

[36] Karuppasamy, P., Malathi, D., Banumath, P., Varadharaju, N., and Seetharaman, K. 2013. Evaluation of Quality Characteristics of Bread from Kodo Little and Foxtail Millets. International Journal of Food and Nutritional Sciences, 2:35-39.

[37] Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., Leon, A.E., and Perez, G.T. 2012. Incorporation of several additives into gluten-free breads: Effect on dough properties and bread quality. Journal of Food Engineering, 111(4): 590-597.

[38] Pedreschi, F., Leo´n, J., Mery, D., and Moyano, P. 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. Food Research International, 39: 1092-1098.

[39] Mannuramath, M., Yenagi, N., and Orsat, V. 2015. Quality evaluation of little millet (*Panicum miliare*) incorporated functional bread. Journal of Food Science and Technology, 52(12): 8357–8363.

[40] Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, 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(3): 1033- 1047.

[41] Ghiafeh Davoodi, M., Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Sheikholeslami, Z. 2014. The effect of the selected emulsifiers (E471, DATEM and SYTREM) and final fermentation time on reduction of staling and improvement of physical properties of Barbari bread using composite wheat- potato flour. Journal of Food Science and Technology, 42(11): 81-93. (In persian).

[42] Koocheki, A., Shahidi, F., Mortazavi, S.A., Karimi, M., and Milani, E. 2011. Effect of Godume shirazi (*Alyssum homolocarpum*) seed and xanthan gum on rheological properties of wheat flour dough and quality of bread. 7(1): 6-19. (In persian).

[43] Azarbad, H., Mazaheri Tehraniand, H.R., and Rashidi, H. 2016. Determination of chemical, sensory and mechanical texture characteristics of reduced gluten Barbari bread made from wheat flour and millet flour blend. Journal of Food Research, 26(1): 139-149. (In persian).

[44] Beswa, D. 2008. Assessment of the feasibility of using wheat-finger millet composite flour for bread making. MSc Thesis in food technology. University of Johannesburg.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation of Dough Rheological Properties and Quantitative and Qualitative Characteristics of Semi Volume Barbari Bread Containing Millet Flour

Rafie, H. [1], Ghiafeh Davoodi, M. [2]

1. MSc. Student of Food Science, Department of Food Science and Technology, Torbat-e Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh, Iran.
2. Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2020/ 08/ 10
Accepted 2020/ 12/ 11

Keywords:

Barbari bread,
Millet flour,
Guar gum,
Xanthan gum,
Farinograph properties.

DOI: 10.52547/fsct.18.04.16

*Corresponding Author E-Mail: mehdidavoodi@yahoo.com

ABSTRACT

The production of composite breads, in addition to reducing dependence on wheat, will improve the nutritional value of the final product and diversify the consumer food basket. So, the aim of this study was investigation of the effect of replacing wheat flour by millet flour at levels of 10, 20 and 30% in formulation at the presence of different ratios of guar-xanthan gums (0.3-0.1, 0.6-0.15 and 0.9-0.2%) on dough rheological properties and physicochemical and sensorial characteristics of semi volume Barbari bread in completely randomized factorial design ($p<0.05$). The results of farinograph test showed that the amount of water absorption, dough development time, stability time and value of the dough valorimeter decreased by increasing the amount of millet flour in the formulation and increased by increasing amount of gum and xanthan gum. In addition, the results indicated the moisture content and specific volume by increasing the amount of millet flour and addition gums, were decreased and increased respectively. Although the amount of water activity and texture firmness (2 h and 3 days after baking) were increased, while by increasing the amount of gums, these qualitative parameters were decreased. The results of evaluation crust color showed the L* and a* values were decreased and the a* value was increased by addition millet flour. On the other hand by adding different levels of gums the L* and a* values were increased and had no significant effect on b* value. In the sensory evaluation, the sample containing 10% millet flour, 0.9% of guar and 0.2% xanthan was introduced as the best sample by panelists. Therefore, by adding a suitable level of gluten-free millet grain to the bread formulation, in addition to creating variety in the food basket, its nutritional value can also be improved.