



## استفاده از ارزن به عنوان جایگزین آرد گندم در تولید کیک یزدی با گلوتن کاهش یافته

افسانه معینی<sup>۱</sup>، مسعود شفافی زنونزبان<sup>۱\*</sup>، حجت کاراژیان<sup>۲</sup>، امیر حسین الهامی راد<sup>۱</sup>، احمد پدرام نیا<sup>۱</sup>

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>تاریخ های مقاله :</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱</p>	<p>محصولات نانوائی که بخش عمده‌ای از صنایع غذایی فراوری شده را تشکیل می‌دهند، عموماً با آرد گندم تهیه شده و در هنگام اختلاط با آب شبکه گلوتن قوی ایجاد می‌کنند. اگرچه حضور پروتئین‌های گلوته‌نی در آرد گندم یک ویژگی منحصر بفرد است اما، جایگزینی آرد گندم با سایر دانه‌های غلات در فرآورده‌های نانوائی تا یک حد مشخص امکان‌پذیر است. در تحقیق حاضر سه ارزن با نام‌های ارزن ایتالیایی، ارزن مرواریدی و ارزن معمولی استفاده شدند. آرد ارزن استفاده شده به نسبت ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد جایگزین آرد گندم شد. ویژگی‌های بافتی، حسی و پارامترهای رنگی نمونه‌های کیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش در مقدار آرد ارزن در خمیر کیک خواص کارآیی پخت خمیر کیک را کاهش داد. میانگین ارتفاع کیک با افزایش مقدار آرد ارزن در خمیر کیک کاهش یافت. ارزن مرواریدی حجم کیک ارزنی بهتری را در مقایسه با دو کیک دیگر نشان داد. پیوستگی کیک ارزن با افزایش مقدار ارزن کاهش یافت و این تغییرات در پیوستگی برای هر سه آرد ارزن مشابه بود. ترکیب ارزن در خمیر کیک چسبندگی را کاهش داد. کیک‌های با ترکیب بیشتر ارزن سختی بیشتری داشتند. بطور کلی، ارزن مرواریدی کیک بهتری را در مقایسه با ارزن‌های ایتالیایی و معمولی تولید کرد. مقبولیت کلی کیک‌های ارزن در ارزیابی‌های حسی بیشتر بدست آمدند. با در نظر گرفتن کلیه خصوصیات مورد بررسی، نسبت ۳۰ درصد جایگزینی آرد ارزن بهترین سطح جایگزینی پیشنهاد شد. نتایج این تحقیق در توسعه محصولات نانوائی حاوی ارزن بسیار مفید هستند.</p>
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>ارزن، آرد گندم، کیک، ویژگی‌های بافتی، ارزیابی حسی.</p> <p>DOI: 10.52547/fsct.18.120.12</p> <p>DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.120.12.4</p> <p>مسئول مکاتبات: mshafafiz@gmail.com</p>	

## ۱- مقدمه

ارزن غله‌ای با دانه‌های کروی شکل بوده و دارای گونه‌های مختلف می‌باشد [۱]. شواهد نشان می‌دهد که این غله در کشورهای غربی از اهمیت قابل توجهی برخوردار نمی‌باشد، اما با این وجود ارزن مدت هاست به عنوان یک غذای اصلی در سراسر جهان مورد توجه است [۲]، خصوصاً در رژیم غذایی مردم آفریقا و آسیا [۳]. ارزن‌ها در حال حاضر در قاره‌های آسیا و آفریقا کشت و مصرف می‌شوند و سهم قابل توجهی از پروتئین مورد نیاز در این مناطق را فراهم می‌کنند [۴].

ارزن‌ها به دو گروه عمده و جزئی طبقه‌بندی می‌شوند. ارزن‌های سورگوم و مروارید در گروه ارزن‌های عمده و سایر ارزن‌های دیگر به عنوان ارزن‌های جزئی طبقه‌بندی می‌شوند. در سراسر جهان ۹ گونه ارزن کشت می‌شوند. از میان این ۹ گونه، ۵ گونه بنام‌های ارزن پروسو یا ارزن معمولی (*Panicum miliaceum*)، ارزن دم روباهی (*Setaria Italica*)، ارزن انگشتی (*Eleusine coracana*)، ارزن مرواریدی (*Pennisetum typhoidem*) و ارزن باریارد (*Echinochloa frumentae*) بطور متداول کشت می‌شوند [۵].

ارزن‌ها طیف گسترده‌ای از مزایای سلامتی را ارائه می‌دهند و منبع خوبی از انرژی، پروتئین‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها هستند. پروتئین ارزن منبع خوبی از اسیدهای آمینه ضروری به جز لیزین و ترئونین است اما حاوی مقدار زیادی متیونین می‌باشد. ارزن‌ها حاوی فیتوکمیکال‌ها و ریز مغذی‌های فراوانی هستند و به دلیل این مزایای تغذیه‌ای به عنوان غلات مغذی شناخته می‌شوند [۲].

امروزه محصولات نانویی بخش عمده‌ای از بازار مواد غذایی فرآوری شده را به خود اختصاص می‌دهند و این صنعت با پیشرفت در مواد مغذی و تحولات محصولات جدید به سرعت در حال تغییر است [۶]. صنعت نانویی و محصولات آن باید با عادات غذایی سالم مصرف کنندگان مطابقت داشته باشد [۷] و برای تحقق این هدف نوسازی گیاهان نانویی و توسعه محصولات جدید ضروری است [۶].

اگرچه تشکیل گلوتمین یک خاصیت منحصر به فرد پروتئین در آرد گندم است اما می‌توان آرد گندم موجود در محصولات نانویی را تا حدی با استفاده از سایر غلات جایگزین کرد. به عنوان مثال محققان محصولات نانویی را با استفاده از دانه‌های دیگر مانند سویا، چاودار و غیره و همچنین جایگزین‌های آرد

گندم بدون گلوتمین تولید کرده‌اند [۸-۱۰].

تغییرات فیزیکوشیمیایی در محتوی مواد مغذی ارزن‌ها بواسطه فرایندهایی مثل تخمیر، جوانه زنی و... در گذشته ارزیابی شده است [۱۱-۱۵]. اما، رفتار آرد ارزن‌ها در طول روند پخت و عملکرد واحد مرتبط با آن هنوز ارزیابی نشده است. کشف این خصوصیات نمای جدیدی را از استفاده از ارزن‌ها در صنعت نانویی خواهد گشود. از این رو درک و کشف تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارزن‌ها در طی پخت به منظور گسترش کاربردهای بهتر و استفاده از آردهای ارزن در محصولات پخت، مهم است.

با اینکه ارزن دارای کیفیت و محتوای تغذیه‌ای بالایی هستند، اما عموماً این دانه در تولید انبوه غذاهای فرآوری شده مانند محصولات نانویی، محصولات اکستروود شده، محصولات تخمیر شده و غیره دخیل نیستند.

بیسکویت‌هایی با آرد ارزن برنارد و مخلوط آرد گندم تصفیه شده توسط چاکاپورتی و همکاران (۲۰۱۱) تهیه شدند. محققین دریافتند که افزایش آرد ارزن باعث افزایش سختی بیسکویت می‌شود. برای تولید بیسکویت‌های با کیفیت مناسب، درصد بهینه توصیه شده آرد ارزن حدود ۱۰ درصد پیشنهاد شد [۱۶].

از آرد ارزن انگشتی و آرد گندم برای تولید بیسکویت توسط ساها و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. خصوصیات خمیر و کیفیت بیسکویت‌ها مورد بررسی قرار گرفت [۱۷].

ارزن مرواریدی، آرد گندم تصفیه شده و ماش برای تهیه کیک موز توسط سهگال (۲۰۰۸) استفاده شد. مقدار مواد مغذی کیک موز بر پایه ارزن بیشتر از کیک موز گندم بود و در ارزیابی حسی، کیک موز ارزن امتیاز متوسط دریافت کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که برای تهیه یک کیک موز مغذی و قابل قبول، می‌توان ارزن مرواریدی را تا ۳۰ درصد اضافه کرد [۱۸]. نان با استفاده از آرد ترکیبی انگشتی، پروسو، برنارد و گندم تهیه شد. وزن و حجم بالاتر در نان‌های تهیه شده از دو نوع آرد ترکیبی ارزن در مقایسه با نان تهیه شده از آرد گندم (تیمار شاهد)، مشاهده شد. ارزیابی‌های حسی نشان داد که نان تهیه شده از هر دو نوع آرد ترکیبی ارزن تقریباً برابر با نان تهیه شده از آرد گندم (تیمار شاهد) می‌باشد [۲].

پیدا کردن بهترین ترکیب از مخلوط ارزن و گندم برای محصولات مختلف نانویی بدون انجام مطالعات تحقیقاتی متعدد امکان‌پذیر نیست. با این وجود محققان همبستگی دقیقی برای تعیین کمیت و ترکیب ارزن که بتواند با موفقیت در

یزدی در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمون‌های پخت برای درک اثر آرد ارزن در روند تولید کیک انجام شد. تمام اجزا تشکیل‌دهنده دیگر در طول روند تولید کیک برای درک اثر آرد ارزن ترکیبی، بدون تغییر ثابت نگه داشته شدند.

**Table 1** Pound cake formulation

Ingredients	Quantity, g
Flour	200
Sugar	125
Butter	100
Sour cream	75
Egg	2
Baking powder	4
Salt	4

تمام اجزای تشکیل‌دهنده قبل از مخلوط کردن به دمای ۲۵ درجه رسانیده شدند و نمونه‌های خمیر کاملاً مخلوط شدند (میکسر سانی ساخت چین، مدل SM92) و با استفاده از ابزار آزمایشگاهی خمیر ارزن با سرعت چرخش ثابت و چرخش مستقیم ورز داده شدند. در قالب‌های کیک آرد پاشیده شد و چرب شدند. بعد از مخلوط کردن کیک‌ها در آون الکتریک (پارس آزما ساخت ایران) برای ۲۰ دقیقه در دمای ۱۸۰ درجه پخته شدند. ویژگی‌های کیفی کیک پس از سرد شدن بمدت دو ساعت در دمای اتاق ارزیابی شد.

## ۲-۲-۲ روش‌ها

### ۲-۲-۱-۱ آزمون ویژگی‌های فیزیکی کیک

بعد از هر آزمون پخت، کیک‌ها از آون بیرون آورده شدند و در دمای اتاق سرد شدند. همین که کیک‌ها به دمای اتاق رسیدند، پارامترهای فیزیکی شامل حجم و ارتفاع به صورت دستی ارزیابی شدند [۱۰].

### ۲-۲-۲ آنالیز مشخصات بافتی (TPA) کیک

آنالیز مشخصات بافتی (TPA) با استفاده از اینسترون (M4502) با یک پروب استوانه‌ای با قطر ۲۵ میلی‌متر متصل به یک لود سل ۵۰ نیوتنی ارزیابی شد. قطعات کیک با قطر ۵۰ میلی‌متر بریده شد و سپس تکه‌های کیک تا ۵۰٪ از ضخامت در یک سرعت ۲۵ میلی‌متر بر دقیقه فشرده شد. پنج تکرار از سه مجموعه متفاوت آزمون‌های پخت اندازه‌گیری شد و سپس میانگین گرفته شد. آنالیز مشخصات بافتی کیک تولید شده بعد از هر آزمون پخت انجام شد.

منحنی آنالیز پروفیل بافت در شکل ۱ نشان داده شده است. سختی کیک (F)، بعنوان نیروی مورد نیاز برای فشرده سازی کیک بین دندان‌های آسیا تعریف می‌شود و از ارتفاع (H<sub>1</sub>) منحنی قابل محاسبه است و با واحد نیرو (N) نیوتون بیان می‌شود.

فرآورده‌های نانوائی مورد استفاده قرار گیرد پیدا نکرده‌اند. از این رو ضروری است برای درک بهتر، تحقیقات گسترده تری در خصوص تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی ارزن در ترکیب با گندم به عنوان جایگزین گندم انجام شود.

هدف کلی این تحقیق، بررسی مناسب بودن سه آرد ارزن برای جایگزین آرد گندم در تولید کیک و امکان تولید یک کیک بر پایه ارزن با جایگزینی آرد گندم با یک آرد ارزن انتخابی است. هدف در پس این جایگزینی در محصولات نانوائی، افزایش ارزش غذایی و ارتقا خواص عملکردی محصولات نانوائی و فراهم کردن جایگزین‌های بدون گلوتن است. اضافه کردن ارزن و جایگزین کردن گندم بر کیفیت پخت و به طور کلی مقبولیت کلی مصرف‌کننده اثر خواهد گذاشت. تعیین نسبت مناسب از چنین جایگزینی‌هایی در صنعت پخت همیشه یک چالش اصلی بوده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱-۲ مواد

#### ۲-۱-۱-۲ آماده سازی نمونه

ارزن دانه غلات از سه واریته ارزن معمولی، ارزن ایتالیایی و ارزن مرواریدی از استان خراسان رضوی، شهرستان گناباد، تهیه شد. قبل از هر آزمون، این دانه‌های غله به صورت دستی تمیز می‌شوند تا از هرگونه آلودگی و ناخالصی‌هایی مثل سنگ‌ها، گل و غیره حذف شود. نمونه‌ها با دست انتخاب شدند تا دانه‌های شکسته و آسیب دیده از دانه سالم جدا شوند.

#### ۲-۱-۲ فرآیند تولید کیک

بعد از تمیز کردن، ارزن‌ها برای تولید آرد با استفاده از یک آسیاب با مقیاس خانگی، پودر شدند. آردها برای نگه داری غربال‌گری شدند و در بسته‌های پلی اتیلنی برای جلوگیری از تغییرات رطوبتی نگه داری شدند. آرد گندم از یک مغازه خوارو بار فروشی محلی خریداری شد و در این آزمایش استفاده شد.

آرد ترکیبی توسط درصدهای مختلف از آرد گندم و ارزن آماده شد. آرد گندم و ارزن به نسبت ۱۰، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد برای آماده کردن آرد ترکیبی استفاده شد. آردها در یک همزنی که دارای ظرفی با مقیاس خانگی بود ریخته شد و برای ۳۰ دقیقه برای تولید یک ترکیب آرد هموزن مخلوط شد. بعد از آمیختن، ترکیب آرد در یک ظرف غیر قابل نفوذ در برابر هوا برای جلوگیری از تغییرات رطوبتی نگه داری شد. دستورالعمل کیک

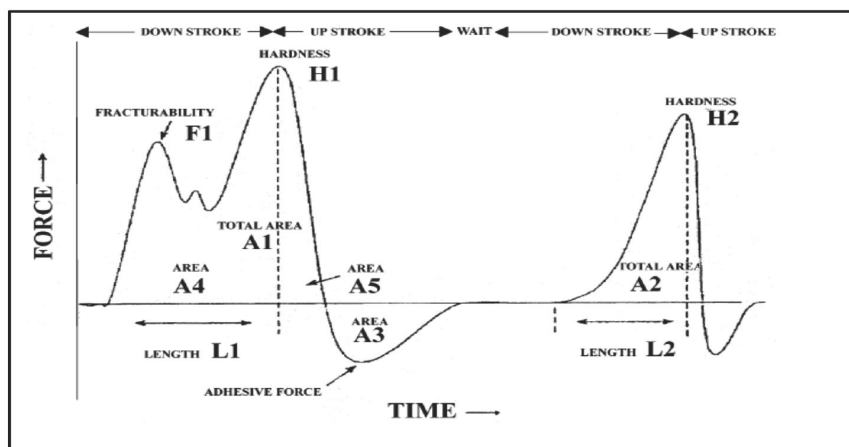


Fig 1 Texture profile analysis curve [19]

دیده بودند. کیک آردن پخته شده تازه، قبل از اینکه برای ارزیابی حسی ارسال شود تا دمای اتاق سرد شد، و نمونه‌ها به صورت تصادفی به پنلیست‌ها داده شدند. یک تکه از کیک که با کدهایی مشخص شده بودند به هر پنلیست ارائه شد. ارزیابی حسی توسط مقیاس هدونیک در ده نقطه انجام شد. ارزیابی حسی از نظر صاف بودن پوسته، آروما (عطر)، طعم، بافت، مزه و پذیرش کلی انجام شد. پذیرش ویژگی کیفی هر کدام با امتیاز ۱ (کمترین) تا ۱۰ (بیشترین) نسبت داده شدند و محصولات با میانگین امتیازات برای پذیرش کلی که بالای ۵ بود به عنوان قابل قبول در نظر گرفته شدند.

### ۳-۲- روش آنالیز نتایج

نتایج به دست آمده از آزمون‌های انجام گرفته از کیک یزدی، بر پایه طرح فاکتوریل در قالب بلوک کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار SPSS (ورژن ۲۱) مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های کیک یزدی شامل سطوح مختلف مصرفی آرد آردن بوده که میانگین نتایج با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- ارتفاع کیک

یک محصول نانوائی نتیجه بسیاری از فاکتورهای داخلی و خارجی است که در طول روند پخت اتفاق می‌افتد. اندازه‌گیری فازهای کینماتیک در یک فرایند پخت از قبیل انبساط خمیر، تشکیل ساختار، انقباض پخت، چروکیدگی در طی سرد کردن در طی فرایندایشان مشکل است. بالا آمدن کیک به فاکتورهای مختلفی مثل کیفیت، میزان نشاسته و فراکسیون پروتئینی موجود در آرد بستگی دارد. همچنین به اجزای

پیوستگی، می‌تواند به عنوان درجه‌ای که یک محصول پخته شده در شدیدترین نقطه در طول فرایند جویدن قرار می‌گیرد، تعریف شود. به عبارت دیگر، پیوستگی نیروی مورد نیاز برای شکستن بخشی از آن تعریف می‌شود که می‌تواند با استفاده از نسبت بین نواحی سطح زیر منحنی  $A_2$  منحنی بافت و سطح زیر منحنی  $A_1$  منحنی بافت (یعنی  $A_2/A_1$ ) محاسبه شود. چسبندگی می‌تواند به عنوان کار لازم برای غلبه بر نیروی جذب بین سطح غذا و سطح مواد دیگر که غذا در تماس با آن قرار می‌گیرد، تعریف می‌شود (مثل زبان، دندان، کام) یا می‌تواند کارمورد نیاز که غذا را از یک سطح دور می‌کند، تعریف شود. نیروی چسبندگی می‌تواند از منحنی پروفیل بافت ( $A_3$ ) بدست آید [۱۹].

#### ۳-۲- اندازه‌گیری رنگ کیک

رنگ پوسته کیک و مغز کیک با استفاده از کروماتر اندازه‌گیری شد ( $TMMINOLTA$ ). کروماتر با اندازه‌گیری میزان نور منعکس شده کار می‌کند و در سه مختصات  $L, a, b$  بیان می‌شود. مقدار  $L$  میزان تاریکی یا روشنایی از محصول را نمایش می‌دهد. مقدار  $a$  قرمزی و یا سبزی را نشان می‌دهد و مقدار  $b$  میزان زردی و یا آبی نمونه را تعیین می‌کند. رنگ آنژل یک شاخصی است که رنگ دقیق مواد را نشان می‌دهد. رنگ آنژل دامنه‌های رنگی است از رنگ قرمز تیره شروع شده تا رنگ ارغوانی روشن در طیف رنگی را نشان می‌دهد. زاویه فام رنگ با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

رابطه (۱)

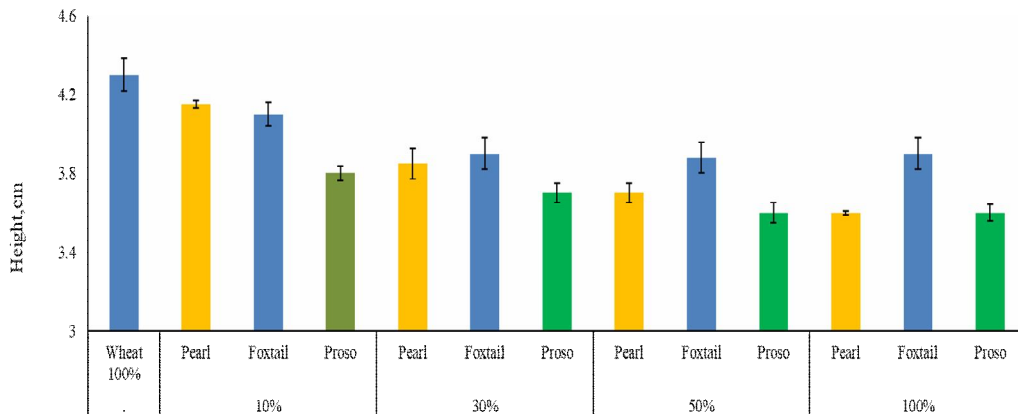
$$\tan^{-1}(a/b) = \text{زاویه فام رنگ}$$

#### ۳-۲-۴- ارزیابی‌های حسی کیک

ارزیابی حسی با گروهی از ۲۵ پنلیست انجام شد. ارزیابان حسی با تکنیک ارزیابی حسی آشنا بودند و آنها نیمه آموزش

اصلی و موثر بر ویژگی‌های افزایش حجم کیک است.

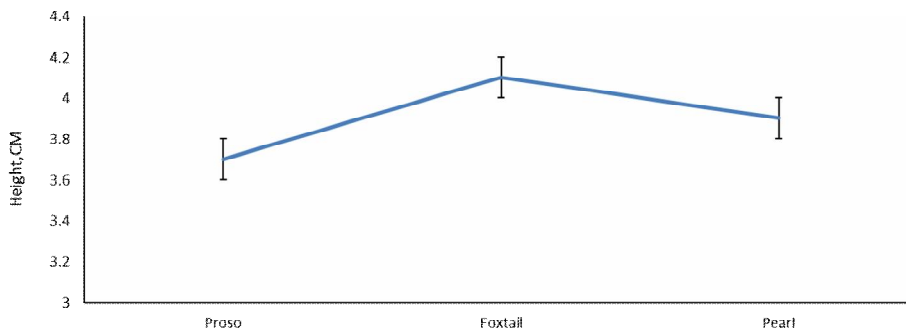
تشکیل‌دهنده دیگر مثل تخم مرغ، شورتینگ و اجزای شیر... وابسته است. علاوه بر آن کیفیت و کمیت آرد یک فاکتور



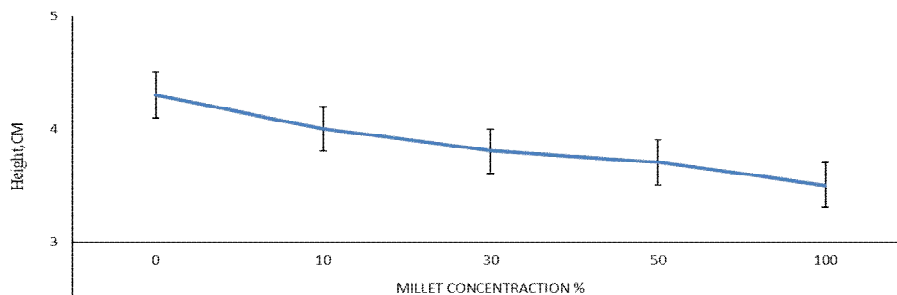
**Fig 2** Millet cake height as a function of millet flour incorporation

بالارفتن خمیر کیک داشت (شکل ۳). معمولاً، ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی در مقایسه با ارزن معمولی کیک بسیار عالی از نظر ارتفاع تولید کردند. از بین ارزن ایتالیایی و مرواریدی، ارزن ایتالیایی صرف نظر از مقدار آرد گندم همیشه کیک با ارتفاع حدود چهار سانتی‌متر ایجاد می‌کرد. حتی فرمولاسیون ۱۰۰٪ ارزن ایتالیایی ارتفاع کیک چهار سانتی‌متر تولید کرد که بالاترین ارتفاع در گروه است. ارزن معمولی کمترین ارتفاع کیک در همه ترکیب‌های آرد ترکیبی ارزن گندم را داشت. با اینکه ارتفاع کیک تحت تاثیر ترکیب ارزن قرار داشت اما اثر آن زمانی که با کیک شاهد مقایسه شد آنقدر مهم نبود.

ابعاد فیزیکی کیک‌های ارزن بعد از هر آزمون پخت اندازه‌گیری شدند. کیک قبل از اندازه‌گیری در دمای اتاق خنک شد. ارتفاع کیک‌های ارزن در شکل ۲ نشان داده شده است. ارتفاع کیک با اضافه کردن آرد ارزن به خمیر کیک به صورت منفی تحت تاثیر قرار گرفته است. میانگین ارتفاع کیک با افزایش مقدار آرد ارزن در خمیر کیک کاهش یافت (شکل ۴). برای مثال، ۱۰٪ ارزن مرواریدی در ترکیب خمیر کیک ارتفاع کیک به میزان ۴/۱ سانتی‌متر بود در حالیکه ۵۰٪ ارزن مرواریدی در ترکیب استفاده شد ارتفاع کیک تنها به ۳/۶ سانتی‌متر رسید. از میان سه ارزن انتخاب شده، ارزن ایتالیایی کمترین اثر بروی بالارفتن کیک را داشت در حالیکه ارزن معمولی بیشترین توانایی را در



**Fig 3** Millet cake height trend in terms of millet type



**Fig 4** Millet cake height trend at various millet concentrations

وابسته است. خمیر کیک به ویسکوزیته کافی برای نگه داری حبابهای گاز در طول روند مخلوط کردن نیاز دارد، و همچنین به توانایی در جهت نگه داری آنها در طی فرآیند گرمایی، احتیاج دارد [۲۰]. در طول روند پخت، یک چهارچوب ساختاری از گرانول‌های نشاسته و پروتئین مخصوصا در طی فرآیند حرارتی تشکیل می‌شود و این ساختار باید به اندازه کافی برای تقویت خودش در طول روند خنک کردن مخصوصا زمانیکه فرآورده پخته شده از آن خارج می‌شود قوی باشد. انعقاد پروتئین تخم مرغ و ژلاتینه شدن نشاسته، ویسکوزیته خمیر کیک که مسئول ویژگی‌های کیک است را افزایش می‌دهد. ساختار محکم مواد دیواره سلولی در کیک عمدتا هم به دلیل گرانول‌های متورم نشاسته و هم فاز پیوسته ژلی پروتئین‌های تخم مرغ که اطراف آنها را احاطه کرده است، می‌باشد [۲۱].

در طول روند پخت، بستن کیک عمدتا به دمای ژلاتینیزاسیون نشاسته وابسته است [۲۲]. در بررسی‌های منابع مشخص شده است که حجم کیک وابسته به دمای ژلاتینیزاسیون مرتبط است و محتوی رطوبتی و میزان شکر موجود هم بر آن موثر هستند [۲۲ و ۲۳]. در طول فرآیند پخت، گرانول‌های نشاسته متورم بایستی یک شکل گرانول سازمان یافته که برای ساختار یک کیک خوب ضروری است، را حفظ کنند [۲۴ و ۲۵].

ارزن مرواریدی کمترین عملکرد را در ارتفاع کیک با کیک ارزن ۱۰۰٪ نشان داد درحالی که دو ارزن دیگر (ایتالیایی و معمولی) ارتفاع بالاتری را ایجاد کردند. کیک ۱۰۰ درصد گندم، کیک با ارتفاع میانگین ۴/۲۵ سانتی‌متر ایجاد کرد و در میان سه ارزن، کیک ۱۰۰٪ ارزن مرواریدی ارتفاع ۳/۶ سانتی‌متر داشت که تنها ۱۵٪ کمتر از کیک ۱۰۰٪ گندم است. از میان سه ارزن، کیک ۱۰۰٪ ارزن ایتالیایی بالاترین ارتفاع کیک به میزان ۴ سانتی‌متر را داشت که تنها ۶/۲۵٪ کمتر از کیک گندم ۱۰۰٪ بود. با در نظرگیری جایگزینی موفقیت آمیز بدست آمده گلوتن با آرد ارزن، این کاهش و اثر منفی تقریبا ناچیز است. علاوه بر این این کیک‌ها بدون اضافه کردن افزودنی‌هایی مثل هیدروکلوئیدها، صمغ‌ها یا آنزیم‌هایی که کیفیت کیک را افزایش می‌دهند، تولید شدند. اضافه کردن چنین افزودنی‌هایی به طور یقین کیفیت کیک را بالا می‌برد و بالاتر از کیفیت معقول بدست آمده از جایگزینی آرد ارزن ۱۰۰٪ می‌برد، اما به‌رحال این کار یک هزینه اضافی و یک ماده تشکیل دهنده اضافی به لیست مواد تشکیل دهنده اضافه می‌کند.

### ۳-۲- حجم کیک

حجم کیک عمدتا به توانایی نگه داری خمیر کیک برای گازهای به تله انداخته شده و همچنین ساختار آن در طول روند پخت

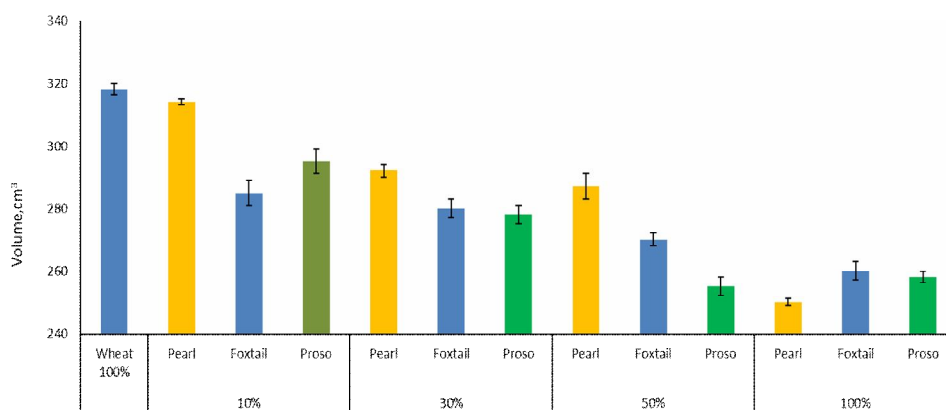


Fig 5 Millet cake volume as a function of millet flour incorporation

قرار گرفت و با افزایش مقدار ارزن حجم کیک کاهش یافت (شکل ۷).

مقایسه حجم بین کیک ارزن و کیک گندم در شکل ۵ نشان داده شده است. حجم کیک براستی تحت تاثیر ترکیب آرد ارزن

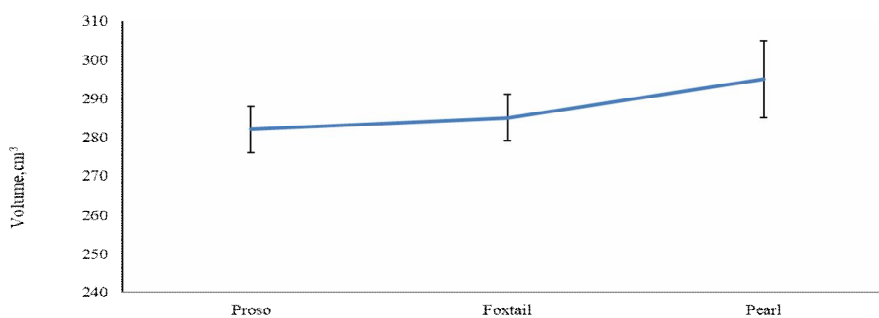
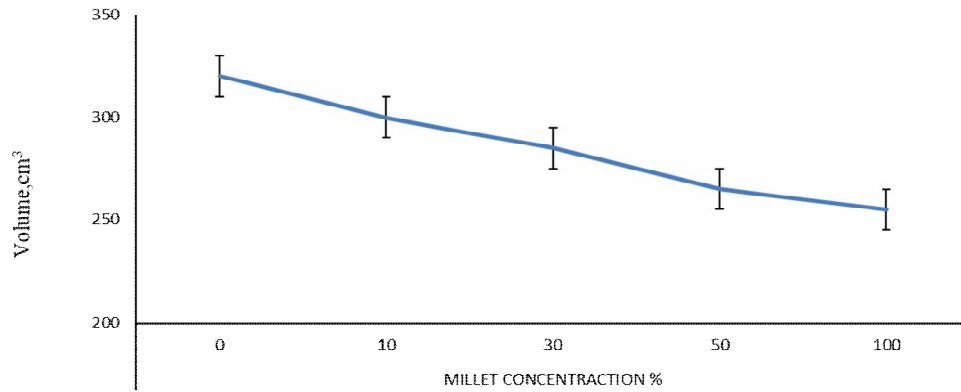


Fig 6 Millet cake volume trend in terms of millet type



**Fig 7** Millet cake volume trend at various millet concentrations

دادند. خمیر ارزن در ابتدا حدوداً تا لبه قالب شروع به بالا آمدن کرد در حالیکه مرکز خمیر در طول شروع پخت صاف باقی ماند. با پیشرفت پخت، بخش مرکزی خمیر، به آهستگی شروع به بالا آمدن کرد. کیک ۱۰۰ درصدی ارزن در مقایسه با کیک گندم، شکننده بود. رفتار پخت مشابهی توسط گلوور و همکاران (۱۹۸۶) گزارش شده است. آنها اثر آرد سورگوم با اجزائی مثل لیپید، مواد محلول در آب و فراکسیونهای نشاسته که با گندم در بالاترین نسبت کیک جایگزین شده بودند را مورد مطالعه قرار دادند. تحقیق نشان داد که حجم و بافت بدلیل برهمکنش فراکسیونهای نشاسته و سورگوم نامرغوب بود و کیک‌ها شکنندگی داشتند و به آسانی ترک خوردند [۲۶].

دمای ژلاتینیزاسیون آردهای ارزن توسط کریشنا کوماری و تایو ماناوان (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. دمای ژلاتینه شدن ارزن مرواریدی، ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی به ترتیب ۷۹/۳ و ۷۸/۸ و ۸۴/۹ درجه سانتی گراد است. ارزن ایتالیایی و ارزن مرواریدی دمای ژلاتینه شدن شبیه به هم دارند اما ارزن معمولی دمای ژلاتینه شدن بالاتری را به صورت معنی‌داری در میان سه ارزن دیگر دارد که مشاهده شد که کارایی پخت در کیک با آرد ارزن معمولی ترکیب شده در مقایسه با دو ارزن دیگر آزمون شده، کمترین بود [۲۷]. این یافته‌ها با تحقیقات سولارز و روبتالار (۱۹۷۱)، که آنها دریافتند که نشاسته‌های با دمای ژلاتینه شدن بالاتر، محصولات پخته شده ضعیفتری را در مقایسه با نشاسته‌ای با دمای ژلاتینیزاسیون کمتر تولید می‌کنند، همخوانی دارد [۲۸]. به هر جهت ژلاتینه شدن نشاسته به آب موجود در سیستم و انرژی قابل دسترسی وابسته است. تعدادی از محققین معتقدند که شکر دمایی که نشاسته ژلاتینه میشود را افزایش می‌دهد و شکر یک جز مهم از مواد تشکیل دهنده

کاهش الگوی حجم شبیه به کاهش الگوی ارتفاع کیک بود. مشابه با ارتفاع کیک، مقدار کمتر ارزن (به طور مثال ۱۰٪)، حجم بالاتری را در مقایسه با مقادیر بیشتر ارزن ایجاد کرد. برای مثال، حجم کیک با ۱۰٪ ترکیب آرد ارزن مرواریدی میزان ۳۱۳/۷۴ سانتی‌متر مکعب بود، در حالی که با ۵۰ درصد آرد ارزن مرواریدی یک حجم میانگینی معادل ۲۸۸/۹۹ سانتی‌متر مکعب بدست آمد.

ارزن مرواریدی حجم کیک ارزنی بسیار عالی را در مقایسه با دو کیک ارزن دیگر تولید کرد (شکل ۶). با اینکه ارزن ایتالیایی ارتفاع بهتری داشت، افزایش حجم کیک در کیک ارزن ایتالیایی یکسان و یک شکل نبود و کیک ارزن ایتالیایی در مقادیر بالاتر منجر به کاهش در اندازه کلی شد که منجر به حجم کمتر شد. همچنین از لحاظ آماری ارزن مرواریدی در مقایسه با ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی اختلاف آماری معنی‌داری داشت اما تفاوت معنی‌داری از نظر آماری میان حجم کیک ارزن ایتالیایی و حجم کیک معمولی وجود نداشت. ارزن معمولی کمترین کارایی را در حجم کیک در مقادیر ارزن بالاتر مثل ۳۰ و ۵۰٪ داشت. با اینکه، حجم کیک ارزن با افزایش مقدار ارزن کاهش نشان داد، کیک ارزن ۱۰۰٪ توانایی تولید حجم نسبتاً خوبی در مقایسه با کیک آرد ترکیبی گندم-ارزن داشت. جالب آنستکه، بدون کمک آرد گندم (یعنی گلوتن) کیک تنها ۱۰۰٪ ارزن ایتالیایی حجم ۲۶۲/۱۵ سانتی‌متر مکعب ایجاد کرد که به میزان جزئی در مقایسه با کیک ۳۰ و ۵۰٪ کیک ارزن ایتالیایی، کمتر بود. این مطلب بیانگر این نکته است که تولید کیک عاری از گلوتن با ۱۰۰٪ آرد ارزن امکان‌پذیر است.

خمیر ارزن ترکیبی، مخصوصاً آنهایی که غظت ارزن بیشتری داشتند، رفتار متفاوت تری را در مقایسه با خمیر گندم نشان

کیک در فرآیند تولید است [۲۳ و ۲۹]. به عبارت دیگر، شروع زلایینه شدن در دماهای پایین تر به واسطه انبساط نامناسب خمیر آماده شده، منجر به محصولات پخته شده با کیفیت ضعیف تر می شود [۳۰]. این موضوع توسط محققین دیگری هم تایید شده است. برای مثال هاوارد (۱۹۷۲)، هاوارد و همکاران (۱۹۶۸) و میلرو تریمبو (۱۹۶۵) این مطلب را برای کیک های لایه ای [۲۴، ۳۱ و ۳۲] و میزوکوشی و کاداوا (۱۹۷۹) و میزوکوشی و همکاران (۱۹۸۰) برای کیک های اسفنجی تایید کرده اند [۳۳ و ۳۴].

اهمیت سایز گرانول های نشاسته در کارایی پخت کیک توسط هاوارد و همکاران (۱۹۶۸) نشان داده شده است [۲۴]. سولارز و روبتالار (۱۹۷۱) دریافتند که گرانول های نشاسته بزرگتر، محصولات پخته شده با کیفیت تری را در مقایسه با سایز گرانول های کوچکتر تولید می کنند. آنها دریافتند که گرانول های نشاسته در گندم که اندازه های از ۲-۶ و ۲۰-۳۵ میکرومتر و گرانول های نشاسته در جو با اندازه ۲-۱۰ و ۲۰-۳۵ میکرومتر دارای کارایی پخت بهتری در مقایسه با گرانول های نشاسته در برنج با اندازه ۳-۸ میکرومتر هستند [۲۸]. مشخصات نشاسته های ارزن معمولی، ایتالیایی، مرواریدی، توسط کریشما کوماری و تایو ماناوان (۱۹۹۸) مطالعه شد. آنها دریافتند که اندازه نشاسته ارزن مرواریدی، ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی به ترتیب ۱-۹ میکرومتر و ۰/۸-۹/۶ میکرومتر و ۱/۲-۱۰ میکرومتر می باشند [۲۷]. با اینکه هر سه ارزن اندازه گرانول های مشابهی دارند اما شکل گرانول ها و توزیع نسبی آنها باهم متفاوت هستند. آنها دریافتند که نشاسته ارزن مرواریدی شامل چند ضلعی بزرگ و گرانول های کروی بزرگ و کوچک هستند و همچنین گرانول های نشاسته چند ضلعی بزرگ از گرانول های کروی بزرگ نمایان تر هستند. ارزن ایتالیایی شامل تعداد زیادی از گرانول های بزرگ چند ضلعی، کروی کوچک و گرانول چند ضلعی هستند بصورتیکه گرانول های بزرگ در مقایسه با گرانول های کوچک بیشتر حضور داشتند. ارزن معمولی شامل گرانول های چند ضلعی بزرگ، گرانول های کروی بزرگ و گرانول های کروی کوچک است [۲۷]. این اختلافات در اشکال گرانول های نشاسته ارزن ها و فراکسیون های آنها ممکن است اختلافات موجود در کارایی پخت کیک ارزن ها را توجیه کند. ارزیابی بیشتر جهت فهم کامل اثر سایز گرانول های نشاسته ارزن در کارایی پخت کیک ضروری به نظر می رسد.

فاکتور مهم دیگر که حجم کیک را نشان می دهد پیک ویسکوزیته، شکست ویسکوزیته و برگشت ویسکوزیته است. پیک ویسکوزیته وابسته به میزان تورم گرانول های نشاسته در طول فرآیند حرارتی است و پیک ویسکوزیته بالاتر با افزایش گرانول های نشاسته با تورم بالاتر مشاهده شده است [۳۵]. پیک ویسکوزیته پایین تر منجر به نگه داری ضعیف تر گاز شده که به نوبه خود منجر به کاهش حجم کیک می شود. گومز و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که ترکیب آرد نخود کوچک با آرد گندم منجر به پیک ویسکوزیته پایین تر در مقایسه با آرد گندم ۱۰۰٪ می شود. بکینگ پودر در طول روند پخت گاز تولید می کند و آرد با کیفیت خوب باید توانایی نگه داری گاز برای دستیابی به حجم خوب را داشته باشد [۳۰]. این نقش مهم ماتریکس آرد در طول روند پخت می باشد. کریشنا کوماری و تایو ماناوان (۱۹۹۸) پیک ویسکوزیته ارزن مرواریدی، ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی را به ترتیب BU۴۵۰، BU۴۵۸ و BU۳۷۵ گزارش کردند [۲۷]. ارزن معمولی دارای کمترین پیک ویسکوزیته بود که منجر به ناکافی بودن نگهداری گاز در طول روند پخت شد. به طور مشابه، ارزن معمولی دارای کمترین شکست ویسکوزیته (BU۲۰) در مقایسه با ارزن مرواریدی (BU۳۰) و ارزن ایتالیایی (BU۴۰) بود و دارای بیشترین برگشت ویسکوزیته (BU۷۹۰) در مقایسه با ارزن مرواریدی (BU۵۳۰) و ارزن ایتالیایی (BU۴۱۵) بود [۲۷]. کیک با ارزن ایتالیایی ۱۰۰٪ دارای بالاترین ارتفاع در مقایسه با کیک با ۱۰۰٪ ارزن مرواریدی و کیک با ۱۰۰٪ ارزن معمولی بود. این پدیده ممکن است به واسطه پیک ویسکوزیته بالاتر و شکست بالاتر ویسکوزیته ارزن ایتالیایی باشد. در این تحقیق، ارزن معمولی کارایی پخت ضعیفی را نشان داد که ممکن است به واسطه پیک ویسکوزیته کمتر، برگشت ویسکوزیته کمتر و نقطه شکست بالاتر ویسکوزیته ارزن معمولی باشد که این حقیقت را ثابت می کند که کیک ارزن های معمولی کارایی ضعیف در مقایسه با کیک ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی دارند.

میانگین محتوی آمیلوز برای ارزن مرواریدی ۱۸/۸۱٪ برای ارزن ایتالیایی ۱۸/۰۸٪ و برای ارزن معمولی ۲۰/۰۲٪ توسط کریشنا کوماری و تایاماناوان (۱۹۹۸) گزارش شده است [۲۷]. ارزن معمولی محتوی آمیلوز بالاتری را در مقایسه با ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی داشت، که ممکن است یک دلیل



ممکن است حقیقتاً اثر مشخصی بر کارایی پخت آنها داشته باشد. به واسطه خصوصیات فیزیکی آمیلوز، میزان آمیلوز بیشتر منجر به کاهش انبساط بالقوه و کاهش قدرت ژل برای همان میزان مقدار نشاسته می‌شود. به هر جهت، این محدودیت‌ها در پخت با بکارگیری افزودنی‌هایی از قبیل هیدروکلوئیدها و تنظیم دستورالعمل / فرمولاسیون پخت می‌تواند حل شود. در حقیقت هیدروکلوئیدها سبب اصلاح خصوصیات نشاسته از قبیل تغییر خواص چسبندگی نشاسته می‌شوند [۴۱-۳۹] و همچنین موجب اصلاح خصوصیات مثل دمای ژلاتینه شدن، ویسکوزیته خمیر و رتروگراداسیون نشاسته که بر پخت کیک اثر می‌گذارند و کیفیت محصولات نهایی پخته شده را تعیین و کنترل می‌کنند، می‌شوند [۳۲].

### ۳-۳- بررسی ویژگی‌های بافت کیک ارزن

سختی کیک، پیوستگی و چسبندگی از منحنی پروفیل آنالیز بافت محاسبه شدند و در شکل‌های ۸-۱۳ نشان داده شده است. سختی کیک یکی از مهمترین ویژگی‌ها در اندازه‌گیری کیفیت کیک است که به طور مستقیم تحت تاثیر و اثرگذار بر مقبولیت مصرف کننده است. جایگزینی گندم در محصولات پخت بر روی مشخصات بافت محصول نهایی اثر می‌گذارد که عمدتاً بواسطه تغییرات در نشاسته و فراکسیونهای پروتئینی است که بدلیل اضافه کردن سایر غلات و حبوبات و غیره در خمیر کیک و خمیر نان بوجود می‌آید. این جایگزین‌ها اغلب سبب ورود اجزای مختلف و سایر موادی غیر از پروتئین‌ها و نشاسته‌ها می‌شوند که منجر به ایجاد محصول پخته شده منحصر بفردی می‌شود.

دیگر برای کارایی ضعیف پخت ارزن معمولی باشد بطوریکه حجم کیک در ارزن معمولی در مقایسه با کیک دو ارزن دیگر، کمترین مقدار بود. ارزن ایتالیایی کمترین محتوی آمیلوز را داشت و ویژگی‌های فیزیکی کیک بسیار عالی را نشان داد. این نکته ثابت شده است که افزایش در محتوی آمیلوز یک اثر منفی بر روی روند پخت دارد. اثر منفی محتوی آمیلوز بر پخت توسط ایواشیتا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش شده است [۳۶]. آنها دریافتند که با افزایش در محتوی آمیلوز در آرد برنج، حجم مخصوص نان برنج کاهش یافت. با این حال، مطالعاتی توسط پردون و ژولیانو (۱۹۷۵) بر روی حجم کیک صورت گرفت که نشان داد با افزایش محتوی تا یک حدی از محتوی آمیلوزی حدود ۲۰-۲۵٪ و در کمتر از این سطح، حجم کیک به همان سطح میزان آمیلوز کم آرد برنج، کاهش یافت. آنها همچنین دریافتند که برنج با محتوی آمیلوز متوسط منجر به بالاترین حجم در طول فاز انبساط می‌شود [۳۷]. بهرحال کیک‌های آماده شده در این تحقیقات کیک‌های تخمیری بودند و برنج استفاده شده در آن محتوی متوسط آمیلوز را داشت. ارزن‌هایی که در پژوهش حاضر استفاده شدند حاوی آمیلوز کمتری در مقایسه با برنج بودند. به طور مشابه نیشیو و همکاران (۲۰۰۹) اثر محتوی آمیلوز در آرد گندم در کیفیت کوکی و کیک اسفنجی را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که با کاهش مقدار آمیلوز می‌توان نان با کیفیت بهتری تولید کرد. حجم کیک اسفنجی ژاپنی با یک افزایش اندک در محتوی آمیلوز افزایش یافت در حالی که با افزایش محتوی آمیلوز قطر کوکی کاهش یافت (با یک افزایش در ضخامت) [۳۸]. تفاوت در محتوی آمیلوز موجود در سه آرد ارزن آزمون شده

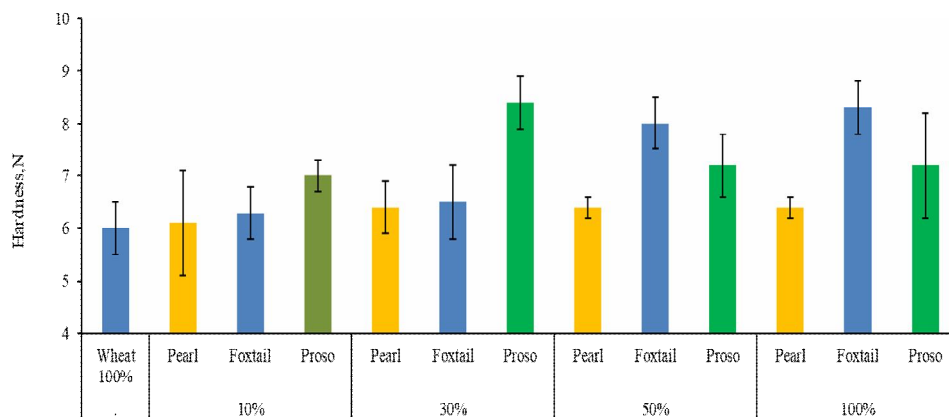


Fig 8 Hardness of millet incorporated cake

سختی کیک با افزایش مقدار ارزن در خمیر کیک (شکل‌های ۸ و ۹ و ۱۰) افزایش می‌یابد. کاهش مقدار ارزن، سختی کمتری

حدود ۶ نیوتن ایجاد شد در حالیکه با همین آرد و اما جایگزینی ۵۰٪ کیک، سختی ۶/۷ نیوتن حاصل شد. از طرف دیگر آرد ۱۰۰٪ ارزن مرواریدی منجر به سختی ۶/۵ نیوتن شد.

را ایجاد می‌کند و با افزایش آرد ارزن، سختی به طور قابل توجه معنی‌داری افزایش یافت. ارزن مرواریدی کمترین اثر را بر روی سختی در مقایسه با دو ارزن آزمون شده دیگر نشان داد. برای مثال جایگزینی ۱۰٪ با ارزن مرواریدی سختی در

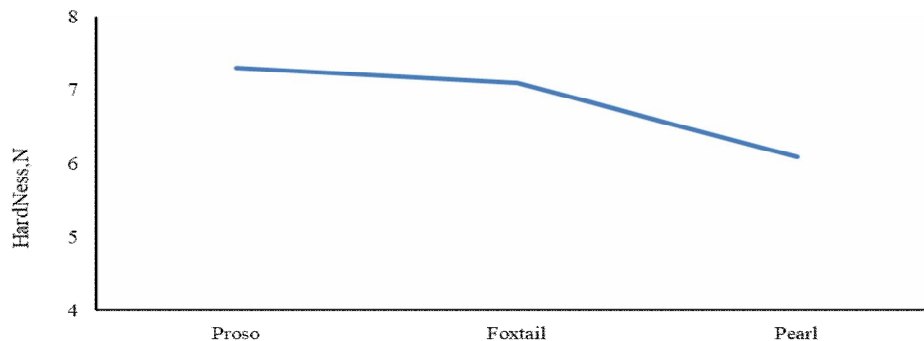


Fig 9 Millet cake hardness trend in terms of millet type

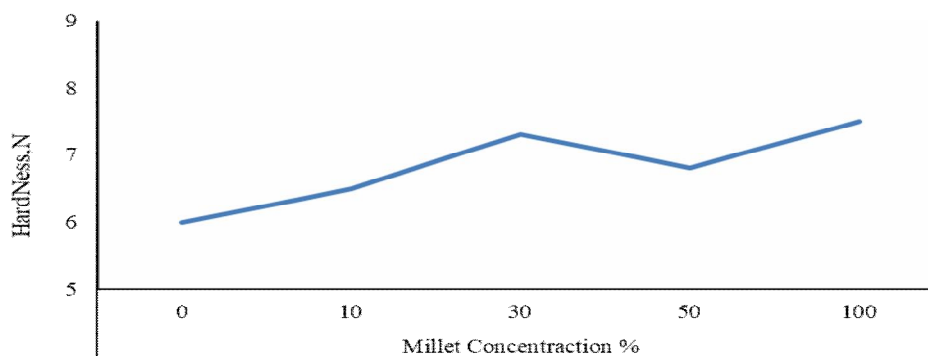


Fig 10 Millet cake hardness trend in terms of millet concentrations

افزایش داد. برای مثال ۱۰٪ ارزن ایتالیایی سختی کیک را به ۶/۳ نیوتن رساند و ۱۰۰٪ ارزن ایتالیایی کیک با سختی ۸/۵ نیوتن ایجاد کرد. در مقایسه و با توجه به مطالبی که در بالا بیان شد، ترکیب ۱۰۰٪ ارزن مرواریدی سختی کیک کمتر از ۵۰٪ آرد ارزن مرواریدی ایجاد کرد. ارزن معمولی با افزایش مقدار شبیه به آرد ارزن مرواریدی از نظر روند سختی رفتار کرد.

این رفتار منحصر بفرد احتمالاً بدلیل فقدان شبکه گلوتنی در کیک که فقط با ارزن است که منجر به مقاومت کمتر از کیک با ۱۰۰٪ ارزن شد، می‌باشد.

در میان سه ارزن آزمون شده، ارزن ایتالیایی با ۱۰۰٪ مقدار سخت ترین کیک یعنی سختی ۸/۵ نیوتن را تولید کرد. آرد ارزن ایتالیایی در ترکیب ۱۰۰٪ تا حدودی به طور کاملاً متفاوت در مقایسه با آرد دو ارزن دیگر رفتار کرد. افزایش مقدار آرد ارزن ایتالیایی سختی کیک را به صورت تدریجی

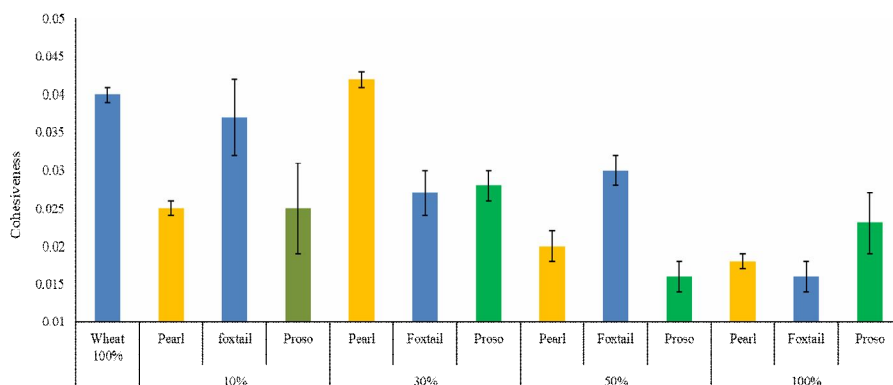


Fig 11 Cohesiveness of millet incorporated cake

معنی‌داری میان کیک با ارزن ایتالیایی و کیک با ارزن معمولی مشاهده نشد. پیوستگی کیک ارزن و روندشان با توجه به نوع ارزن و مقدارشان در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. به همین ترتیب، پارامتر چسبندگی و روندشان با توجه به نوع ارزن و مقدارشان در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است.

یک افزایش در مقدار ارزن معمولی سختی را تا حد ماکزیمم افزایش داد که متعاقبا با ترکیب اضافی ارزن سختی کاهش پیدا کرد، که منجر به سختی کمتری در کیک با ۱۰ درصد آررزن در مقایسه با کیک تولید شده با ترکیب ارزن-گندم، شد. از لحاظ آماری، ارزن مرواریدی اثر معنی‌داری بر سختی کیک در مقایسه با دو کیک ارزنی دیگر داشت، اما اختلاف آماری

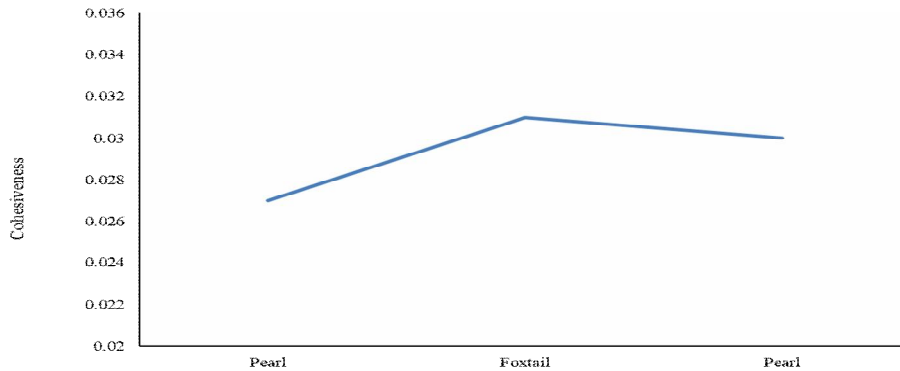


Fig 12 Millet cake cohesiveness trend in terms of millet type

بیشتر کیک ممکن است بر رفتار پیوستگی آررزن معمولی موثر باشد.

همچنین ارزن معمولی در مقادیر ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد در مقایسه با ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی افزایش خمیر کمتری را نشان داد. این ارتفاع کمتر کیک منجر به فشردگی بیشتر در ساختار کیک به واسطه کم بودن فضاهای هوا و تخلخل می‌شود که در نهایت منجر به سختی بیشتر و پیوستگی کمتر می‌شود.

جالب است که، روند پیوستگی همیشه یک کاهش یکسانی را نشان نداد. برای مثال ترکیب ۱۰٪ ارزن پیوستگی را کاهش داد در حالی که افزایش مقدار ارزن از ۱۰ به ۳۰ به صورت جزئی پیوستگی کیک ارزن را افزایش داد. این افزایش جزئی در پیوستگی به لحاظ آماری معنی دار نبود و بیشتر از ۳۰٪، با افزایش بیشتر در مقدار ارزن، پیوستگی کیک ارزن به آهستگی و تدریجی کاهش یافت (شکل ۱۳).

پیوستگی به چگونه نگه داشتن توده با همدیگر در طول جویدن محصول پخته شده توضیح داده می‌شود و همچنین قدرت پیوندهای داخلی که بدنه را در محصول پخته شده نگه می‌دارد، بیان می‌شود. پیوستگی کیک ارزن با افزایش مقدار ارزن (شکل ۱۳) کاهش یافت و این تغییرات در پیوستگی برای هر سه آررزن مشابه بود. این مطلب نشان می‌دهد که حضور ترکیب ارزن در فرمولاسیون کیک در نهایت منجر به شکنندگی محصول پخته شده در مقایسه با کیک بر پایه گندم می‌شود. از نظر آماری، هر آررزن بر روی پیوستگی کیک به طور قابل توجهی و معنی‌داری اثر گذاشت ( $p < 0/05$ ) اما اختلاف آماری مهمی میان سه ارزن مشاهده نشد. در میان سه ارزن، ارزن معمولی به طور کلی پیوستگی کمتری را نشان داد و به دنبال آن ارزن مرواریدی بود. هم چنین کیک ارزن معمولی بالاترین سختی را در مقایسه با کیک ارزن مرواریدی و ایتالیایی داشت (شکل ۹) مخصوصا در مقدار ارزن ۱۰٪ و ۳۰٪ سختی

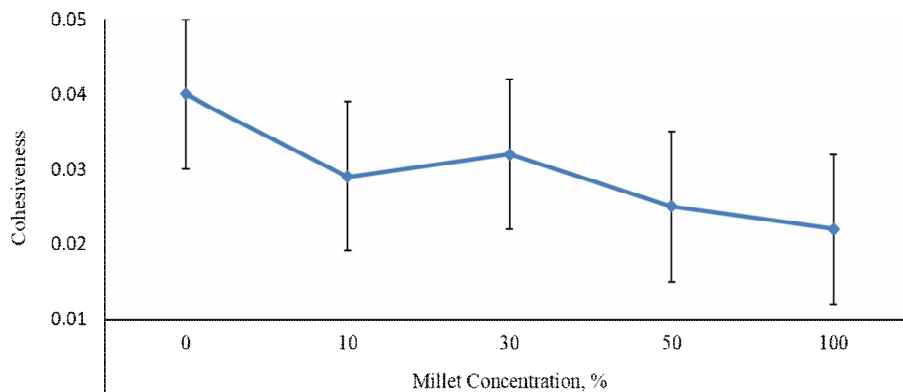


Fig 13 Millet cake cohesiveness trend in terms of millet concentrations

مشاهده می شود ترکیب ارزن در خمیر کیک چسبندگی را کاهش داد. این مطلب نشان می دهد که کیک با ارزن بیشتر در مقایسه با کیک بر پایه گندم در حین جویدن، کمتر چسبیده بود، که بدلیل فقدان پروتئینهای تشکیل دهنده گلوآنی بود که نقش مهمی را در تعیین هموار بودن و محکم بودن بافت محصول پخته شده بازی می کنند.

چسبندگی می تواند به عنوان درجه ای از برخورد و اصابت نمونه پخته شده مثل نان یا خرده های کیک به کام تعیین شود و همچنین بعنوان کار لازم برای غلبه به نیروهای جذب بین سطح غذا با سطح دیگر مواد مثل زبان، کام و دندان در جایی که غذا با آن در تماس است، تعریف می شود. اثر ترکیب ارزن بر روی چسبندگی کیک در شکل ۱۴ نشان داده شده است که

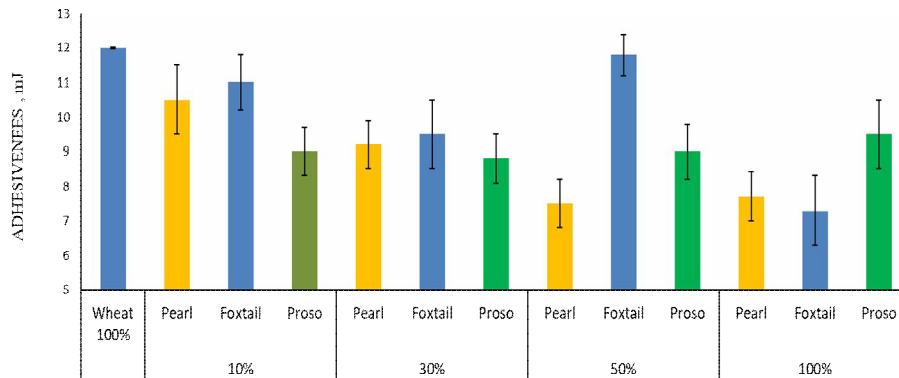


Fig 14 Adhesiveness of millet incorporated cake

در کیک ارزن اثر نداشت. کمترین چسبندگی در کیک ارزن ایتالیایی ۱۰٪ به مقدار ۷/۳۳ میلی ژول مشاهده شد. از نظر آماری، اختلاف آماری معنی داری میان سه ارزن وجود نداشت اما یک اختلاف معنی داری میان مقادیر ارزن مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). جالب توجه آنکه، هیچ اختلاف معنی داری در پارامتر چسبندگی میان کیک ترکیبی ارزن ۱۰٪ و کیک برپایه گندم مشاهده نشد. این مطلب نشان می دهد که افزودن ۱۰٪ ارزن در خمیر خواص چسبندگی کیک را تغییر نمی دهد.

معمولاً، ارزن مروریدی یک کاهش تدریجی در چسبندگی را در مقایسه با کیک ارزن ایتالیایی و کیک ارزن معمولی از ۱۰٪ تا ۱۰۰٪ نشان داد (شکل ۱۴). بالاترین چسبندگی کیک ارزن در ۵۰٪ ارزن ایتالیایی بدست آمد (۱۱/۶۷ میلی ژول) و به دنبال آن کیک ارزن ایتالیایی ۱۰٪ (۱۱/۰۰ میلی ژول). ارزن معمولی الگوی چسبندگی متفاوتی را در آزمایشات نشان داد و مقدار چسبندگی حدود ۹ را در تمام مقادیر نشان داد. این نکته نشان می دهد که مقدار ارزن معمولی بر روی خصوصیت چسبندگی

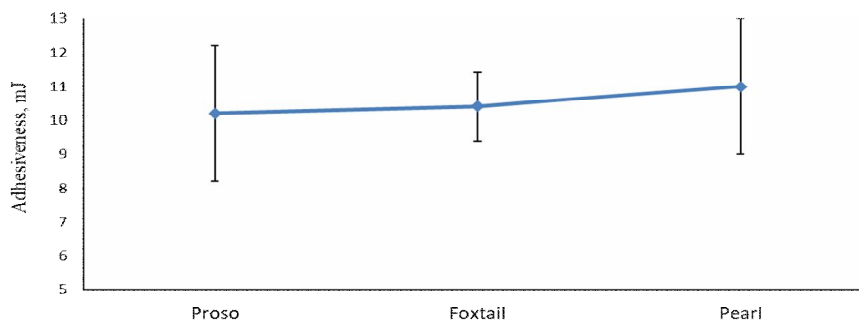


Fig 15 Millet cake adhesiveness trend in terms of millet type

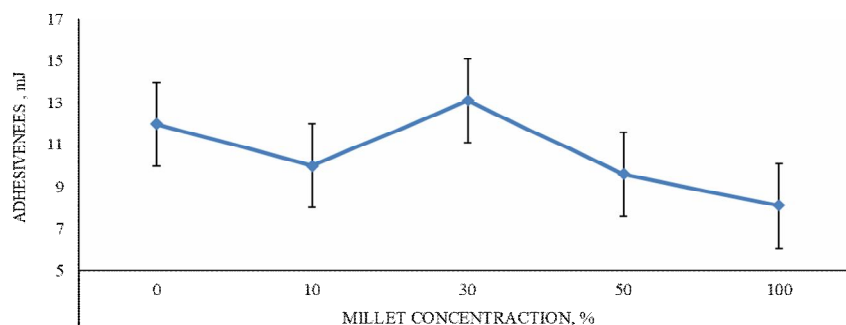


Fig 16 Millet cake adhesiveness trend in terms of millet concentrations

شاخص  $L$  را هم در پوسته و هم در مغز کیک کاهش داد. از نظر آماری، نوع ارزن و مقدار ارزن هر دو بطور معنی داری بر میزان  $L$  پوسته و مغز نان اثر داشتند. میان سه ارزن، ارزن مرواریدی بطور معنی داری از نظر میزان  $L$  پوسته در مقایسه با کیک ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی تفاوت داشت. تفاوت معنی داری میان کیک های ارزن معمولی و ایتالیایی از نظر میزان  $L$  پوسته وجود نداشت. کیک های ارزن مرواریدی کاهش تدریجی را در میزان  $L$  پوسته در مقایسه با دو ارزن دیگر نشان دادند. به عبارت دیگر، افزایش آرد ارزن محصول نهایی تیره تری در مقایسه با آرد گندم تنها تولید کرد. نتایج مشابهی توسط گومز و همکاران (۲۰۰۸) بدست آمد [۳۰]. آنها دریافتند که افزایش آرد لپه کوچک کیک های لایه ای تیره تری در مقایسه با کیک گندم تولید کرد. همچنین تفاوت معنی داری بین گندم و کیک ترکیبی ارزن ۳۰٪ و ۱۰٪ از نظر رنگ پوسته مشاهده نشد. این مطلب نشان می دهد که مقدار ارزن ۱۰ و ۳۰ درصد یک رنگ پوسته مشابه با کیک با گندم تنها ایجاد می کند.

رنگ پوسته کیک در طول روند پخت، حاصل دو واکنش به نام واکنش میلارد و کاراملیزاسیون است. از این رو، تغییرات رنگ کیک به واسطه میزان ارزن موجود در کیک که محتوی پروتئین و امینو اسید متفاوتی در مقایسه با آرد گندم است، به وجود می آید. معمولاً واکنش های میلارد و یا کاراملیزاسیون در دماهای بالاتر مثلاً بالای ۱۰۰ درجه سانتی گراد اتفاق می افتند، اما معمولاً دمای مغز کیک به بالای ۱۰۰ درجه افزایش نمی یابد. این رفتار دما توسط تعدادی از محققین برای کیک اسفنجی توسط لاستی و همکاران (۲۰۰۲) مشاهده شد [۴۴].

افزایش سختی کیک توسط لی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شد [۴۲]. آنها دریافتند که افزودن سیوس جودوسر و پودر دانه کنان در دستورالعمل کیک، پارامترهای سختی و پیوستگی کیک را افزایش داد. اثر مخلوط آرد لپه کوچک - گندم بر کیفیت کیک توسط گومز و همکاران (۲۰۰۸) مورد بررسی قرار گرفت. آنها دریافتند که آرد لپه کوچک سختی کیک را افزایش می دهد، اما پیوستگی با افزایش مقدار آرد لپه کوچک کاهش یافت [۳۰]. همچنین تحقیقی توسط گوینوت و ماتلوتی (۱۹۹۱) انجام شد و مشاهده کردند که حضور پروتئین سویا در مقادیر کم، سختی کیک اسفنجی را افزایش می دهد [۴۳]. افزایش سختی کیک ارزن عمدتاً به دلیل اضافه کردن آرد ارزن و همچنین جایگزینی گلوتن در کیک است. آرد گندم شامل پروتئین گلوتن منحصراً بفردی است که در آرد ارزن موجود نیست. بنابراین یک چنین حضور ارزن مشخصات بافت کیک را تغییر خواهد داد. به هر جهت، این کاستی ها با استفاده از افزودنی های ساختاری مثل صمغ ها قابل حل خواهد بود.

### ۳-۴- رنگ کیک

رنگ کیک از نظر پارامترهای  $L$ ،  $a$ ،  $b$  اندازه گیری شد و مقدار شاخص  $L$  و زاویه فام رنگ در شکل های ۱۷ و ۱۸ نمایش داده شده است. میزان  $L$ ، تاریکی محصول و زاویه فام رنگ تن و درجه رنگ را نشان می دهد. مقدار نزدیک به ۰ رنگ های مایل به قرمز را نشان می دهد در حالی که میزان نزدیک به ۹۰ رنگ های مایل به زرد را نشان می دهد (۱۱). اضافه کردن آرد ارزن به فرمولاسیون کیک به طور قابل توجهی بر روی رنگ محصول نهایی اثر گذاشت. افزایش آرد ارزن در خمیر میزان

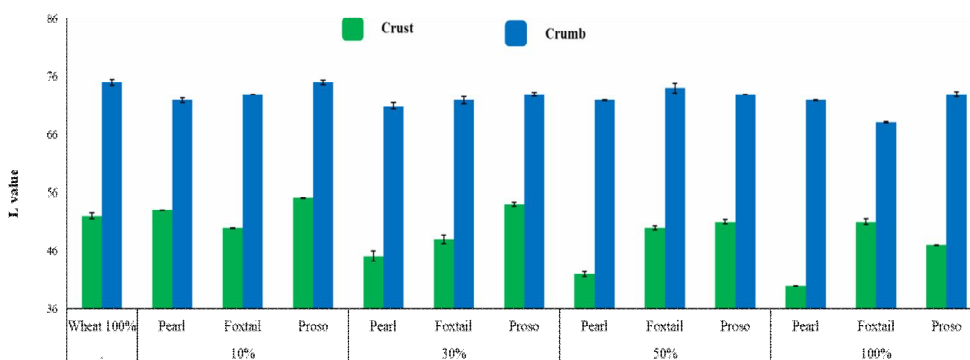


Fig 17 Millet cake color & L value

توضیح است. نوع ارزن و مقدار ارزن هر دو اثر معنی داری در مقدار شاخص  $L$  مغز داشتند. مقدار شاخص رنگی  $L$  مغز همانند مقدار شاخص رنگی  $L$  پوسته با افزایش مقدار ارزن کاهش یافت. ارزن معمولی اثر معنی داری بر رنگ مغز داشت. از

رنگ مغز کیک بطور معنی داری تحت تاثیر سطوح ترکیب آرد ارزن در خمیر کیک قرار داشت ( $p < 0.05$ ). الگوهای رنگی متفاوت موجود رنگ مغز به واسطه فرمولاسیون اجزا تشکیل دهنده موجود در دستورالعمل کیک و اثر متقابل بین آنها قابل

شاهد روشتر می‌شود [۴۲].

در تحقیق حاضر، اثر آرد ارزن بر زاویه فام رنگ در همه کیک‌های ارزن‌ها مشاهده شد. افزایش مقدار ارزن زاویه فام رنگ پوسته و همچنین مغز را کاهش داد اما از نظر آماری میان همه مقادیر هیچ اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. ترکیب ارزن‌ها در کیک یک کیک مایل به قرمز تیره و نه یک کیک مایل به زرد که در کیک با گندم تنها ایجاد می‌شود، تولید می‌کنند.

نظرشخص رنگ مغز تفاوت معنی‌داری بین کیک با ارزن ایتالیایی و کیک با ارزن مرواریدی وجود نداشت. همچنین مشابه با رنگ پوسته، اختلاف معنی‌داری بین کیک گندم و کیک ۱۰٪ ارزن وجود نداشت. نتایج مشابهی توسط لی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شد [۴۲]. آنها اثر سبوس جودوسر و دانه کتان بر روی رنگ کیک را مطالعه کردند. آنها دریافتند که حضور جودوسر و پودر دانه کتان تغییرات معنی‌داری در رنگ پوسته و مغز کیک ایجاد کرد. در مقادیر بالاتر درصد جایگزینی، مغز کیک تیره‌تر می‌شود و پوسته در مقایسه با

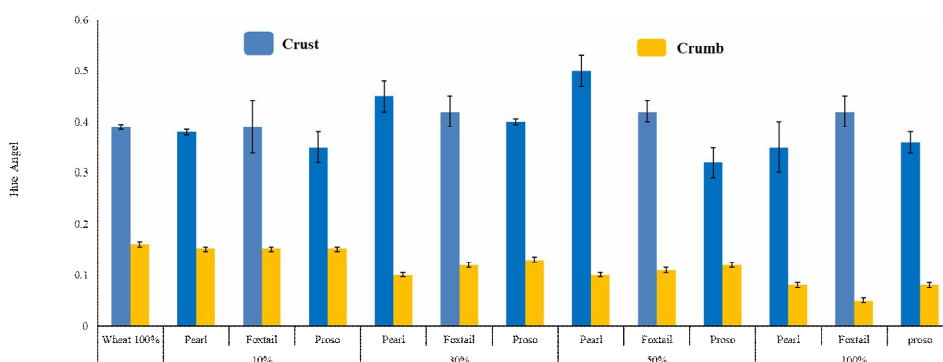


Fig 18 Millet cake color & Hue angle

### ۳-۵- ارزیابی حسی کیک

ارزیابی حسی کیک ارزن برای درک پذیرش مشتری از کیک ترکیبی ارزن انجام شد و نتایج آن در شکل ۱۹ نشان داده شد. معمولاً، کیک ارزن امتیاز خوبی < ۵ در تمامی دسته‌بندی‌های ارزیابی حسی نشان داد. ارزیابان حسی از نظر مزه و بافت مغز، کیک ارزن را بریک گندم ترجیح دادند. به طور معمول پنیست‌ها از نظر بافت کیک ارزن رضایت داشتند.

ارزن معمولی در مقایسه با ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی یک اثر معنی‌داری بر زاویه فام رنگ پوسته دارد. زاویه فام رنگ مغز بطور معنی‌داری تحت تاثیر مقدار ارزن قرار گرفته است. افزایش مقدار ارزن در کیک زاویه فام رنگ مغز را کاهش داد. اختلاف معنی‌داری بین کیک ارزن مرواریدی و کیک ارزن معمولی وجود داشت، اما میان ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی و همچنین میان ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

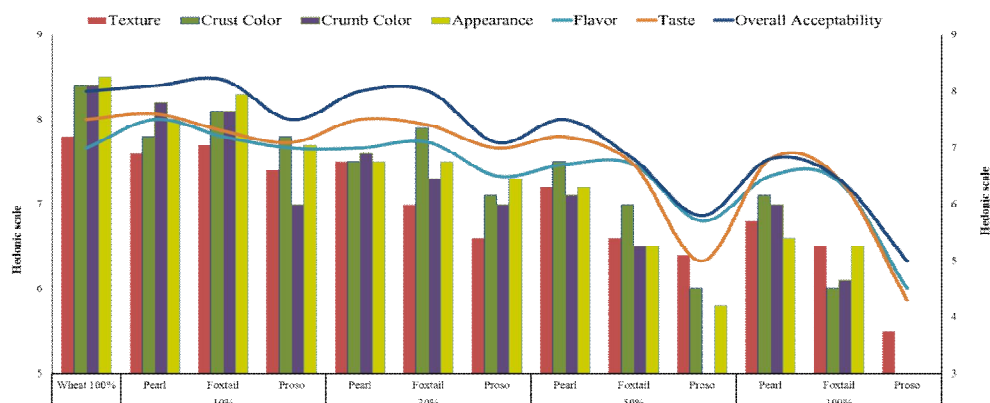


Fig 19 Sensory evaluation of millet cakes

پذیرش کلی بالاتری را در مقایسه با مقادیر بالاتر کیک‌های ارزن داشتند. کیک‌های ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی در مقدار ۱۰٪ امتیاز بالاتری را در مقایسه با کیک گندم از نظر

ارزن مرواریدی پذیرش کلی بالاتری را نسبت به ارزن ایتالیایی و ارزن معمولی در همه مقادیر به طور معمول از ۱۰٪ تا ۱۰۰٪ نشان داد. کیک‌های ارزن در مقادیر کمتر مثلاً ۱۰٪ امتیاز

بندی‌ها داشت و همچنین پنلیست‌ها اظهار داشتند که ارزش‌های معمولی برای آنها پس طعم ناخوشایندی را ایجاد کرد. همه ی آزمون‌های پخت و ارزیابی‌های حسی نشان داد که ارزش معمولی برای تولید کیک با کیفیت قابل فروش مناسب نیست. ارزش معمولی برای استفاده از آن در تولید کیک تجاری، ممکن است به فرایندهای اضافی، افزودن طعم دهنده‌ها و تشدید کننده‌های مزه احتیاج داشته باشد. کیک ارزش مرواریدی و ارزش ایتالیایی در ۱۰٪ مقدار یک طعم بسیار عالی در مقایسه با کیک گندم نشان داد در حالی که کیک با ۳۰٪ ارزش ایتالیایی امتیاز مشابهی با کیک گندم تنها کسب کرد. پنلیست‌ها مزه کیک ۱۰۰٪ ارزش ایتالیایی و کیک ارزش مرواریدی را ترجیح دادند (شکل ۱۹) که نشان می‌دهد که بدلیل مزه خوشایند و ویژگی‌های عاری از گلوتن آنها، قابلیت فروش بالقوه‌ای برای کیک تنها حاوی ارزش وجود دارد. این امتیازات حسی پتانسیل استفاده از آرد ارزش مرواریدی و آرد ارزش ایتالیایی در دستورالعمل کیک را ثابت می‌کند.

پذیرش کلی داشتند. این یک نتیجه جالب است بدلیل اینکه پذیرش کلی یک طبقه‌بندی مهم در ارزیابی حسی است که میزان رضایت مشتری را تعیین می‌کند و کیک‌های ارزش در این طبقه‌بندی امتیاز بالاتری را دارا می‌باشند. نتایج حسی نشان می‌دهد که رضایت مشتری برای کیک ترکیبی ارزش مشاهده شد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که کیک‌های ترکیبی ارزش مزه مناسبتری دارند و ۱۰٪ و ۳۰٪ ارزش مرواریدی و همچنین کیک ارزش ایتالیایی امتیاز بالاتری را در دسته بندی ارزیابی مزه در مقایسه با کیک گندم تنها داشتند. پنلیست‌ها اشاره کردند که ترکیب ارزش‌ها یک مزه خوشایند و منحصر بفردی را در مقایسه با کیک بر پایه گندم ایجاد کرده است. حتی در ۵۰٪ ترکیب، کیک ارزش مرواریدی امتیاز بالایی را بدست آورد که به میزان جزئی کمتر از کیک گندم تنها بود در حالی که آن امتیاز معنی دار بالاتری در مقایسه با ارزش ایتالیایی و معمولی بود. کیک‌های ارزش ایتالیایی و کیک ارزش مرواریدی امتیاز بالاتری را در مزه ظاهر، رنگ، طعم و پذیرش کلی دارا بودند. ارزش معمولی امتیاز کمتری را در این دسته

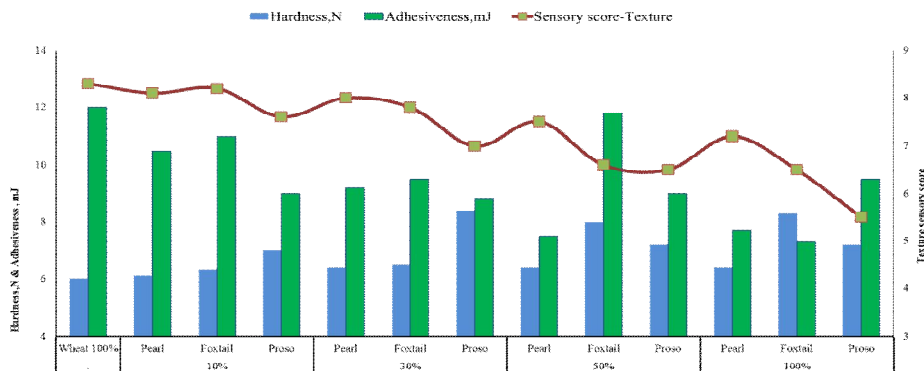


Fig 20 Texture profile of millet cake versus sensory evaluation

مرواریدی و ارزش ایتالیایی با ۱۰٪ مقدار بالاترین امتیاز را در دسته بندی بافت به خود اختصاص دادند، اما در مقایسه با کیک حاوی گندم تنها معنی دار نبود. کیک ارزش معمولی کمترین امتیاز در بافت را برای تمامی مقادیر در مقایسه با کیک گندم، کیک ارزش مرواریدی و کیک ارزش ایتالیایی را بدست آورد.

شخصات بافتی هر محصول پخته شده یک ویژگی مهم است که یک نقش مهم در تشخیص رضایت مشتری و پذیرش مشتری ایفا می‌کند. نتایج امتیاز ارزیابی‌های حسی بافت با مقدار نتایج آزمایشی سختی، پیوستگی و چسبندگی مقایسه شد (شکل های ۲۰ و ۲۱). نتایج ارزیابی‌های حسی برای بافت کیک ارزش با افزایش مقدار ارزش کاهش یافت. کیک‌های ارزش

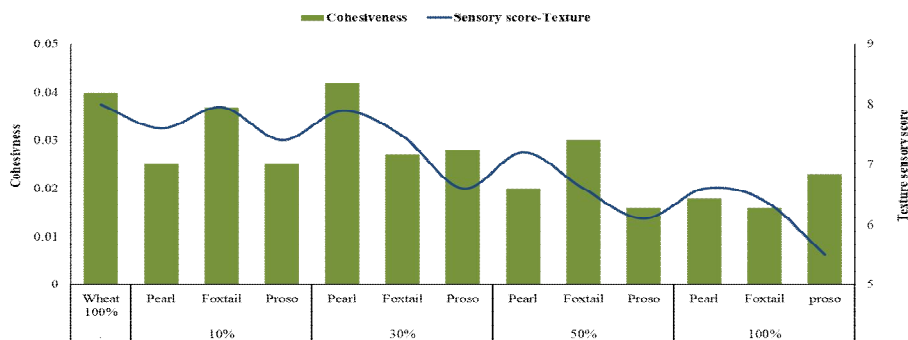


Fig 21 Cohesiveness of millet cake versus sensory evaluation

حسی به خود اختصاص دادند و کیک‌هایی تولید شده حاوی ارزن بیشتر، تیره تر بودند. از شکل ۲۲ واضح است که کیک ارزن معمولی از نظر امتیازات پوسته و مغز در همه مقادیر امتیاز ضعیفی را گرفت. کیک ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی امتیاز بالاتری را در ارزیابی حسی پوسته و مغز بدست آوردند و همچنین بر مبنای نتایج داده‌های آزمایشگاهی، کیک ارزن مرواریدی و کیک ارزن ایتالیایی در مقادیر کمتر (مثل ۱۰٪ و ۳۰٪) رنگ پوسته و مغزی شبیه به رنگ کیک بر پایه گندم بدست آوردند.

بطور مشابه، ارزن مرواریدی، آرد گندم تصفیه شده و ماش در فرمولاسیون کیک موز استفاده شد [۱۸]. ارزن مرواریدی، آرد گندم تصفیه شده و آرد ماش به نسبت‌های ۲۰:۷۰:۱۰ و ۱۰:۶۰:۳۰ مخلوط شده و با فرمولاسیون کیک گندم تنها مقایسه شد. کیک موز ارزن در ارزیابی حسی امتیاز متوسطی را کسب کرد و تا ۳۰٪ ارزن مرواریدی سفید شده برای تهیه کیک موز مغزی و قابل پذیرش قابل اضافه شدن می‌باشد [۱۸].

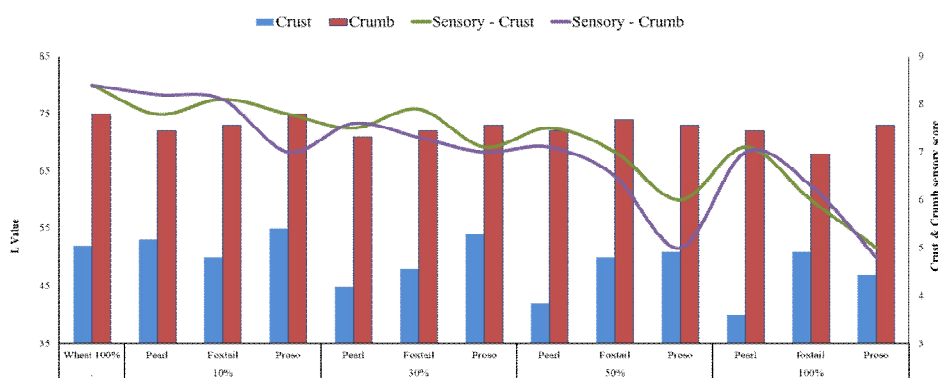


Fig 22 L value of millet cake crust and crumb versus sensory evaluation

در فرمولاسیون کیک استاندارد، تاکید شد. ارزیابی‌های مورد استفاده رفتار کاملاً متفاوتی در مقایسه با آرد گندم در طی فرآیند پخت نشان دادند و خصوصیات متفاوتی را داشتند. از میان سه ارزن آزمون شده، ارزن ایتالیایی در مقایسه با کیک ارزن مرواریدی و کیک ارزن معمولی، کیک ترکیبی بسیار عالی با توجه به خصوصیات فیزیکی ایجاد کرد. با افزایش ارزن در کیک ترکیبی، سختی بیشتر شد و در ارزیابی‌های حسی امتیاز کمتری را کسب کردند. به هر جهت پنلیست‌های ارزیابی حسی کیک ترکیب شده ارزن را به خاطر تفاوت در مزه و بافت مغز نان در مقایسه با کیک آرد گندم تنها، ترجیح دادند. میان سه ارزن، کیک ارزن مرواریدی و ارزن ایتالیایی قابلیت پذیرش بیشتری با توجه به ارزیابی حسی دریافت کردند. با در نظر گرفتن کلیه خصوصیات مورد بررسی، نسبت ۳۰ درصد جایگزینی آرد ارزن بهترین سطح جایگزینی پیشنهاد شد.

همچنین پنلیست‌ها متذکر شدند که کیک ارزن معمولی به نظر می‌رسید نسبت به کیک ارزن مرواریدی و کیک ارزن ایتالیایی در هنگام گاز زدن سخت‌تر باشد.

کیک‌هایی که مقادیر ارزن بالاتری داشتند در مقایسه با آرد گندم بیشتر شکننده بودند و راحت‌تر شکسته می‌شدند. این پدیده ممکن است به واسطه تغییر ساختار با جایگزینی گلوتن در کیک با جایگزینی آرد ارزن باشد. این جایگزینی گلوتن بر روی خصوصیات پیوستگی و چسبندگی کیک هم اثر داشت و این با نتایج ارزیابی‌های حسی هم مشهود بود. پنلیست‌های ارزیابی حسی، کیک‌هایی با پیوستگی و چسبندگی بالاتر و سختی کمتر را ترجیح می‌دادند. سختی بیشتر کیک همراه با چسبندگی و پیوستگی کمتر در کیک، در ارزیابی‌های حسی امتیاز پایین‌تری را به خود اختصاص داد. رنگ (مقدار شاخص L) مغز کیک و پوسته با نتایج امتیازهای ارزیابی‌های حسی پوسته و مغز مقایسه شد (شکل ۲۲). کیک‌های با رنگ تیره تر (مثل کیک‌های با مقدار ارزن بالاتر) امتیاز کمتری را در ارزیابی

در تحقیق حاضر، کیک‌های ارزن بدون اضافه کردن هیچ افزودنی تولید شدند و اگرچه از نظر استحکام کیک نامرغوب بودند، در طول ارزیابی حسی، در خصوص کیک ارزن تنها به واسطه مزه عالی آنها توجه زیادی توسط پنلیست‌ها ابراز شد. به طور یقین این کیک‌های ارزن تنها اگر افزودنی‌هایی مثل هیدروکلوئیدها به فرمولاسیون آنها اضافه می‌شد می‌توانست بیشتر بهبود یابد و کیفیت کلی آن بهتر می‌شد. ارزیابی‌های حسی به طور واضح نشان داد که ارزن ایتالیایی و ارزن مرواریدی می‌تواند به طور موفقیت آمیزی برای تولید کیک ارزن تنها و عاری از گلوتن با ارزش قابلیت فروش و پذیرش استفاده گردد.

## ۴- نتیجه گیری کلی

در این تحقیق بر پتانسیل استفاده از آردهای ارزن



## ۵- منابع

- [12] Badau, M.H., Nkama, I. and Jideani, I.A. (2005). Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar. *Food Chemistry*, 92 (3): 425-435.
- [13] Elyas, S.H.A., El Tinay, A.H., Yousif, N.E. and Elsheikh, E.A.E. (2002). Effect of natural fermentation on nutritive value and in vitro protein digestibility of pearl millet. *Food Chemistry*, 78 (1): 75-79.
- [14] Hemalatha, S., Platel, K. and Srinivasan, K. (2006). Influence of germination and fermentation on bio accessibility of zinc and iron from food grains. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61 (3): 342- 348.
- [15] Malleshi, N.G., Desikachar, H.S.R. and Tharanathan, R.N. (1986). Physico-chemical Properties of Native and Malted Finger Millet, Pearl Millet and Foxtail Millet Starches. *Starch & Stärke*, 38 (6): 202-205.
- [16] Chakraborty, S., Kumbhar, B., Chakraborty, S. and Yadav, P. (2011). Influence of processing parameters on textural characteristics and overall acceptability of millet enriched biscuits using response surface methodology. *Journal of food science and technology*, 48 (2): 167-174.
- [17] Saha, S., Gupta, A., Singh, S.R.K., Bharti, N., Singh, K.P., Mahajan, V. and Gupta, H.S. (2011). Compositional and varietal influence of finger millet flour on rheological properties of dough and quality of biscuit. *LWT & Food Science and Technology*, 44 (3): 616-621.
- [18] Sehgal, S. (2008). Development and nutritional evaluation of pearl millet rich banana cake. *Journal of Dairying, Foods & Home Sciences*, 27 (2): 138.
- [19] Armero, E. and Collar, C. (1997). Texture properties of formulated wheat doughs Relationships with dough and bread technological quality. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und &Forschung A*, 204 (2): 136-145.
- [20] Wilderjans, E., Pareyt, B., Goesaert, H., Brijs, K. and Delcour, J.A. (2008). The role of gluten in a pound cake system: a model approach based on gluten–starch blends. *Food Chemistry*, 110 (4): 909-915.
- [21] Guy, R. and Pithawala, H. (1981). Rheological studies of high ratio cake batters to investigate the mechanism of improvement of flours by chlorination or heat treatment. *International Journal of Food Science & Technology*, 16(2): 153-166.
- [22] Kim, C.S., Walker, C.E. (1992). Interactions between starches, sugars, and
- [1] Gomez, M.I. and Gupta, S.C. (2003). Millets. in: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, (Ed.) Benjamin, Academic Press. Oxford, pp. 3974-3979.
- [2] Singh, K., Mishra, A. and Mishra, H. (2012). Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *LWT&Food Science and Technology*, 48 (2): 276-282.
- [3] Casey, P. and Lorenz, K. (1977). Millet: functional and nutritional properties. *Bakers Digest*, 51, 45-51.
- [4] Ravindran, G. (1992). Seed protein of millets: amino acid composition, proteinase inhibitors and invitro protein digestibility. *Food Chemistry*, 44 (1): 13-17.
- [5] Ravindran, G. (1991). Studies on millets: Proximate composition, mineral composition, and phytate and oxalate contents. *Food Chemistry*, 39 (1): 99-107.
- [6] Kotsianis, I.S., Giannou, V. and Tzia, C. (2002). Production and packaging of bakery products using MAP technology. *Trends in Food Science & Technology*, 13 (9–10): 319-324.
- [7] Kohn, S. (2000). An update of the US baking industry. *Cereal foods world*, 45(3): 94-97.
- [8] Jideani, V.A. (2011). Optimisation of wheat-sprouted soybean flour bread using response surface methodology. *African journal of biotechnology*, 8 (22).
- [9] Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Pérez, G.T., Beltramo, D.M. and León, A.E. (2004). Production of gluten free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (14): 1969-1974.
- [10] Rosales Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E., Lozano-Bautista, F., Chanona&Pérez, J., Gutiérrez López, G., Farrera-Rebollo, R. and Calderón-Domínguez, G. (2008). Changes on Dough Rheological Characteristics and Bread Quality as a Result of the Addition of Germinated and Non-Germinated Soybean Flour. *Food and Bioprocess Technology*, 1 (2): 152- 160.
- [11] Aliya, S. and Geervani, P. (1981). An assessment of the protein quality and vitamin b content of commonly used fermented products of legumes and millets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (8): 837-842.

- Expansion and heat set of cake batter during baking. *Cereal Chemistry*, 55 (5): 352-355.
- [35] Ragae, S. and Abdel-Aal, E.S.M. (2006). Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. *Food Chemistry*, 95 (1): 9-18.
- [36] Iwashita, K., Suzuki, K., Miyashita, K. and Okunishi, T. (2011). Effects of rice properties on bread made from cooked rice and wheat flour blend. *Food Science and Technology Research*, 17 (2): 121-128.
- [37] Perdon, A. and Juliano, B. (1975). Amylose content of rice and quality of fermented cake. *Starch - Stärke*, 27 (6): 196-198.
- [38] Nishio, Z., Oikawa, H., Haneda, T., Seki, M., Ito, M., Tabiki, T., Yamauchi, H. and Miura, H. (2009). Influence of amylose content on cookie and sponge cake quality and solvent retention capacities in wheat flour. *Cereal Chemistry*, 86 (3): 313-318.
- [39] Rojas, J.A., Rosell, C.M. and Benedito de Barber, C. (1999). Pasting properties of different wheat flour hydrocolloid systems. *Food Hydrocolloids*, 13 (1): 27-33.
- [40] Rosell, C., Rojas, J. and Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food hydrocolloids*, 15 (1): 75-81.
- [41] Christianson, D., Hodge, J., Osborne, D. and Detroy, R.W. (1981). Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum. *Cereal Chemistry*, 58: 513-517.
- [42] Lee, S., Inglett, G. and Carriere, C. (2004). Effect of nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes. *Cereal Chemistry*, 81 (5): 637-642.
- [43] Guinot, P. and Mathlouthi, M. (1991). Instron measurement of sponge cake firmness: Effect of additives and storage conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54 (3): 413-420.
- [44] Lostie, M., Peczalski, R., Andrieu, J. and Laurent, M. (2002). Study of sponge cake batter baking process. Part I: Experimental data. *Journal of Food Engineering*, 51 (2): 131-137.
- emulsifiers in high ratio cake model systems. *Cereal Chemistry*, 69 (2): 206-212.
- [23] Derby, R., Miller, B., Miller, B. and Trimbo, H. (1975). Visual observation of wheat starch gelatinization in limited water systems. *Cereal Chemistry*, 52 (5): 702-713.
- [24] Howard, N., Hughes, D. and Strobel, R. (1968). Function of the starch granule in the formation of layer cake structure. *Cereal Chemistry*, 45 (4): 329-338.
- [25] Lorenz, K. and Kulp, K. (1981). Heat-moisture treatment of starches. II. Functional properties and baking potential. *Cereal Chemistry*, 58 (1): 49-52.
- [26] Glover, J.M., Walker, C.E. and Mattern, P.J. (1986). Functionality of sorghum flour components in a high ratio cake. *Journal of Food Science*, 51 (5): 1280-1283.
- [27] Krishna Kumari, S. and Thayumanavan, B. (1998). Characterization of starches of proso, foxtail, barnyard, kodo, and little millets. *Plant Foods for Human Nutrition*, 53 (1): 47-56.
- [28] Sollars, W. and Rubenthaler, G. (1971). Performance of wheat and other starches in reconstituted flours. *Cereal Chemistry*, 48 (4): 397-410.
- [29] Bean, M.L. and Osman, E.M. (1959). Behaviour of starch during food preparation. II. Effects of different sugars on the viscosity and gel strength of starch pastes a, b. *Journal of Food Science*, 24 (6): 665-671.
- [30] Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V. and Fernández, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41 (9): 1701-1709.
- [31] Howard, N. (1972). Role of some essential ingredients in the formation of layer cake structures. *Baker's digest*, 46 (5), 28-37.
- [32] Miller, B.S. and Trimbo, H. (1965). Gelatinization of starch and white layer cake quality. *Food Technology*, 19 (4): 640-645.
- [33] Mizukoshi M. and Kawada T. N. M. (1979). Model studies of cake baking. I. Continuous observations of starch gelatinization and protein coagulation during baking. *Cereal Chemistry*, 56 (4): 305-309.
- [34] Mizukoshi, M., Maeda, H. and Amano, H. (1980). Model studies of cake baking. II.



## Wheat Flour Substitution in Production of Reduced Gluten Pound Cake Using Millets

Moeini, A. <sup>1</sup>, Shafafi Zenoozian, M. <sup>1\*</sup>, Karazhiyan, H. <sup>2</sup>, Elhami Rad, A. H. <sup>1</sup>, Pedram Nia, A. <sup>1</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran  
 2. Department of Food Science and Technology, Torbat-e Heydarieh Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Heydarieh, Iran

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 09/ 14  
 Accepted 2021/ 10/ 23

#### Keywords:

Millet,  
 Wheat flour,  
 Cake,  
 Textural attributes,  
 Sensory properties.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.120.12

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1400.18.120.12.4

\*Corresponding Author E-Mail:  
 mshafafiz@gmail.com

### ABSTRACT

Bakery products that contain main part of food process industries usually made with wheat flour and establish a stable gluten network when mixed with water. Although presence of gluten proteins in wheat flour is a unique property, but substituting of wheat flour with other cereal grains up to a certain limit is possible. In current research three different millet varieties namely Proso, Pearl and Foxtail millet were used. Millet flour was used in proportions of 10, 30, 50 and 100% in replacing wheat flour in a cake recipe. Sensorial properties, textural attributes and color indices were evaluated. Results showed that increase in millet concentration in cake formulation decreased the efficiency properties of cooking of dough. Cake height decreased with increase in millet concentration in dough. Pearl millet showed a better cake volume in comparing with the two other millets. Cake cohesiveness decreased with increase in millet substitution and these variations was the same for all varieties. Millet composition in dough decreased adhesiveness of the product. Cakes with higher millet composition showed higher hardness. Totally, Pearl millet produced better cakes in comparison with Proso and Foxtail millets. Total acceptability of millet cakes obtained higher scores at sensory analysis. Considering all characteristics used in current study, 30% substitution level suggested as the best substitution level. The results of current research are valuable at bakery products containing millets.