

## ارزیابی ویژگی‌های عملکردی آرد ارزن به منظور استفاده در فرمولاسیون کوکوی فاقد گلوتن بر پایه آرد برنج

فائزه کرمی<sup>۱</sup>، مهران اعلمی<sup>۲\*</sup>، علیرضا صادقی ماهونک<sup>۲</sup>، هدی شهیری طبرستانی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- دانشیار دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۴)

### چکیده

بیسکویت و کوکی بدون گلوتن می‌تواند در رژیم غذایی بیماران مبتلا به سلیاک قرار گیرد. با این حال اغلب فرآورده‌های نانوائی فاقد گلوتن بصورت تجاری بر پایه نشاسته خالص و یا ترکیب نشاسته ذرت با آردهای بدون گلوتن، نشاسته غده‌ها و پروتئین هستند که با ایجاد خشکی و حالت سنی در فرآورده همراه است. هدف از پژوهش حاضر بررسی ویژگی‌های عملکردی نمونه آردها و ترکیب آرد ارزن و آرد برنج با نسبت‌های (۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۵:۸۵، ۱۰:۹۰ درصد) در تهیه کوکی بدون گلوتن بود. در این راستا نیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه ارزن (رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر و فیبر)، آرد (جذب آب، جذب روغن) و کوکی (قطر، ضخامت، میزان گسترش‌پذیری، رنگ و سفتی) مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج با افزایش درصد جایگزینی آرد ارزن ظرفیت نگهداری آب بطور معنی‌داری افزایش و ظرفیت جذب روغن بطور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت. در نمونه‌های کوکی با افزایش درصد جایگزینی آرد ارزن، میزان گسترش‌پذیری کوکی‌ها به طوری معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش و میزان روشنایی ( $L^*$ ) نمونه‌ها به دلیل افزایش محتوای پروتئین و انجام واکنش مایلارد کاهش یافت. بعلاوه کوکی‌هایی که حاوی آرد ارزن بیش‌تری نسبت به نمونه‌های دیگر بودند، سفتی بافت بالاتر، فعالیت آبی پایین‌تر، و بیش‌ترین افت پخت را از خود نشان دادند. امتیاز پذیرش کلی نمونه کوکی حاوی ۱۵ درصد آرد ارزن نسبت به سایر نمونه‌ها بالاتر بود.

**کلید واژگان:** آرد ارزن، ویژگی عملکردی، کوکی بدون گلوتن، سفتی

\*مسئول مکاتبات: Mehran alami@gau.ac.ir

## ۱- مقدمه

بیماری سلیاک یکی از شایع‌ترین اختلالات مادام‌العمر در سراسر جهان است که با مصرف گلوتن و محصولات حاوی آن در بعضی افراد به وجود می‌آید. در واقع بیماری سلیاک عدم تحمل دائمی به پروتئین‌های غلات با توالی‌های اولیگوپپتیدی ویژه می‌باشد که موجب التهاب روده کوچک می‌شود [۱]. افرادی که به بیماری سلیاک مبتلا هستند پروتئین‌هایی مانند گلایدین گندم، سکالین چاودار، هوردئین جو و آونین یولاف را نمی‌توانند مصرف کنند [۲]. از این رو، با توجه به وجود حساسیت به گلوتن در بیماران مبتلا به سلیاک، می‌توان از آرد غلات بدون گلوتن نظیر ارزن و برنج در تولید فرآورده‌های غله‌ای استفاده کرد.

برنج یکی از مناسب‌ترین غلات به منظور آماده‌سازی مواد غذایی برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد. برنج دارای خواص تغذیه‌ای منحصربه‌فرد، بی‌رنگ، همراه با طعمی مطلوب و حاوی مقادیر کم سدیم، پروتئین، چربی و مقادیر زیادی کربوهیدرات‌های با قابلیت هضم بالاست [۲]. در رژیم غذایی فرآورده‌های بدون گلوتن، در نیروی دریافتی از طریق کربوهیدرات‌ها پروتئین و چربی، توازن وجود ندارد. همچنین اکثر فرآورده‌های بدون گلوتن موجود در بازار در مقایسه با فرآورده‌های مشابه حاوی گلوتن، دارای مقادیر کمتری ویتامین ب، آهن و فیبر هستند [۳]. فرآورده‌های بدون گلوتن اغلب دارای مقدار پروتئین، مواد معدنی و فیبر کمی هستند [۴].

از طرفی یکی از مشکلات بیماران سلیاکی این است که به دلیل محدودیت در رژیم غذایی و اختلال در جذب ریزمغذی‌ها، نیاز به مصرف فرآورده‌هایی دارند که از لحاظ برخورداری از فیبر رژیمی، پروتئین و ریز مغذی‌ها ارجحیت داشته باشند [۲]. لذا استفاده از آرد برنج به صورت ترکیبی با سایر آردها نظیر آرد ارزن که از لحاظ مواد مغذی غنی‌تر می‌باشد، می‌تواند بخش زیادی از نیاز تغذیه‌ای بیماران سلیاکی را تأمین نماید.

ارزن یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های کشاورزی مقاوم در برابر خشکسالی است. دانه ارزن در حال حاضر در کشورهای در حال توسعه بعنوان غذا و هم‌چنین در برخی کشورهای توسعه یافته در تولید بیواتانول و بیوفیلم مورد توجه خاص قرار گرفته است [۵].

محتوای پروتئین ارزن معمولی<sup>۱</sup> ۱۱/۶ درصد ماده خشک است که قابل مقایسه با گندم است. پروتئین دانه ارزن معمولی از لحاظ اسیدآمین‌های ضروری (لوسین، ایزولوسین و متیونین) نسبت به پروتئین گندم غنی‌تر است [۶]. بعلاوه ارزن غنی از مواد شیمیایی گیاهی (فیتوکمیکال) و ریزمغذی‌ها<sup>۲</sup> است [۷، ۸].

تحقیقات زیادی در مورد نان‌های بدون گلوتن صورت گرفته است اما بررسی‌های محدودی پیرامون سایر فرآورده‌های بدون گلوتن از جمله کیک، کلوچه، بیسکویت، کوکی، پاستا و نودل وجود دارد [۹]. در واقع کوکی‌ها یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های نانویی در جهان هستند که به دلیل راحتی پخت، مدت ماندگاری بالا و کیفیت غذایی مناسب، برای همه گروه‌های سنی مطلوب هستند. تولید کوکی‌های بدون گلوتن، با کیفیت بالا نیاز به تشکیل خمیر چسبنده مشابه خمیر حاصل از آرد گندم دارد [۱۰]. در خمیر بیسکویت و کوکی برخلاف خمیر نان، نیاز به تشکیل شبکه منسجم و کامل گلوتن نیست [۱۱]، که این خود اجازه می‌دهد مواد مغذی متنوع‌تری در تولید کوکی‌های بدون گلوتن استفاده شود. از این رو کوکی‌های بدون گلوتن، توان بالقوه‌ای از لحاظ مواد مغذی ضروری در رژیم غذایی بیماران سلیاک برخوردارند [۱۲]. کوکی‌ها معمولاً شامل سه جزء اصلی یعنی آرد، قند و چربی و مقدار کمی آب هستند. این ترکیبات همراه با سایر ترکیبات جزئی، به منظور تشکیل خمیر مخلوط می‌شوند [۱۳]. بیسکویت و کوکی بدون گلوتن می‌تواند در رژیم غذایی بیماران مبتلا به سلیاک قرار گیرد. با این حال اغلب این فرآورده‌ها بر پایه نشاسته خالص هستند که باعث ایجاد خشکی و حالت سنی در فرآورده می‌شود [۱۱]. بسیاری از فرآورده‌های نانویی تجاری، بیشتر از ترکیب نشاسته ذرت با آردهای بدون گلوتن، نشاسته غده‌ها و پروتئین ساخته می‌شوند. نسبت پروتئین و نشاسته در کوکی‌های ساخته شده از آرد گندم، به دلیل ظرفیت جذب آب، تأثیر بر رئولوژی خمیر و گسترش آن در فرآیند پخت، نقش مهمی در کیفیت کوکی‌ها ایفا می‌کند [۱۴].

بنابراین باتوجه به بررسی‌های صورت گرفته و نیاز جامعه به تولید فرآورده‌های بدون گلوتن صنایع پخت، هدف از انجام این پژوهش تهیه کوکی بدون گلوتن از ترکیب آرد ارزن و آرد برنج

1. Porso millet  
2. Micronutrient

ویژگی‌های عملکردی نمونه‌های آرد شامل ترکیب آرد ارزن و آرد برنج با نسبت‌های مختلف (۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۵:۸۵، ۱۰:۹۰ درصد) به شرح زیر تعیین شد.

### ۲-۳-۱- ظرفیت نگهداری آب (WHC)<sup>۱</sup>

به منظور تعیین ظرفیت نگهداری آب، ۰/۵ گرم از نمونه‌های آرد در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و بمدت ۳۰ ثانیه در دمای اتاق مخلوط شد. نمونه در ۳۰۰۰ گرم به مدت ۲۵ دقیقه سانتریفیوژ (Eppendorf، مدل ۵۷۰۲، آلمان) و رومانند حاصل جدا شد. وزن ته‌ماند ثبت و ظرفیت نگهداری آب نمونه بعنوان گرم آب جذب شده توسط ۱۰۰ گرم آرد بیان شد [۱۶].

### ۲-۳-۲- ظرفیت اتصال به روغن (OBC)<sup>۲</sup>

ظرفیت اتصال به روغن مطابق روش AOAC [۱۷] تعیین گردید. بدین منظور ۱ گرم از نمونه‌های آرد (W) درون لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته (لوله‌های سانتریفیوژ قبل از ریختن نمونه وزن شد) و به طور کامل بمدت ۳ دقیقه با ۱۰ میلی‌لیتر روغن نباتی (V<sub>1</sub>) با استفاده از ورتکس مخلوط شد. به نمونه‌ها اجازه داده شد بمدت ۳۰ دقیقه بمانند، سپس مخلوط در دور ۳۰۰۰g بمدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و بلافاصله پس از سانتریفیوژ، سوپرناتانت به دقت درون لوله مدرج ۱۰ میلی‌لیتر ریخته سپس حجم ثبت گردید (V<sub>2</sub>)، ظرفیت جذب روغن (میلی‌لیتر روغن در گرم آرد) مطابق فرمول  $OBC = \frac{(V_1 - V_2)}{W}$  محاسبه شد.

### ۲-۴- تهیه کوکی

مواد اولیه تشکیل‌دهنده خمیر کوکی درجدول ۱ نمایش داده شده است. به‌منظور تهیه کوکی، شورتینگ و شکر به مدت ۳ دقیقه مخلوط و به‌دنبال آن تخم مرغ، وانیل و آب اضافه و به مدت ۵ دقیقه با دور تند همزن (Gosonic، مدل GHM-818، چین) مخلوط گردید. آرد و سایر مواد پودری به منظور تشکیل خمیر مخلوط شد. خمیر به صورت ورقه‌هایی با ضخامت یکسان ۰/۶ سانتی‌متر درآمد و به‌مدت نیم ساعت در دمای یخچال استراحت داده شد. سپس با قالب‌هایی با قطر ۴/۵ سانتی‌متر برش داده و وزن آن‌ها ثبت گردید. پخت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ دقیقه در فر (leto، مدل ۱۰-۰، چین) انجام شد.

با نسبت‌های مختلف (۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۵:۸۵ درصد) و بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه ارزن (رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر، فیبر)، آرد (جذب آب، جذب روغن) و کوکی (قطر، ضخامت، میزان گسترش‌پذیری، رنگ، سفتی) حاصل از آن بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

ارزن مورد استفاده در این پژوهش از نوع ارزن معمولی (برداشت تابستان سال ۱۳۹۶) از بازار محلی تهیه شد. دانه‌های ارزن توسط آسیاب سایشی پوست‌گیری و سپس درون کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و به منظور استفاده در آزمایشات بعدی در یخچال نگهداری شد. برنج نیم‌دانه (رقم فجر) از فروشگاه استرآباد گرگان خریداری گردید. برنج پس از خیساندن و آبکش کردن، آسیاب و از الک با مش ۸۰ صاف شد. آرد برنج تولید شده در آون (memmert، مدل UFE 500، آلمان) در دمای ۴۵ درجه‌سانتی‌گراد به منظور رسیدن به رطوبت ۱۰ درصد قرار داده شد. سایر مواد اولیه شامل پودرشکر، شورتینگ، تخم‌مرغ، بکینگ‌پودر، وانیل، صمغ زانتان از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی تهیه شد.

### ۲-۲- آنالیز تقریبی آرد ارزن

خصوصیات شیمیایی آرد ارزن معمولی نظیر اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین، لیپید، کربوهیدرات و فیبر مطابق با استاندارد AAC [۱۵] تعیین گردید. محتوای رطوبت با خشک کردن ۳ گرم آرد در آون در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت به دست آمد (روش A ۴۴-۱۵). میزان خاکستر بوسیله سوزاندن نمونه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت به دست آمد (روش ۰۱-۰۸). محتوای نیتروژن به روش کجلدال تعیین شد و با استفاده از ضریب ۶/۲۵ به پروتئین تبدیل شد (روش ۶A-۱۱). مقدار لیپید با روش سوکسله (روش ۳۰-۱۰) تعیین گردید. مقدار رطوبت، پروتئین، خاکستر، لیپید و فیبر رژیمی به ترتیب ۹/۱، ۴/۰۸، ۰/۹۵، ۱۰/۱ و ۱۰/۲ درصد تعیین شد.

### ۲-۳- تعیین ویژگی‌های عملکردی نمونه‌های آرد

1. Water holding capacity
2. Oil-binding capacity

**Table 1** Formulations of gluten free cookies.

Ingredients (g)	millet flour substituted for rice flour (g)			
	0 (Control)	15	25	50
Rice flour	100	85	75	50
millet flour	0	15	25	50
Shortening	30	30	30	30
Sugar	45	45	45	45
Egg	8	8	8	8
Baking powder	0.9	0.9	0.9	0.9
Sodium Bicarbonate	0.75	0.75	0.75	0.75
vanilla	0.375	0.375	0.375	0.375
water	20	20	20	20

دیگر ضخامت هر یک به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد و میانگین این دو به عنوان ضخامت نهایی گزارش شد [۲۱، ۲۲]. گسترش‌پذیری<sup>۳</sup> کوکی از نسبت قطر به ضخامت به دست آمد [۲۰، ۲۱].

#### ۲-۴-۱-۵- تعیین بافت کوکی

ارزیابی بافت ۲۴ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه سنجش بافت (Stable Micro Systems Ltd، مدل TA-TX plus، انگلستان) با نرم‌افزار Texture Expert صورت گرفت. نمونه‌های کوکی تهیه شده برای اندازه‌گیری میزان سفتی کوکی (برحسب نیوتن) روی پایه مخصوص آزمون خمش در سه نقطه به فاصله ۴ سانتی‌متر که روی دستگاه بافت‌سنج نصب شده بود، قرار داده شد. پروپ با سرعت ۵ s/mm به طرف پایین حرکت کرده و پس از برخورد به سطح نمونه و شکستن آن، به سمت بالا حرکت نمود [۲۳].

#### ۲-۴-۱-۶- اندازه‌گیری رنگ کوکی‌ها

رنگ سطح کوکی توسط دستگاه رنگ‌سنج (Lovibond, Coloure and Appearance Measurement System, England) در سه تکرار اندازه‌گیری شد. اطلاعات به دست آمده توسط دستگاه در قالب ۳ پارامتر  $L^*$  (میزان تیرگی/روشنایی)،  $a^*$  (قرمزی / سبز بودن)،  $b^*$  (زرد / آبی) گزارش شدند [۲۴].

#### ۲-۴-۱-۷- ارزیابی حسی

بازرسی حسی به روش هدونیک ۹ نقطه‌ای از رنج ۹ (بسیارخوب) تا ۱ (بسیاربد) به کمک ۱۰ نفر ارزیاب آموزش ندیده انجام شد. ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی شامل رنگ و ظاهر، عطر و بو، بافت، طعم و مزه، احساس دهانی و پذیرش کلی بود [۱۰].

#### ۲-۴-۱- تعیین ویژگی‌های فیزیکی کوکی

##### ۲-۴-۱-۱- فعالیت آبی ( $a_w$ )<sup>۱</sup>

فعالیت آبی کوکی توسط  $a_w$  متر (Novasina LabSwift-AW، سوئیس) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا کوکی خرد شده، پس از ریخته شدن داخل ظرف مخصوص نمونه درون دستگاه قرار گرفت. فعالیت آبی کوکی‌ها در دمای ثابت خوانده شد [۱۸].

##### ۲-۴-۱-۲- افت پخت (BWL)<sup>۲</sup>

به منظور تعیین افت پخت، خمیر کوکی‌ها پس از قالب‌زنی وزن شده، سپس ۱۵ دقیقه پس از پخت نیز کوکی‌ها مجدداً وزن شدند. درصد افت پخت از فرمول زیر محاسبه شد [۱۹].

$$BWL (\%) = \frac{M_0 - M_t}{M_0} * 100$$

$M_0$  = وزن خمیر،  $M_t$  = وزن کوکی پس از پخت

##### ۲-۴-۱-۳- قطر

به منظور اندازه‌گیری قطر، به طور تصادفی از هر فرمولاسیون ۶ کوکی پس از پخت انتخاب گردید و با استفاده از کولیس (Guanglu، مدل، 102 HB-111، چین) کالیبره با دقت ۰/۱ لبه تا لبه هر کوکی اندازه‌گیری شد. سپس هر کوکی به میزان ۹۰ درجه چرخانده شده و مجدداً قطر آن اندازه‌گیری شد. میانگین آن‌ها به عنوان قطر کوکی گزارش شد [۲۰، ۲۱].

##### ۲-۴-۱-۴- ضخامت

برای اندازه‌گیری ضخامت کوکی، ۶ کوکی به طور تصادفی انتخاب، و بر روی یکدیگر قرار داده شد و توسط کولیس قطر آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس میانگین آن‌ها محاسبه گردید و بار

3. Spread ratio

1. Water activity  
2. Baking weight loss

## ۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و به کمک ANOVA آنالیز و هر آزمون حداقل در سه تکرار انجام شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری یا SAS و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- ویژگی‌های عملکردی آرد

#### ۳-۱-۱- ظرفیت نگهداری آب

ظرفیت جذب آب به عوامل مختلفی از جمله نوع دانه، مدت زمان آسیاب، پیش تیمار و سایر شرایط فرآیند دانه‌ها [۲۵] و ترکیبات تشکیل دهنده به‌خصوص مقدار نشاسته آسیب دیده [۲۶] بستگی دارد. ظرفیت نگهداری آب مخلوط آرد با نسبت‌های مختلف جایگزینی آرد ارزن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آنالیز آماری ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت؛ به طوری که بیش‌ترین ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه حاوی ۱۰۰ درصد ارزن بود. افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌تواند به افزایش مقدار پروتئین نمونه‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن مرتبط باشد. مقدار پروتئین برنج سفید محلی ۵/۹۶ درصد است [۲۷]، که نسبت به محتوای پروتئین ارزن (۱۰/۱) پایین‌تر است. به‌طور کلی ظرفیت جذب و نگهداری آب پارامتری است که در فرآورده‌هایی نظیر نان‌ها، کیک‌ها ماکارونی و فرآورده‌های قنادی کاربرد دارد [۲۸]. همچنین این ویژگی در مورد مواد غذایی همانند سوپ‌ها، خمیرها و فرآورده‌های پخت حائز اهمیت می‌باشد، زیرا در این محصولات به حبس و نگهداری آب بدون انحلال پروتئین نیاز است تا ویسکوزیته لازم تامین گردد [۲۹،۳۰]. شارما و همکاران (۲۰۱۶)، ویژگی‌های تغذیه‌ای، حسی و آنتی‌اکسیدانی کوکی‌های حاصل از مخلوط آردهای ارزن مینورا<sup>۱</sup> را بررسی کردند و دریافتند که شاخص جذب آب با افزایش نسبت ارزن کودو<sup>۲</sup> کاهش یافت که ممکن است به دلیل کاهش محتوای پروتئین

باشد [۳۱]. همچنین دریافتند که شاخص جذب آب پس از جوانه زنی دانه‌ها به دلیل افزایش محتوای پروتئین افزایش یافت زیرا پروتئین بیش‌ترین مقدار مولکول‌های آب را در ساختار خود به دام می‌اندازد. مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر ترکیب آرد برنج، نشاسته و پروتئین را در تولید کوکی بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند که با افزایش محتوای نشاسته، ظرفیت نگهداری آب، جذب آب و حجم تورم کاهش یافت [۳۲]. با جایگزین کردن پروتئین در مخلوط آرد برنج، خواص هیدراتاسیون (ظرفیت نگهداری آب، ظرفیت باند شدن آب و حجم تورم) افزایش یافت. این نتایج موافق با گزارشات تاینهام و همکاران (۲۰۰۷) در ارزیابی ظرفیت جذب آب حین ترکیب آردها باهم بود [۳۳]. به خوبی مشخص شد که پروتئین تأثیر زیادی در خواص جذب آب آرد طی آماده‌سازی خمیر داشت، و دو برابر وزن خود آب جذب کرد ضمن اینکه نشاسته تخریب نشده ۳۳٪ وزن خود آب جذب نمود [۳۴]. مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر خصوصیات آرد را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند که رابطه منفی بین محتوای پروتئین و خصوصیات هیدراتاسیون وجود دارد. به طوری که با افزایش محتوای پروتئین و کاهش محتوای نشاسته ظرفیت نگهداری آب کاهش یافت. ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت اتصال به آب بیشتر به محتوای نشاسته بستگی دارد [۳۲].

#### ۳-۱-۲- ظرفیت جذب روغن

قابلیت جذب روغن خاصیت عملکردی مهمی است که محققان بسیاری آن را محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان نموده‌اند [۳۵]. و بیشتر یک پدیده‌ی فیزیکی است. ترکیبات و بیوپلیمرهای موجود در نمونه آرد یا ایزوله پروتئینی باعث محبوس شدن و به دام افتادن قطرات روغن در داخل خود می‌شوند. محققان، این پدیده را به برهمکنش بین زنجیره‌های غیرقطبی پروتئین با زنجیره‌های جانبی هیدروکربنی روغن، و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند. در نتیجه اختلاف بین این عوامل در مواد غذایی متنوع را دلیل تفاوت در اعداد بدست آمده برای جذب روغن پیشنهاد می‌کنند [۳۶]. همچنین هر چه اسیدهای آمینه غیرقطبی در زنجیره جانبی پروتئین‌ها بیشتر باشد، ظرفیت جذب روغن نیز بیشتر خواهد بود [۳۷]. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد بین ظرفیت جذب روغن نمونه‌ها با نسبت‌های ۱۵ و ۲۵ درصد آرد ارزن

1. Minor millet  
2. Kodo millet

از حیوانات مختلف را بررسی شد و دریافتند که قابلیت جذب آب در نمونه‌های عدس و لوبیاقرمز با ظرفیت جذب روغن آنها رابطه عکس دارد [۳۸]. این یافته با نتایج در مورد آرد شنبلیله و سویا مشابه بود [۳۶]. بالا بودن ظرفیت جذب روغن پارامتری مهم در قابلیت نگهداری عطر و طعم می‌باشد [۳۵]. آردها با قابلیت جذب روغن بالا در تهیه محصولات نظیر فرانتفورترها، سوسیس‌ها و دونات‌ها مطلوب و کارآمد هستند [۳۶].

تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p < 0.05$ ). اما نمونه‌ها با نسبت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزینی آرد ارزن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشتند و با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن ظرفیت جذب روغن کاهش یافت. می‌توان اینگونه نتیجه‌گیری نمود که هر قدر قابلیت جذب آب نمونه‌ای بیشتر باشد ظرفیت جذب روغن آن کمتر می‌گردد. در پژوهشی میزان پروتئین محلول و ظرفیت جذب آب و روغن آرد حاصل

**Table 2** Functional properties of flour

Sample (millet: rice)	Water holding capacity (g/100 g)	oil-binding capacity (ml/g)
15:85	0.83 <sup>c</sup> ± 0.04	2.70 <sup>a</sup> ± 0.10
25:75	0.86 <sup>c</sup> ± 0.04	2.67 <sup>a</sup> ± 0.12
50:50	0.93 <sup>b</sup> ± 0.02	2.30 <sup>b</sup> ± 0.30
100:0	1.01 <sup>a</sup> ± 0.01	2.17 <sup>b</sup> ± 0.06

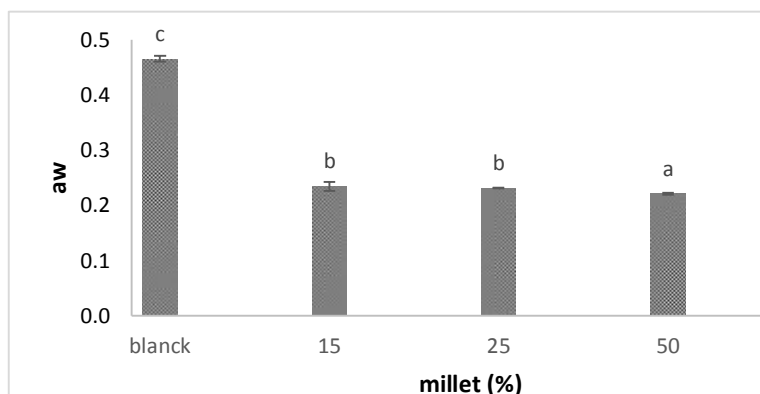
\*Mean values ± SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

با نمونه شاهد (۱۰۰ درصد برنج) با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) کاهش یافت؛ به طوری که کمترین فعالیت آبی مربوط به نمونه حاوی ۵۰ درصد ارزن بود. علت کاهش فعالیت آبی احتمالاً به مقدار فیبر بیشتر آرد ارزن نسبت به آرد برنج مربوط است که در نتیجه با جذب مقدار بیشتری آب فعالیت آبی را کاهش می‌دهد. دوتا و کولتو (۲۰۱۵)، خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، حرارتی، مکانیکی و حسی کوکی‌های بدون گلوتن بر پایه جو دوسر را بررسی کردند و دریافتند که با افزایش مقدار سبوس جو دوسر در فرمولاسیون مقدار جذب آب نیز افزایش مقدار آب آزاد در دسترس کاهش و در نتیجه فعالیت آبی نیز کاهش یافت [۴۳].

### ۲-۳- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی کوکی

#### ۱-۲-۳- فعالیت آبی

فعالیت آبی در واقع میزان خشکی محصول و حساسیت مواد غذایی به فساد میکروبی را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین عوامل رشد میکروبی بوده و تحت تأثیر دما و pH قرار می‌گیرد [۳۹]. فعالیت آبی ( $a_w < 0.8$ ) رشد میکروب‌های مختلف را تسهیل می‌کند [۴۰]. معمولاً در مواد غذایی که تغییرات بیولوژی و شیمیایی سریعتر رخ می‌دهد، فعالیت آبی بالایی مشاهده می‌شود [۴۱]. در فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن ترکیباتی مانند شکر و صمغ، با باند کردن آب، میزان آب در دسترس برای رشد میکروبی را کمتر می‌کنند [۴۲]. میزان فعالیت آبی در کوکی فرموله شده با نسبت‌های مختلف آرد ارزن (شکل ۱) در مقایسه



**Fig 1** Cookies Water activity with different level of millet flour

## ۳-۲-۳- افت پخت

درصد افت پخت کوکی با نسبت‌های مختلف آرد ارزن در شکل ۲ نشان داده شده است. بین افت پخت نمونه‌های کوکی تهیه شده از نسبت‌های ۱۵ و ۲۵ درصد آرد ارزن و همچنین در مقایسه با نمونه شاهد (۱۰۰ درصد برنج) تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) مشاهده نشد. افت پخت در نمونه‌های کوکی با نسبت ۵۰ درصد آرد ارزن در مقایسه با دو تیمار قبل و نمونه شاهد، به طور معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت. بودزاکای و همکاران، (۲۰۱۶) تاثیر ترکیبات کوکی را بر پارامترهای کیفی در طول پخت بررسی

کردند و دریافتند که در نمونه‌هایی با محتوای آب اولیه بالاتر، کاهش وزن بیشتری مشاهده شد و افت پخت نمونه‌های با محتوای رطوبت اولیه بالا بیشتر بود [۴۴]. اما پس از گذشت ۱۰ دقیقه پس از پخت، تمام کوکی‌ها بدون توجه به محتوای آب اولیه، دارای محتوای آب برابری بودند. با توجه به افزایش ظرفیت جذب آب با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن، نمونه‌های حاوی آرد ارزن بیشتر، دارای محتوای رطوبت اولیه بالاتر و میزان افت پخت بیشتر نسبت به نمونه‌های دیگر بودند.

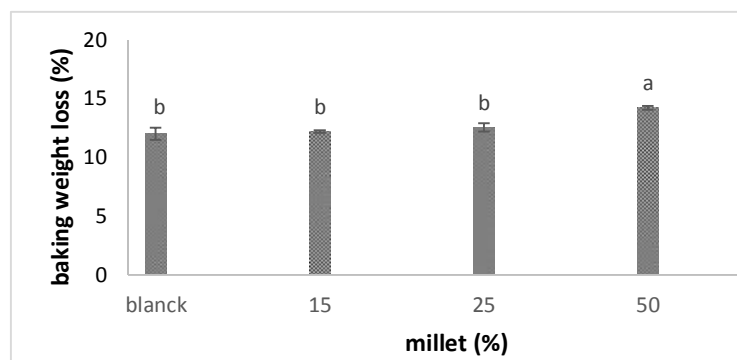


Fig 2 Cookies Baking weight loss with different level of millet flour

گسترش‌پذیری افزایش یافت [۳۲]. همچنین چانگ و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش دادند که عامل گسترش‌پذیری کوکی‌ها افزایش محتوای پروتئین غیر گندمی است [۴۶]. هادنادو و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تأثیر آرد باکویت و کربوکسی متیل سلولز بر رفتار رئولوژیک خمیر و عملکرد پخت کوکی بدون گلوتن دریافتند با افزایش جایگزینی آرد برنج با باکویت نسبت گسترش‌پذیری کوکی‌ها افزایش یافت [۴۷]. افزایش میزان گسترش‌پذیری کوکی‌های غنی شده با باکویت را می‌توان به تفاوت در ژلاتینه شدن نشاسته برنج و باکویت نسبت داد. اضافه کردن باکویت به آرد برنج، حداکثر پیک نیروی گشتاوری را در طول ژلاتینه شدن کاهش داده [۴۸]، و منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر و افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌ها شد [۴۹]. همبستگی منفی بین گسترش‌پذیری و نشاسته آسیب دیده و ظرفیت نگهداری آب در کوکی‌ها مشاهده شد [۳۲]. به طور کلی، گسترش‌پذیری کوکی‌ها به ویسکوزیته خمیر بستگی دارد [۵۰، ۵۱، ۵۲] آن دسته از اجزای آرد که مقادیر زیادی آب را

## ۳-۲-۳- ضخامت، قطر و گسترش‌پذیری

گسترش‌پذیری کوکی که در واقع میزان گسترش خمیر در طول پخت را منعکس می‌کند، یکی از پارامترهای کیفی مهم است [۴۵]. به طور کلی، گسترش‌پذیری کوکی‌ها به میزان قند، چربی و پروتئین مرتبط است و از نسبت قطر به ضخامت کوکی به دست می‌آید. نتایج گسترش‌پذیری با نسبت‌های مختلف آرد ارزن در شکل ۳ نشان داده شده است. گسترش‌پذیری و قطر نمونه‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن به طوری معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) افزایش یافت. با افزایش جایگزینی آرد ارزن در کوکی‌ها مقدار پروتئین افزایش یافته که این خود بر میزان گسترش‌پذیری تأثیر گذار است. دلیل احتمالی دیگر به تفاوت ژلاتینه شدن نشاسته برنج و ارزن و در نتیجه افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌های محتوی ارزن مربوط است. مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر خصوصیات آرد را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکر بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند که در کوکی‌های بدون گلوتن با افزایش محتوای پروتئین، نسبت

کمتر خواهد شد [۵۰،۵۳]. آردهایی که خواص هیدراتاسیون کمی داشتند، کوکی‌هایی با گسترش‌پذیری بیشتر تولید کردند [۵۴].

جذب می‌کنند، مقدار آب در دسترس برای حلالیت شکر را در فرمول کاهش می‌دهند. این باعث می‌شود که ویسکوزیته اولیه خمیر بالاتر باشد در نتیجه گسترش‌پذیری کوکی در طی پخت

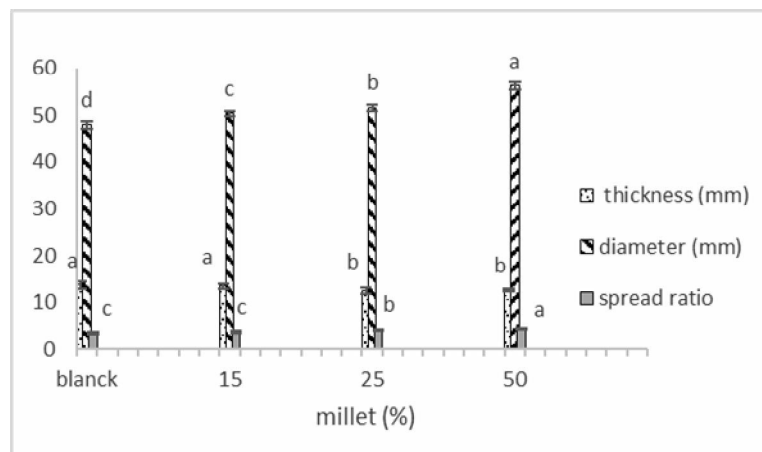


Fig 3 Cookies spread ratio with different level of millet flour

فعالیت آبی کاهش و میزان افت پخت کوکی‌ها افزایش یافت، که این می‌تواند باعث سفتی و خشک‌تر شدن بافت کوکی‌ها شود. سفتی کوکی‌ها وابسته به ساختار مرکب ماتریکس پروتئین، لیپید و قندهاست که در گرانول‌های نشاسته ژلاتینه نشده تعبیه شده‌اند. ماتریکس پروتئین پیوسته در کوکی‌های کوتاه خمیر، مانند کوکی‌های شکری، به طور عمده می‌تواند توسط گلوتن در طی پخت انجام شود [۵۹]. در این پژوهش احتمالاً با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن و افزایش مقدار پروتئین در کوکی‌ها، ماتریکس پروتئین در طی پخت تشکیل شده و باعث سفتی بافت کوکی شد. بررسی تأثیر خصوصیات آرد بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن نشان داد که بالاترین مقدار سفتی را کوکی‌های تهیه شده از آردهای باکویت، تف و ذرت داشتند [۳۲]. سفتی بیشتر کوکی‌های حاصل از آردهای تف و باکویت به دلیل محتوای بالای پروتئین این آردها بود. در طی پژوهشی مشاهده کردند که با جایگزینی آرد برنج توسط باکویت، سفتی کوکی‌ها کاهش یافت که ممکن است به اندازه ذرات ریزتر آرد برنج نسبت به آرد باکویت مرتبط باشد [۴۷]. سفتی کوکی‌ها با اندازه ذرات آرد ارتباط معکوس دارد [۳۲].

### ۳-۲-۴- بافت کوکی

حداکثر نیروی ثبت شده از منحنی نیرو / فاصله (حداکثر نیروی مورد نیاز برای شکستن کوکی یا حداکثر مقاومت کوکی در هنگام شکستن) به عنوان سختی، استحکام و نیروی شکستن گزارش شده است [۵۷، ۵۶، ۵۵]. سفتی کوکی‌ها همبستگی بالایی با محتوای رطوبت، فعالیت آبی و افت پخت دارد. به غیر از شرایط پخت، نوع و مقدار ترکیبات تشکیل دهنده محصول به شدت بر روی سفتی و سایر ویژگی‌های بافت تأثیرگذار است [۱۹]. مواد اولیه کوکی را می‌توان از لحاظ ویژگی عملکردی، تقسیم‌بندی نمود؛ به عنوان مثال شورتینگ یک تردکننده و آرد یک سفت‌کننده بوده و پروتئین‌های تخم‌مرغ به ساخت یک ساختار سلولی پایدار کمک می‌کنند [۵۸]. بر اساس نتایج بین سفتی نمونه‌های کوکی تهیه شده از نسبت‌های ۱۵ و ۲۵ درصد و همچنین نمونه‌های کوکی تهیه شده از نسبت‌های ۲۵ و ۵۰ درصد آرد ارزن تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) مشاهده نشد (شکل ۴). سفتی کوکی‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن از ۱۵ به ۵۰ درصد، به‌طور چشمگیری افزایش یافت. افزایش سفتی نمونه‌ها، به محتوای رطوبت و فعالیت آبی و ترکیب پروتئین مربوط می‌شود. در واقع با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن،



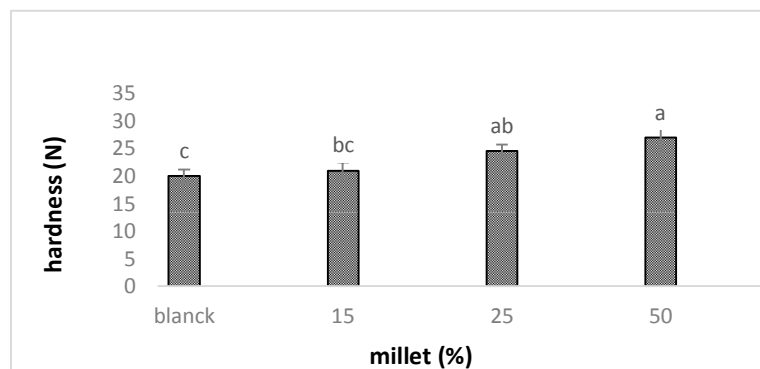


Fig 4 Cookies hardness with different level of millet flour

Table 3 Cookies Physicochemical properties with different level of millet flour

Treat	Water activity	Baking weight loss (%)	Thickness (mm)	Diameter (mm)	Spread ratio	Hardness (N)
blank	0.47 <sup>c</sup> ± 0.01	12.05 <sup>b</sup> ± 0.53	13.65 <sup>a</sup> ± 0.85	48.0 <sup>d</sup> ± 0.87	3.53 <sup>c</sup> ± 0.29	19.96 <sup>c</sup> ± 1.23
15% millet flour	0.23 <sup>b</sup> ± 0.01	12.20 <sup>b</sup> ± 0.11	13.39 <sup>a</sup> ± 0.57	50.4 <sup>c</sup> ± 0.56	3.77 <sup>c</sup> ± 0.16	21.01 <sup>bc</sup> ± 1.45
25% millet flour	0.23 <sup>b</sup> ± 0.00	12.56 <sup>b</sup> ± 0.36	12.40 <sup>b</sup> ± 0.58	51.6 <sup>b</sup> ± 0.55	4.16 <sup>b</sup> ± 0.21	24.59 <sup>ab</sup> ± 1.12
50% millet flour	0.22 <sup>a</sup> ± 0.00	14.23 <sup>a</sup> ± 0.15	12.52 <sup>b</sup> ± 0.28	56.2 <sup>a</sup> ± 0.85	4.50 <sup>a</sup> ± 0.10	27.04 <sup>a</sup> ± 3.21

\*Mean values ± SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different (P<0.05)

### ۳-۲-۵- رنگ کوکی

رنگ از ویژگی‌های مهم در پذیرش کوکی‌ها است [۱۳]. رنگ کوکی‌ها نه تنها به رنگ آرد بلکه به واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون که در طول مدت پخت رخ می‌دهد بستگی دارد [۶۰]. در طول پخت، واکنش‌های شیمیایی پیچیده در کوکی‌ها رخ داده که منجر به تشکیل مواد سمی مانند آکریل‌آمید می‌شود. خمیر کوکی به طور معمول در دمای بالا (۲۰۵ درجه سانتی‌گراد) برای چند دقیقه (۱۰ دقیقه) به منظور دستیابی به محتوای آب کمتر و تشکیل رنگ قهوه‌ای در سطح کوکی، پخت می‌شود. در طی فرآیند حرارتی، واکنش مایلارد، با ترکیب قند با آسپاراژین در دمای بالای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد [۶۱، ۶۲]. به نظر می‌رسد که واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون مسئول ایجاد رنگ‌های متفاوت در نمونه کوکی باشند. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، بین رنگ نمونه‌های کوکی محتوی ۱۵ و ۲۵ درصد آرد ارزن جایگزینی، از لحاظ میزان روشنایی (L\*) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (p>۰/۰۵) ولی به طور کلی با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن در کوکی‌ها میزان روشنایی کاهش یافت؛ بطوری که کوکی حاوی ۵۰ درصد ارزن نسبت به

نمونه شاهد رنگ تیره‌تری داشت. در واقع با افزایش محتوای پروتئین در کوکی حاوی ۵۰ درصد ارزن، میزان روشنایی (L\*) بطور معنی‌داری کاهش یافت که احتمالاً به دلیل وقوع واکنش مایلارد در نمونه باشد. گزارش شده است که محتوای پروتئین با میزان روشنایی (L\*) کوکی رابطه منفی دارد [۵۹]. این موضوع نشان‌دهنده این است که واکنش مایلارد نقش مهمی در تشکیل رنگ در کوکی دارد. جایگزینی آرد گندم با آرد برنج در کوکی‌ها، میزان روشنایی (L\*) بدلیل کاهش محتوای پروتئین افزایش یافت. همچنین مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، نیز تأثیر خصوصیات آرد را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکر بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند کوکی‌های تولید شده از آرد باکویت و تف رنگ تیره‌تری (کمترین میزان روشنایی L\*) داشتند این اثر ممکن است به دلیل محتوای پروتئین بالاتر باشد که در نتیجه باعث تشدید واکنش مایلارد می‌شود [۳۲]. از طرفی تیره شدن رنگ کوکی‌ها ممکن است ناشی از گسترش بیشتر کوکی‌ها و روغن آزاد شده در طول فرآیندهای پخت و پز باشد که می‌تواند منجر به افزایش غلظت قندها و افزایش کاراملیزاسیون که در

کوکی‌ها می‌شود [۳۴، ۶۳].

نهایت با تولید رنگدانه‌های قهوه‌ای منجر به تیره‌تر شدن سطح

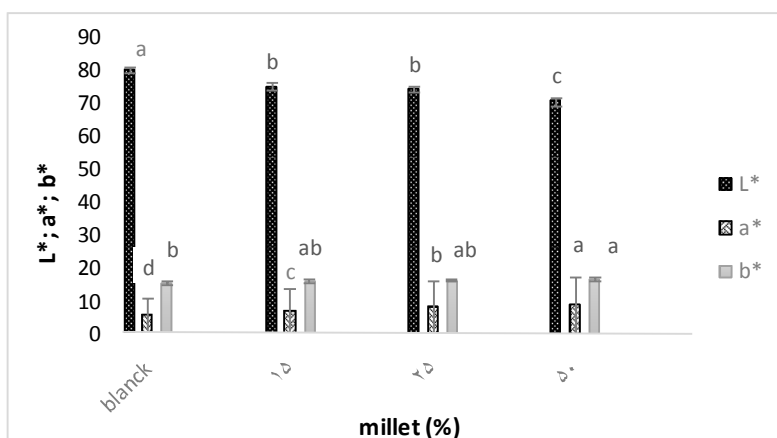


Fig 5 Cookies color parameters with different level of millet flour

کوکی‌های تهیه شده از آرد برنج و سطوح مختلف جایگزینی آرد ارزن در شکل ۶ نشان داده شده است. در پژوهش حاضر کوکی با ۱۵ درصد جایگزینی آرد ارزن بیش‌ترین پذیرش کلی را داشت (جدول ۴). همچنین به لحاظ عطر و طعم نیز بالاترین نمره را کسب کرد. از طرفی تیمار ۱۵ و ۲۵ درصد جایگزینی آرد ارزن در پذیرش کلی، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند ( $p > 0.05$ )، در حالی‌که نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار نشان دادند ( $p < 0.05$ ).

### ۳-۲-۶- ارزیابی حسی

به طور کلی، کوکی‌های با کیفیت بالا، دارای سفتی مطلوب (در طول حمل و نقل شکل خود را حفظ کنند، اما به راحتی هنگام جویدن در دهان خرد شوند)، گسترش‌پذیری بالا (قطر / ضخامت)، بی‌نظمی ظاهری کمتر، رنگ قهوه‌ای، ظاهر جذاب و عطر و طعم دلپذیر هستند [۴۷]. در کوکی طعم و مزه نسبت به ظاهر مهم‌تر است. در واقع در ارزیابی حسی، به ترتیب عطر و طعم، بافت و سپس ظاهر بیش‌ترین اهمیت را دارند [۶۴]. ظاهر



Fig 6 Images of gluten-free cookies made from different ratios of millet flour and rice flour. A, millet flour and rice flour (0: 100); B, millet flour and rice flour (15:85); C, millet flour and rice flour (25:75); D, millet flour and rice flour (50:50).

Table 4 Cookies Sensory evaluation with different level of millet flour

Treat	Color and appearance	Texture	Aroma	Taste	Mouth feel	acceptability
blank	4.9 <sup>c</sup> ± 0.88	5.35 <sup>b</sup> ± 1.25	7.0 <sup>ab</sup> ± 1.05	6.50 <sup>ab</sup> ± 1.18	6.75 <sup>a</sup> ± 1.09	5.75 <sup>b</sup> ± 1.03
15% millet flour	6.10 <sup>b</sup> ± 1.29	6.70 <sup>a</sup> ± 1.25	7.20 <sup>a</sup> ± 1.14	7.30 <sup>a</sup> ± 1.34	7.00 <sup>a</sup> ± 1.05	7.15 <sup>a</sup> ± 1.29
25% millet flour	6.00 <sup>b</sup> ± 1.56	6.10 <sup>ab</sup> ± 1.35	6.40 <sup>b</sup> ± 1.65	6.05 <sup>ab</sup> ± 2.11	5.30 <sup>b</sup> ± 1.16	6.65 <sup>ab</sup> ± 1.67
50% millet flour	7.30 <sup>a</sup> ± 0.67	5.15 <sup>b</sup> ± 1.70	6.58 <sup>b</sup> ± 1.69	5.30 <sup>b</sup> ± 1.89	5.00 <sup>b</sup> ± 1.25	5.45 <sup>b</sup> ± 1.26

\*Mean values ± SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ )

## ۴- منابع

- [10] Jan, Romee, Saxena, DC, & Singh, Sukhcham. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-free cookies made from raw and germinated *Chenopodium* (*Chenopodium album*) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 281-287.
- [11] Schober, Tilman J, O'brien, Colm M, McCarthy, Denise, Darnedde, Anja, & Arendt, Elke K. (2003). Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology*, 216(5), 369-376.
- [12] Taranto, Francesca, Delvecchio, Laura Nunzia, Mangini, Giacomo, Del Faro, Loredana, Blanco, Antonio, & Pasqualone, Antonella. (2012). Molecular and physico-chemical evaluation of enzymatic browning of whole meal and dough in a collection of tetraploid wheats. *Journal of cereal science*, 55(3), 405-414.
- [13] Zucco, Francine, Borsuk, Yulia, & Arntfield, Susan D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2070-2076.
- [14] Pareyt, Bram, & Delcour, Jan A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(9), 824-839.
- [15] AACC, I. (2000). Approved Methods of the AACC. *Association of Cereal Chemists, St. Paul*.
- [16] Diniz, Fabio M, & Martin, Antonio M. (1997). Optimization of nitrogen recovery in the enzymatic hydrolysis of dogfish (*Squalus acanthias*) protein. Composition of the hydrolysates. *International journal of food sciences and nutrition*, 48(3), 191-200.
- AOAC (2005) Official Methods of Analysis, (18th edn). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- [17] Dhankhar, Poonam, & Tech, M. (2013). A study on development of coconut based gluten free cookies. *International Journal of Engineering Science Invention*, 2(12), 10-19.
- [1] Foschia, Martina, Horstmann, Stefan, Arendt, Elke K, & Zannini, Emanuele. (2016). Nutritional therapy-facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. *International journal of food microbiology*, 239, 113-124.
- [2] Gallagher, E, Gormley, TR, & Arendt, EK. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 153-161.
- [3] Alvarez-Jubete, L, Arendt, EK, & Gallagher, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 106-113.
- [4] KrUpa-KozaK, Urszula, WroNkoWSK, Małgorzata, & Soral-ŚMietaNa, Maria. (2011). Effect of Buckwheat Flour on Microelements and Proteins. *Czech J. Food Sci. Vol*, 29(2), 103-108.
- [5] Li, Jingjun, Chen, Zhengxing, Guan, Xiao, Liu, Jing, Zhang, Mingdi, & Xu, Baocai. (2008). Optimization of germination conditions to enhance hydroxyl radical inhibition by water-soluble protein from stress millet. *Journal of cereal science*, 48(3), 619-624.
- [6] Kalinova, Jana, & Moudry, Jan. (2006). Content and quality of protein in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(1), 43.
- [7] Mal, Bhag, Padulosi, S, & Ravi, S Bala. (2010). Minor millets in South Asia: learnings from IFAD-NUS Project in India and Nepal. *Bioversity International, Maccaresse, Rome, Italy and the MS Swaminathan Research Foundation, Chennai, India*, 1-176.
- [8] Singh, KP, Mishra, Abhinav, & Mishra, HN. (2012). Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 276-282.
- [9] Sumnu, Gulum, Koksel, Filiz, Sahin, Serpil, Basman, Arzu, & Meda, Venkatesh. (2010). The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens. *International journal of food science & technology*, 45(1), 87-93.

- physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food hydrocolloids*, 21(1), 1-22.
- [29] Adeyeye, EI, Oshodi, AA, & Ipinmoroti, KO. (1994). Functional properties of some varieties of African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa*) flour II. *International journal of food sciences and nutrition*, 45(2), 115-126.
- [30] Seena, S, & Sridhar, KR. (2005). Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, *Canavalia* of the southwest coast of India. *Food Research International*, 38(7), 803-814.
- [31] Sharma, Seema, Saxena, Dharmesh C, & Riari, Charanjit S. (2016). Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets. *Journal of cereal science*, 72, 153-161.
- [32] Mancebo, Camino M, Picón, Javier, & Gómez, Manuel. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 264-269.
- [33] Traynham, TL, Myers, Deland J, Carriquiry, AL, & Johnson, LA. (2007). Evaluation of water-holding capacity for wheat-soy flour blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(2), 151.
- [34] Manley, Duncan. (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*: Elsevier.
- [35] Kinsella, JE. (1982). Relationships between structure and functional properties of food proteins. *Food proteins*, 1, 51-103.
- [36] Feyzi, Samira, Varidi, Mahdi, Zare, Fatemeh, & Varidi, Mohammad Javad. (1392). Investigation of Chemical Composition, Color Parameters and Functional Properties of Fenugreek Flour and Comparison with Soybean Flour. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, Vol. 2, Number 2, Pages 121-138
- [37] Adebawale, YA, Adeyemi, IA, & Oshodi, AA. (2005). Functional and physicochemical properties of flours of six *Mucuna* species. *African Journal of Biotechnology*, 4(12).
- [38] Asadpour, Elham, Jafari, Mahdi, Sadeghi mahonk, Alireza, & Ghorbani, Mohammad. (1389). Determination of soluble protein
- [19] Šarić, Bojana M, Nedeljković, Nataša M, Šimurina, Olivera D, Pestorić, Mladenka V, Kos, Jovana J, Mandić, Anamarija I, . . . Mišan, Aleksandra Č. (2014). The influence of baking time and temperature on characteristics of gluten free cookies enriched with blueberry pomace. *Food and Feed Research*, 41(1), 39-46.
- [20] Krishnan, Rateesh, Dharmaraj, Usha, Manohar, R Sai, & Malleshi, NG. (2011). Quality characteristics of biscuits prepared from finger millet seed coat based composite flour. *Food Chemistry*, 129(2), 499-506.
- [21] Zoulias, Emmanuel I, Piknis, Spyros, & Oreopoulou, Vassiliki. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2049-2056.
- [22] Taylor, TP, Fasina, O, & Bell, LN. (2008). Physical properties and consumer liking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose. *Journal of food science*, 73(3), S145-S151.
- [23] Steffe, James Freeman. (1996). *Rheological methods in food process engineering*: Freeman press.
- [24] Bassinello, Priscila Z, de GC Freitas, Daniela, Ascheri, José Luiz R, Takeiti, Cristina Y, Carvalho, Rosangela N, Koakuzu, Selma N, & Carvalho, Ana V. (2011). Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. *Procedia Food Science*, 1, 1645-1652.
- [25] Cauvain, Stanley P, & Young, Linda S. (2009). *Bakery food manufacture and quality: water control and effects*: John Wiley & Sons.
- [26] Berton, Benjamin, Scher, Joël, Villieras, Frédéric, & Hardy, Joël. (2002). Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. *Powder Technology*, 128(2-3), 326-331.
- [27] Thomas, Rachel, Wan-Nadiah, WA, & Bhat, Rajeev. (2013). Physicochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia. *International Food Research Journal*, 20(3), 1345.
- [28] Singh, Jaspreet, Kaur, Lovedeep, & McCarthy, OJ. (2007). Factors influencing the

- free cookie dough. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1770-1781.
- [48] Torbica, Aleksandra, Hadnadev, Miroslav, & Dapčević, Tamara. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food hydrocolloids*, 24(6-7), 626-632.
- [49] Tsen, CC, Bauck, LJ, & Hoover, WJ. (1975). Using surfactants to improve the quality of cookies made from hard wheat flours. *Sage*, 2(63), 6.
- [50] Hosenev, RC, & Rogers, DE. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. *The science of cookie and cracker production*, 1, 203-225.
- [51] Hosenev, RC, Wade, P, & Finley, JW. (1988). Soft wheat products. *Wheat chemistry and technology*, 2, 407-456.
- [52] Yamazaki, William, T. (1959). The application of heat in the testing of flours for cookie quality. *Cereal Chemistry*, 36(1), 59-69.
- [53] Yamazaki, William T. (1955). The concentration of a factor in soft wheat flours affecting cookie quality. *Cereal Chemistry*, 32(1), 26-37.
- [54] Yamazaki, WT. (1962). Laboratory testing of flours and cookie quality research. *Cereal Sci. Today*, 7(4), 98.
- [55] Bourne, Malcolm. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*: Elsevier.
- [56] Mamat, Hasmadi, Hardan, Madian O Abu, & Hill, Sandra E. (2010). Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121(4), 1029-1038.
- [57] Pareyt, Bram, Talhaoui, Faisal, Kerckhofs, Greet, Brijs, Kristof, Goesaert, Hans, Wevers, Martine, & Delcour, Jan A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400-408.
- [58] Pyler, EJ. (1988). Enzymes in baking. *Baking, science and technology*, 1, 132-183.
- [59] Chevallier, S, Colonna, P, Della Valle, G, & Lourdin, D. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of cereal science*, 31(3), 241-252.
- [60] Ameer, Lamia Ait, Mathieu, Odile, Lalanne, Valérie, Trystram, Gilles, & content and water absorption capacity and flour oil yield from different beans. *Journal of Research in Food Science and Technology of Iran*, 3: 184-192.
- [39] Dukwal, Vimla. (2004). Fortification of Food for Value Addition: Prospects and Constraints. *Department of Food and Nutrition College of Home Science Rajasthan Agricultural University Bikaner (Rajasthan)*.
- [40] Al-Eisa, Halah. (2006). The Effect of Using Gluten-Free Flours on the Palatability, Texture, and Water Activity of White Chocolate-Chip Macadamia Nut Cookies.
- [41] Abdullah, Noorlidah, Nawawi, A, & Othman, I. (2000). Fungal spoilage of starch-based foods in relation to its water activity (aw). *Journal of Stored Products Research*, 36(1), 47-54.
- [42] Einhorn-Stoll, Ulrike, Hatakeyama, Hyoe, & Hatakeyama, Tatsuko. (2012). Influence of pectin modification on water binding properties. *Food hydrocolloids*, 27(2), 494-502.
- [43] Duta, Denisa Eglantina, & Culetu, Alina. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. *Journal of Food Engineering*, 162, 1-8.
- [44] Budžaki, Sandra, Koceva Komlenić, Daliborka, Lukinac Čačić, Jasmina, Čačić, Franjo, Jukić, Marko, & Kožul, Željko. (2014). Influence of cookies composition on temperature profiles and qualitative parameters during baking. *Croatian journal of food science and technology*, 6(2), 72-78.
- [45] HadiNezhad, Mehri, & Butler, Francis. (2009). Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. *Journal of cereal science*, 49(2), 178-183.
- [46] Chung, Hyun-Jung, Cho, Ahra, & Lim, Seung-Taik. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 260-266.
- [47] Hadnadev, Tamara R Dapčević, Torbica, Aleksandra M, & Hadnadev, Miroslav S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-

- [63] Wade, Peter. (1988). *Biscuits, cookies, and crackers*: Elsevier applied science.
- [64] Moskowitz, Howard R, & Krieger, Bert. (1995). The contribution of sensory liking to overall liking: An analysis of six food categories. *Food Quality and Preference*, 6(2), 83-90.
- Birlouez-Aragon, Ines. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. *Food Chemistry*, 101(4), 1407-1416.
- [61] Zanoni, B, Peri, C, & Bruno, D. (1995). Modelling of browning kinetics of bread crust during baking. *LWT-Food Science and Technology*, 28(6), 604-609.
- [62] Ramírez-Jiménez, Antonio, Guerra-Hernández, Eduardo, & García-Villanova, Belén. (2003). Evolution of non-enzymatic browning during storage of infant rice cereal. *Food Chemistry*, 83(2), 219-225.

## Evaluation of functional properties of millet flour ready for use in gluten-free cookie formulations based on rice flour.

Karami, F. <sup>1</sup>, Aalami, M. <sup>2\*</sup>, Sadeghi Mahoonak, A. <sup>2</sup>, HodaShahiri Tabarestani, H. <sup>3</sup>

1. MSc student in Food Science and Technology, Faculty of Food Science, Gorgan University of Agricultural
2. Associate Professor, Faculty of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Gorgan, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Gorgan, Iran

(Received: 2018/07/11 Accepted:2019/02/03)

Cookies and biscuit might be included in the list of gluten-free products for patients with celiac disease. However, most gluten-free bakery products are commercially based on pure starch, blend of maize starch and gluten-free flour, and protein which lead to dryness and sandy state of the final product. In this regard, there is a strong need to develop gluten-free cookies that are technologically complete as well as economical. The main purpose of this study was to investigate the functional properties of flours and different ratios of millet flour and rice flour (50:50, 25:75, 15:85, 0: 100) in the preparation of gluten-free cookies. Physicochemical properties of millet grain (moisture, fat, protein, ash, and fiber), flour (water absorption, oil absorption), and cookies (diameter, thickness, degree of expansion, color, and stiffness) were also investigated. The results showed that replacing rice flour with higher levels of millet flour led to an increase in water holding capacity (WHC) and decrease in oil absorption capacity (OAC), significantly ( $p < 0.05$ ). Higher amounts of millet flour showed a significant linear relation with degree of expansion in the cookies ( $p < 0.05$ ) and lightness ( $L^*$ ) of the samples decreased due to increased protein content and Millard reaction. Moreover, higher replacement of rice flour with millet flour in the cookies resulted in higher hardness and cooking loss but lower water activity and lightness ( $L^*$ ). The highest overall accessibility rate was for a cookie containing 15% millet flour.

**Keywords:** Millet flour, Functional properties, Gluten-free cookie, Hard

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: Mehran alami@gau.ac.ir