تاثیر تیمار حرارتی–رطوبتی دانه ارزن معمولی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد و کوکی حاصل از آن

فائزه کرمی[۱]، مهران اعلمی[۲*]، علیرضا صادقی ماهونک[۳]، هدی شهیری طبرستانی[۳]

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

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

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

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۷)

چکیده

ارزن غله‌ای مقاوم به آفت و بیماری، دارای فصل رشد کوتاه و قابل تولید در شرایط خشکسالی بوده و یکی از غلات مورد استفاده در تهیه فرآورده‌های بدون گلوتن برای بیماران مبتلا به سلیاک می‌باشد. امروزه تولید و بهبود کیفیت محصولات بدون گلوتن برای بیماران سلیاکی یکی از چالش‌های مهم در صنعت غذا می‌باشد. روش‌های اصلاح فیزیکی نظیر تیمارهای حرارتی–رطوبتی می‌تواند برای بهبود عملکرد آرد و فرآورده‌های بدون گلوتن در صنایع پخت مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این پژوهش بررسی اثر تیمارحرارتی–رطوبتی، در سه سطح رطوبت ۱۰، ۱۵، ۲۰ درصد و در دمای ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد در بهبود کیفیت آرد دانه ارزن معمولی پوست‌گیری شده و ترکیب آرد ارزن و آرد برنج با نسبت‌های (۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۵:۸۵ درصد) در تهیه کوکی بدون گلوتن بود. در این راستا نیز ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی دانه ارزن (رطوبت، چربی، پروتئین، خاکستر، فیبر)، آرد (جذب آب، جذب روغن، رنگ) و کوکی (قطر، ضخامت، میزان گسترش‌پذیری، رنگ، بافت) مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. با افزایش شدت تیمار حرارتی–رطوبتی ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها افزایش و ظرفیت جذب روغن کاهش یافت. برخی از ویژگی‌های کوکی فاقد گلوتن حاوی آرد حاصل از دانه تیمار شده نظیر افت‌پخت، فعالیت آبی، پارامترهای بافت و پذیرش حسی نسبت به کوکی تهیه شده از آرد ارزن خام بهبود یافت. با افزایش تیمارحرارتی–رطوبتی میزان افت‌پخت، فعالیت آبی و سفتی کوکی‌ها کاهش یافت. بعلاوه گسترش‌پذیری نمونه‌ها افزایش و رنگ کوکی‌ها نیز تیره‌تر شد. ارزیابی حسی نیز نشان داد که نمرات بافت برای بیش‌تر کوکی‌های حاوی آرد حاصل از ارزن تیمار شده بالا بودند اما کوکی حاصل از ۲۵ درصد سطح جایگزینی آرد ارزن تیمار شده در شرایط دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰ درصد کمترین امتیاز بافت را دارا بود.

کلید واژگان: تیمار حرارتی–رطوبتی، ارزن معمولی، کوکی بدون گلوتن، سفتی

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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۱- مقدمه

بیماری سلیاک یکی از شایع‌ترین اختلالات مادام‌العمر در سراسر جهان است که توسط مصرف گلوتن در بعضی افراد به‌وجود می‌آید. در واقع بیماری سلیاک عدم تحمل دائمی به پرولامین‌های غلات با توالی‌های اولیگوپپتیدی ویژه می‌باشد که موجب التهاب روده‌کوچک می‌شود [۱]. از این رو، با توجه حساسیت به گلوتن بیماران مبتلا به سلیاک، می‌توان از آرد غلات بدون گلوتن نظیر ارزن و برنج در تولید فرآورده‌های غله‌ای استفاده کرد.

ارزن یکی از مهم‌ترین فرآورده‌هایی 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.

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در مورد نان‌های بدون گلوتن صورت گرفته است اما تنها تعداد محدودی از بررسی‌ها روی سایر فرآورده‌هایی بدون گلوتن از جمله کیک، کلوچه، بیسکوییت، کوکی، پاستا و نودل وجود دارد [۲]. گلوتن عامل اصلی تشکیل ساختار آرد بوده و باعث ایجاد ویژگی‌های ویسکوالاستیک، گسترش پذیری لازم و توانایی نگه داری گاز ایجاد شده حین تخمیر در خمیر شده و در ظاهر و ساختار فرآورده‌هایی پخته شده شرکت می‌کند، از طرفی کیفیت فرآورده‌هایی نانوایی بدون گلوتن نیز (ساختار، احساس دهانی، قابلیت پذیرش و عمرماندگاری) پایین‌تر از فرآورده‌های حاوی گلوتن [۳] می‌باشد، از این‌رو تولید و بهبود کیفیت فرآورده‌های بدون گلوتن جدید یکی از چالش‌های مهم صنعت غذا می‌باشد. بیشتر تحقیقات در زمینه فرآورده‌های بدون گلوتن روی استفاده از غلات بدون گلوتن، نشاسته‌ها، پروتئین‌ها و هیدروکلوئیدها و بهبود آنزیمی این فرمولاسیون‌ها تمرکز کرده‌اند [۵،٤]. با این حال اطلاعات کمی در مورد استفاده تیمار فیزیکی برای اصلاح ویژگی‌های عملکردی آردهای مورد استفاده در فرآورده‌های بدون گلوتن در دسترس می‌باشد و این روش‌ها به طور گسترده‌ای به کار نرفته‌اند.

تیمار حرارتی می‌تواند ویژگی‌های عملکردی آرد را اصلاح کند، در واقع بسته به شدت تیماردهی باعث اصلاح گرانول‌های نشاسته، غیر فعال کردن آنزیم‌ها، کاهش بار میکروبی و اصلاح عطر و آروما می‌شود. همه این تغییرات می‌تواند تاثیر مناسبی در تولید فرآورده‌هایی بدون گلوتن داشته باشد [٦]. از این رو می‌توان از آردهای بدون گلوتن تیماردهی شده، مانند تیمار حرارتی-رطوبتی، در تولید کوکی‌های بدون گلوتن استفاده نمود.

تیمار حرارتی-رطوبتی یک شیوه کم هزینه و ایمن برای اصلاح فیزیکی نشاسته می‌باشد که در این تیمار، آرد غلات یا گرانول‌های نشاسته با میزان رطوبت کم معمولاً کمتر از ۳۵ ٪ در دماهای بالا (۱۲۰ – ۸٤ درجه سانتی‌گراد) به مدت مشخص (۱۵ دقیقه تا ۱٦ ساعت) حرارت داده می‌شوند [۷]. بررسی اثر تیمار حرارتی-رطوبتی آرد برنج قهوه‌ای نشان داده‌است که تیمار، موجب تیره‌تر شدن رنگ کوکی‌ها شده است. بعلاوه مدت انبارمانی را از طریق به تعویق انداختن هدر رفت رطوبت و سفتی در طول انبارمانی، بهبود بخشیده است. همچنین باعث بهبود کیفیت و ارزش غذایی آرد برنج قهوه‌ای شده است. بنابراین آرد برنج قهوه‌ای تیمار شده می‌تواند یک جایگزین مناسب آرد گندم برای تهیه کوکی در نظر گرفته شود [۸]. چانگ و همکاران (۲۰۱۲) ، اثر تیمار حرارتی-رطوبتی آرد برنج قهوه‌ای جوانه‌زده را بررسی نموده و سپس آرد برنج قهوه‌ای تیمار شده را با نودل های گندم ترکیب نمودند و دریافتند که برنج قهوه‌ای تیمار شده به طور کلی باعث بهبود کیفیت پخت و بافت نودل ها در مقایسه با برنج قهوه‌ای کنترل، شده است.

بنابراین باتوجه به مطالعه‌های صورت گرفته و نیاز جامعه به تولید فرآورده‌های بدون گلوتن صنایع پخت، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات تیمارحرارتی-رطوبتی، دانه ارزن معمولی پوست‌کنده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آرد، خمیر و کوکی حاصل از آن بود.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد اولیه

ارزن مورد استفاده در این پژوهش از نوع ارزن معمولی (برداشت تابستان سال ۱۳۹٦) از بازار محلی خراسان رضوی تهیه شد. دانه‌های ارزن توسط آسیاب سایشی پوست‌گیری و سپس درون کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و به منظور استفاده در آزمایشات بعدی در یخچال نگهداری شد. برنج نیم‌دانه (رقم فجر) از فروشگاه استرآباد گرگان خریداری گردید. برنج

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

پس از خیساندن و آبکش کردن، آسیاب و از الک با مش۱۸۰ میکرون عبور داده شد. آرد برنج تولید شده در آون (ممرت ، مدل ۵۰۰ UFE، آلمان) در دمای ٤٥ درجه‌سانتی‌گراد به منظور رسیدن به رطوبت ۱۰ درصد قرار داده شد. سایر مواد اولیه شامل پودرشکر، شورتنینگ، تخم‌مرغ، بکینگ‌پودر، وانیل، صمغ زانتان از فروشگاه‌های معتبر مواد غذایی تهیه شد.

۲-۲- ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمایی آرد ارزن

خصوصیات شیمیایی آرد ارزن معمولی نظیر اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین، لیپید، کربوهیدرات و فیبر مطابق AACC (۲۰۰۰) تعیین گردید. محتوای رطوبت با خشک کردن ۳ گرم آرد در آون در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که یک وزن ثابت به دست آمد (روش A ٤٤-۱۵) اندازه گیری شد. خاکستر بوسیله سوزاندن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که وزن ثابت به دست آمد (روش ۰۱-۰۸) تعیین شد. محتوای نیتروژن به روش کجلدال تعیین شد و با استفاده از ضریب ٦/۲۵ به پروتئین تبدیل شد (روش A٤٦-۱۱). لیپید توسط روش سوکسله (روش ۳۰-۱۰) تعیین گردید.

۲-۳- آماده‌سازی دانه ارزن

محتوای رطوبت دانه ارزن در سطوح۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد توسط اسپری مقدار محاسبه شده‌ای از آب مقطر به دانه ارزن و مخلوط کردن آن‌ها و قرار دادن در یک ظرف شیشه‌ای در بسته به مدت یک شبانه روز در دمای ٤ درجه‌سانتی‌گراد به منظور به تعادل رسیدن رطوبت دانه‌ها تنظیم شد. دانه‌های مرطوب شده در ظروف شیشه ای درب دار ریخته و در یک آون هوای داغ (ممرت ، مدل ۵۰۰ UFE، آلمان) در دماهای مختلف ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت حرارت داده شدند. بعد از حرارت‌دهی، دانه‌ها از ظروف خارج و در آون ٤۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت حدود ۹ درصد خشک شدند [۱۱].

۲-٤- اندازه‌گیری ویژگی‌های عملکردی آرد

۲-٤-۱- ظرفیت نگه داری آب (WHC)[1]

به منظور تعیین ظرفیت نگهداری آب، ۰/۵گرم از نمونه‌های آرد در ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و بمدت ۳۰ ثانیه در دمای اتاق مخلوط شد. نمونه به‌مدت ۲۵ دقیقه در g ۳۰۰۰ سانتریفیوژ و روماند حاصل جدا شد. وزن ته‌ماند ثبت و ظرفیت نگهداری آب نمونه بعنوان گرم آب جذب شده توسط ۱۰۰ گرم آرد بیان شد [۱۲].

۲-٤-۲- ظرفیت اتصال به روغن (OBC)[2]

ظرفیت اتصال به روغن مطابق روش AOAC (۲۰۰۵) تعیین گردید. بدین منظور ۱ گرم از نمونه‌های آرد (W) درون لوله های سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتری ریخته (لوله های سانتریفیوژ قبل از ریختن نمونه وزن شد) و به طور کامل بمدت ۳ دقیقه با ۱۰ میلی لیتر روغن نباتی (V_1) با استفاده از ورتکس مخلوط شد. به

نمونه‌ها اجازه داده شد بمدت ۳۰ دقیقه بمانند، سپس مخلوط در دور g۳۰۰۰ بمدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و بلافاصله پس از سانتریفیوژ، سوپرناتانت به دقت درون لوله مدرج ۱۰ میلی‌لیتر ریخته سپس حجم ثبت گردید (V_2)، ظرفیت جذب روغن (میلی‌لیتر روغن در گرم آرد) مطابق فرمول $OBC = \frac{(V_1-V_2)}{W}$ محاسبه شد.

۲-۵- فرمول آماده‌سازی کوکی

مواد اولیه تشکیل‌دهنده خمیر کوکی درجدول ۱ نمایش داده شده است. به‌منظور تهیه کوکی، شورتنینگ 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 مخلوط گردید. آرد و سایر مواد پودری به منظور تشکیل خمیر مخلوط شد. خمیر به صورت ورقه‌هایی با ضخامت یکسان ۰/٦ سانتی‌متر درآمد و به‌مدت نیم ساعت در دمای یخچال استراحت داده شد. سپس با قالب‌هایی با قطر ٤/۵ سانتی متر برش داده و وزن آن‌ها ثبت گردید. پخت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ١٤ دقیقه در فر (لتو، مدل۱۰-۰، چین) انجام شد.

1. Water holding capacity
2. Oil-binding capacity

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

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

۲-٦- اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی کوکی

۲-٦-۱- فعالیت آبی(aw)[3]

فعالیت آبی کوکی توسط a_w متر 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 (۲۵ درجه سانتی‌گراد) خوانده شد [١٤].

۲-٦-۲- درصد افت پخت (BWL)[4]

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 رابطه زیر محاسبه شد[۱۵].

$$BWL\ (\%) = \frac{Mo - Mt}{Mo} * 100$$

M_o = وزن خمیر، M_t = وزن کوکی پس از پخت

۲-٦-۳- قطر، ضخامت و گسترش‌پذیری کوکی

به منظور اندازه‌گیری قطر، به طور تصادفی از هر فرمولاسیون ٦ کوکی پس از پخت انتخاب گردید و با استفاده از کولیس کالیبره با دقت ۰/۱ لبه تا لبه هر کوکی اندازه‌گیری شد و سپس هر کوکی به میزان ۹۰ درجه چرخانده شده و مجددا قطر آن اندازه‌گیری شد، میانگین آن‌ها به عنوان قطر کوکی گزارش شد [۱۷،۱٦].

۲-٦-٤- ضخامت

برای اندازه‌گیری ضخامت کوکی، ٦ 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 دیگر ضخامت هر یک به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد و میانگین این دو به عنوان ضخامت نهایی گزارش شد [۱۸،۱٦].

ضریب گسترشکوکی از نسبت قطر به ضخامت به‌دست آمد [۱۷،۱٦].

۲-٦-٥- بافت کوکی

ارزیابی بافت ٢٤ 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 ٤ سانتی‌متر که روی دستگاه بافت‌سنج نصب شده بود، قرار داده شد. پروپ با سرعت ٥ میلی‌متر بر ثانیه به طرف پایین حرکت کرده و پس از برخورد به سطح نمونه و شکستن آن، به سمت بالا حرکت نمود [۱۹].

۲-٦-٦- اندازه‌گیری رنگ کوکی

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[۲۰].

۲-٦-۷- ارزیابی حسی

برای انجام ارزیابی حسی از ۱۰ نفر ارزیاب استفاده شد و ارزیابی حسی به روش هدونیک ۹ نقطه از رنج ۹ (بسیارخوب) تا ۱ (بسیاربد) انجام شد. ویژگی‌های حسی مورد ارزیابی شامل رنگ و ظاهر، عطرو بو، بافت، طعم ومزه، احساس دهانی و پذیرش کلی بود [۲۱].

۲-۷- تحلیل آماری

داده‌های حاصل بر اساس آزمون فاکتوریل در سه سطح رطوبت ۱۰، ۱۵، ۲۰ درصد و در دمای ۹۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و ترکیب آرد ارزن و آرد برنج با نسبت‌های

3. Water activity
4. Baking weight loss

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

(۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۵:۸۵ درصد) 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- بحث و نتایج

۳-۱- آرد

۳-۱-۱- ترکیب شیمیایی آرد

ترکیب شیمیایی آرد ارزن پروسو خام، نظیر اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، پروتئین، لیپید،کربوهیدرات و فیبر مطابق AACC (۲۰۰۰) تعیین گردید. مقدار رطوبت، پروتئین، خاکستر، لیپید و فیبر رژیمی به ترتیب ۹/۱، ٤/۰۸، ۰/۹۵، ۱۰/۱ و ۱۰/۲ درصد تعیین شد. در مطالعه حاضر، مقدار پروتئین کمتر و مقدار چربی، فیبر و خاکستر بیشتر از نتایج دوویستی و همکاران (۲۰۱۵)، برای آرد ارزن بود. این تفاوت می‌تواند ناشی از پارامترهای مختلف از جمله واریته، تفاوت‌های جغرافیایی، آب و هوا و خاک باشد.

۳-۱-۲- رنگ آرد

اثرات شرایط مختلف تیمار حرارتی-رطوبتی بر روی رنگ آرد ارزن در جدول ۲ نشادن داده شده است. با افزایش دمای تیمار، تیرگی، قرمزی و زردی افزایش یافت. به طوری که کمترین میزان شاخص *L و بیش‌ترین میزان شاخص *a و *b متعلق به آرد حاصل از ارزن تیمار شده در شدیدترین شرایط (۱۰ درصد رطوبت و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد) بود. بر اساس نتایج خامتونگ و لودونگ (۲۰۱۲)، افزایش قابل توجه قرمزی و زردی در مورد تیمار حرارتی-رطوبتی آرد برنج می‌تواند به دلیل کارامل شدن و واکنش مایلارد در طول حرارت‌دهی باشد.

Table 2 Flour color parameters of heat-moisture treated millet

Moisture (%)	Temperature (c)	L^*	a*	b*
blank		90.27 ± 0.3^{a}	2.27 ± 0.23^{c}	12.9 ± 0.69^{de}
10	90	89.53 ± 0.23^{b}	$2.13\pm0.46/^{c}$	13.30 ± 0.00^{dc}
	110	88.20 ± 0.40^{c}	3.63 ± 0.46^{a}	14.9 ± 0.00^{a}
15	90	83.93 ± 0.23^{ab}	2.40 ± 0.00^{c}	13.24 ± 0.10^{d}
	110	88.60 ± 0.40^{c}	3.10 ± 0.00^{b}	13.83 ± 0.10^{bc}
20	90	89.67 ± 0.23^{b}	2.40 ± 0.00^{c}	12.5 ± 0.00^{e}
	110	88.33 ± 0.23^{c}	3.10 ± 0.00^{b}	14.1 ± 0.00^{b}

*Mean values6SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different (P<0.05)

۳-۱-۳- ظرفیت نگهداری آب (WHC)[5]

ظرفیت جذب آب به عوامل مختلفی از جمله نوع دانه، مدت زمان آسیاب، پیش تیمار و سایر شرایط فرآیند دانه‌ها و ترکیبات تشکیل دهنده به‌خصوص مقدار نشاسته آسیب دیده [٢٤] بستگی دارد. ظرفیت نگهداری آب آرد ارزن تیماردهی شده در شکل ۱ نشان داده شده است. بطور کلی با افزایش دما، ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها افزایش معنی‌داری یافت (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان ظرفیت نگهداری آب مربوط به نمونه‌های تیمار شده در ۲۰ درصد رطوبت و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بود که می‌تواند به دلیل آسیب گرانول‌های نشاسته حین تیمار حرارتی و افزایش ظرفیت نگهداری آب باشد. تیمار حرارتی باعث افزایش محتوای نشاسته آسیب دیده و در نتیجه افزایش جذب آب می‌شود [۹]. در واقع مقاومت برای نفوذ آب درون گرانول‌های نشاسته خام به دلیل ساختار بلوری آن می‌باشد. و تیمار حرارتی-رطوبتی[6] به تنهایی می‌تواند موجب ژلاتینه شدن نشاسته شود [۲۵]. ویدیا و همکاران (۲۰۱۲)، در بررسی تاثیر تیمار حرارتی بر ویژگی‌های خمیر آرد غلات و ارزن و کیفیت پخت آن‌ها دریافتند آرد تیمارشده در مقایسه با آرد خام اندازه ذرات ریزتر و در نتیجه جذب آب بالاتری داشتند. همچنین تیمار حرارتی دانه‌ها سبب آسیب بیشتر گرانول‌های نشاسته و در نتیجه افزایش ظرفیت آب شد.

3. Water holding capacity

6. Hydrothermal

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

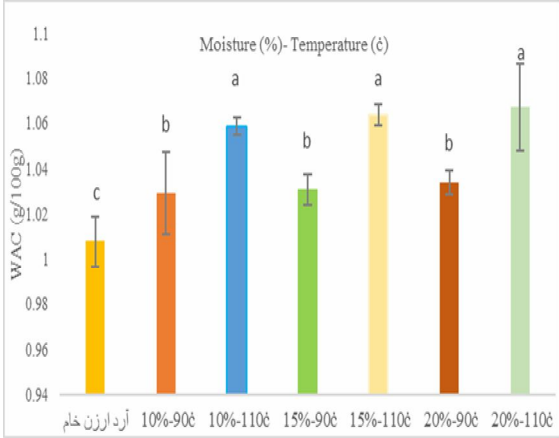

Fig 1 Flour water activity of heat-moisture treated millet

۳-۱-٤- ظرفیت جذب روغن

قابلیت جذب روغن خاصیت عملکردی مهمی است که محققان بسیاری آن را محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان نموده‌اند [۲۷]. بالا بودن ظرفیت جذب روغن پارامتری مهم در قابلیت نگهداری عطر و طعم می‌باشد [۲۷]. ظرفیت جذب روغن آرد خام و آرد حاصل از دانه ارزن تیمار شده حرارتی-رطوبتی در شرایط مختلف در شکل ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تیمار حرارتی-رطوبتی و اثر متقابل دما و رطوبت تاثیر معنی‌داری بر ظرفیت جذب روغن داشت؛ به طوریکه نمونه‌های تیمار شده حرارتی-رطوبتی، ظرفیت جذب روغن کمتری نسبت به نمونه شاهد داشتند. کمترین میزان ظرفیت جذب روغن مربوط به نمونه‌های تیمار شده در ۱۰ درصد رطوبت و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۲). تابارا و همکاران (۲۰۱۵)، با بررسی تاثیر تیمار حرارتی بر ظرفیت جذب روغن آرد دریافتند که با تیمار حرارتی، ظرفیت اتصال به روغن آرد برنج افزایش یافت. در واقع با افزایش شدت تیمار حرارتی تشکیل کمپلکس روغن/آرد برنج افزایش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که آرد برنج با استفاده از تیمار حرارتی (۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۲۰ دقیقه)، خاصیت هیدروفوبی قوی را به دست می‌آورد. خاصیت هیدروفیلی گلوتلین‌های برنج توسط تیمار حرارتی به هیدروفوب تغییر یافته به طوری که در آن سایت‌های هیدروفوبی دفن شده، با تیمار حرارتی در معرض قرار می‌گیرند و همزمان گروه‌های SH هیدروفوبی دفن شده در سطح پروتئین قرار می‌گیرند.

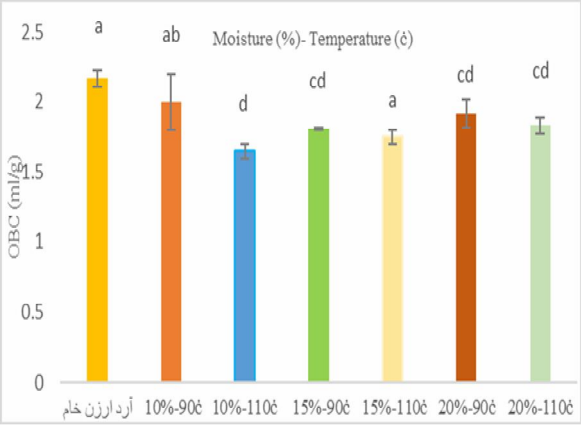

Fig 2 Flour oil binding capacity of heat-moisture treated millet

۳-۲- کوکی

۳-۲-۱- فعالیت آبی

فعالیت آبی در واقع میزان خشکی محصول و حساسیت موادغذایی به فساد میکروبی را نشان می‌دهد. یکی از مهمترین عوامل رشد میکروبی بوده و تحت تأثیر دما و pH قرار می‌گیرد [۲۹]. فعالیت آبی (< ۰/۸) رشد میکروب‌های مختلف را تسهیل می‌کند [۳۰]. معمولاً در مواد غذایی که تغییرات بیولوژی و شیمیایی سریعتر رخ می‌دهد، فعالیت آبی بالایی مشاهده می‌شود [۳۱]. در فرمولاسیون کوکی بدون گلوتن ترکیباتی مانند شکر و صمغ، با باند کردن آب، میزان آب در دسترس برای رشد میکروبی را کمتر می‌کنند [۳۲]. به طور کلی مقایسه کوکی‌ها بر اساس فعالیت آبی صورت می‌گیرد زیرا در تردی، نرمی یا مرطوب بودن نمونه و بویژه مدت ماندگاری تاثیرگذار است. فعالیت آبی (< ۰/۸) رشد میکروب‌های مختلف را تسهیل می‌کند [۳۰]. داده‌های فعالیت آبی نشان داد آرد حاصل از دانه ارزن تیمار شده به روش حرارتی-رطوبتی، تاثیر معنی‌داری بر فعالیت آبی کوکی‌ها داشت (جدول ۳). تاثیر دما، رطوبت، سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده و اثر متقابل هر سه بر فعالیت آبی کوکی معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$)؛ به طوری که با افزایش رطوبت فعالیت آبی افزایش، و با افزایش دما و سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده فعالیت آبی کاهش یافت. علت کاهش فعالیت آبی با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده، 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 وکولتو (۲۰۱۵)، خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، حرارتی،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

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.

۳-۲-۲- افت پخت

نتایج مربوط به افت پخت در جدول ۳ ارائه شده است. افت پخت نشان‌دهنده کاهش وزن کوکی حین فرآیند پخت است. این شاخص از نظر اقتصادی حائز اهمیت است. آنالیز آماری نشان داد که تیمار حرارتی-رطوبتی آرد ارزن تاثیر معنی‌داری بر افت پخت کوکی دارد ($p<۰/۰۵$).

اثر رطوبت، سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده، اثر متقابل دما و رطوبت، اثر متقابل دما و سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده بر افت پخت معنی‌دار بود؛ به طوری که با افزایش رطوبت و کاهش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده ، میزان افت وزن کوکی در طول پخت افزایش یافت. دلیل کاهش افت پخت در اثر تیمار حرارتی-رطوبتی می‌تواند به دلیل ظرفیت نگهداشت آب بالاتر آردهای حاصل از ارزن تیمار شده باشد [۳٤]. بعلاوه با افزایش سطح جایگزینی آرد ارزن و بالا رفتن محتوای پروتئین در کوکی‌ها، جذب آب بیشتر شده و در نتیجه افت پخت کاهش می‌یابد. در واقع آردهایی با ظرفیت اتصال به آب بالاتر، افت رطوبت کمتری در طی پخت از خود نشان دادند [۳۵]. همچنین با افزایش دما، افت پخت به طور غیر معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) کاهش یافت. بودزاکی و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که در نمونه‌هایی با محتوای آب اولیه بالاتر، کاهش وزن بیشتری مشاهده شد و افت پخت نمونه‌های با محتوای رطوبت اولیه بالا بیشتر بود. اما پس از گذشت ۱۰ دقیقه پس از پخت، تمام کوکی‌ها بدون توجه به محتوای آب اولیه، دارای محتوای آب برابری بودند.

۳-۲-۳- بافت

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 [۳۸، ۳۷، ۳٦]. 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 [۱۵]. طبق نظر پیلر (۱۹۸۸)، مواد اولیه کوکی را می‌توان از لحاظ ویژگی عملکردی، تقسیم‌بندی نمود؛ به عنوان مثال شورتنینگ یک تردکننده و آرد یک سفت‌کننده بوده و پروتئین‌های تخم‌مرغ به ساخت یک ساختار سلولی پایدار کمک می‌کنند. داده‌های مربوط به سفتی در جدول ۳ نشان داد که تیمار حرارتی-رطوبتی به طور قابل توجهی بر بافت کوکی تاثیر گذاشت. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، تاثیر دما، رطوبت، سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده و اثر متقابل دما و رطوبت بر روی سفتی کوکی معنی‌دار بودند؛ به طوری‌که افزایش دما موجب کاهش سفتی کوکی‌ها شد، در حالی که افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده، سفتی کوکی را افزایش داد. کم‌ترین میزان سفتی مربوط به نمونه‌های تیمار شده در ۱۵ درصد افزودن آرد حاصل از ارزن تیمارشده، دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۲۰ درصد بود که می‌تواند به دلیل تضعیف تعامل بین نشاسته و پروتئین با افزایش دما و شدت تیمار حرارتی-رطوبتی باشد.

چانگ و همکاران (۲۰۱٤)، گزارش کردند که تیمار حرارتی-رطوبتی سفتی کوکی‌ها را به طور قابل توجهی کاهش داد. نتیجه این پژوهش موافق با نتایج به دست آمده در نودل‌ها، که سفتی پس از تیمار حرارتی-رطوبتی افزایش یافت، نبود [۹]. این اختلاف احتمالا مربوط ساختارهای ماتریکسی مختلف بین کوکی‌ها و نودل است. چوالیر و همکاران (۲۰۰۰)، ادعا کردند که سفتی کوکی‌ها نتیجه تعامل بین پروتئین و نشاسته از طریق پیوند هیدروژنی است و تیمار حرارتی رطوبتی با تسریع در بازآرایی ملکول‌های نشاسته، مانند آمیلوز-آمیلوز و آمیلوز-آمیلوپکتین موجب تضعیف تعامل بین نشاسته و پروتئین شده و در نتیجه کاهش سختی در کوکی‌ها می‌شود.

از طرفی 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 [٤۰]. افزایش سفتی کوکی‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده در پژوهش حاضر به محتوای رطوبت و فعالیت‌آبی و ترکیب پروتئین مربوط می‌شود. در واقع با سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده ، فعالیت آبی کاهش و میزان افت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

پخت کوکی‌ها افزایش یافت، که این می‌تواند باعث سفتی و خشک‌تر شدن بافت کوکی‌ها شود. در این پژوهش احتمالاً با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده و افزایش مقدار پروتئین در کوکی‌ها، ماتریکس پروتئین در طی پخت تشکیل شده و باعث سفتی بافت کوکی شد. مانسبو و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تأثیر خصوصیات آرد بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن دریافتند که بالاترین مقدار سفتی را کوکی‌های تهیه شده از آردهای باکویت، تف و ذرت داشتند. سفتی بیشتر کوکی‌های حاصل از آردهای تف و باکویت به دلیل محتوای بالای پروتئین این آردها بود. در مقابل طی پژوهشی هدنادو و همکاران (۲۰۱۳) 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. سفتی کوکی‌ها با اندازه ذرات آرد ارتباط معکوس دارد [۴۲].

Table 3 Hardness, Baking weight loss and Water activity of cookie containing heat-moisture treated millet flour

Moisture (%)	Temperature (c)	Flour (%)	Hardness (N)	Baking weight loss (%)	Water activity
blank			19.95±1.23^{hig}	12.05±0.53^{hi}	0.465±0.005^{a}
Untreated millet		15	21.01±1.45^{hg}	12.20±0.11^{hgi}	0.234±0.009^{lkj}
		25	24.59±1.12^{ce}	12.56±0.36^{he}	0.231±0.001^{lk}
		50	27.04±3.21^{cdb}	14.23±0.15^{a}	0.221±0.002^{l}
10	90	15	25.18±2.94^{cde}	12.68±0.30^{de}	0.315±0.019^{fg}
		25	26.29±2.93^{cd}	11.50±0.17^{j}	0.297±0.017^{hg}
		50	32.32±2.51^{a}	12.70±0.38^{de}	0.242±0.011^{kj}
	110	15	20.61±0.82^{hg}	11.94±0.31^{ji}	0.254±0.023^{ij}
		25	22.67±1.33^{hg}	13.40±0.11^{cb}	0.318±0.003^{fg}
		50	23.88±0.75^{cg}	12.87±0.24^{de}	0.345±0.015^{de}
15	90	15	22.98±2.65^{hg}	12.75±0.18^{de}	0.355±0.015^{d}
		25	26.25±2.77^{cd}	13.10±0.12^{de}	0.289±0.011^{h}
		50	31.91±4.07^{a}	12.82±0.72^{de}	0.266±0.016^{i}
	110	15	22.75±1.71^{hg}	13.12±0.50^{de}	0.328±0.015^{fe}
		25	28.19±0.53^{cab}	13.24±0.09^{dcb}	0.288±0.008^{h}
		50	30.72±2.96^{ab}	13.23±0.13^{dcb}	0.310±0.015^{fg}
20	90	15	24.48±2.44^{ce}	12.52±0.28^{hgf}	0.319±0.001^{f}
		25	25.71±1.22^{cd}	13.06±0.29^{de}	0.414±0.006^{b}
		50	27.69±4.04^{cb}	13.79±0.18^{ab}	0.325±0.014^{f}
	110	15	18.24±1.97^{i}	12.75±0.05^{de}	0.418±0.005^{b}
		25	19.32±1.48^{hi}	13.14±0.50^{dce}	0.381±0.002^{c}
		50	25.52±1.85^{cd}	12.78±0.14^{de}	0.356±0.006^{d}

*Mean values6SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different (P<0.05)

۳-۲-٤- قطر، ضخامت، گسترش‌پذیری

گسترش‌پذیری کوکی که در واقع میزان گسترش خمیر در طول پخت را منعکس می‌کند، یکی از پارامترهای کیفی مهم است [٤۳]. به طور کلی، گسترش‌پذیری کوکی‌ها به میزان قند، چربی و پروتئین مرتبط است و از نسبت قطر به ضخامت کوکی به دست می‌آید. نتایج مربوط به ضخامت، قطر و گسترش‌پذیری در جدول ٤ آورده شده است. بر اساس نتایج آنالیز آماری تیمار حرارتی-رطوبتی اثر معنی‌داری بر ضخامت، قطر و گسترش‌پذیری کوکی دارد (p<۰/۰۵)؛ به طوری که قطر و گسترش‌پذیری کوکی‌ها توسط تیمار حرارتی- رطوبتی افزایش و ضخامت کوکی‌ها کاهش یافت. اثر رطوبت، سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده و اثر متقابل این دو بر میزان گسترش‌پذیری کوکی‌ها معنی‌دار بود. به طور کلی گسترش‌پذیری نمونه‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده به طوری معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵)، که احتمالا به این دلیل است که با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمارشده در کوکی‌ها مقدار پروتئین افزایش یافته که این خود بر میزان گسترش‌پذیری تاثیر گذار است. دلیل احتمالی دیگر به تفاوت ژلاتینه شدن نشاسته

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

برنج و ارزن و در نتیجه افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌های محتوی ارزن مربوط است [۴۲].

چانگ و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش کردند که تیمار حرارتی با کاهش ویسکوزیته، گسترش‌پذیری کوکی را افزایش داد. در واقع تیمار حرارتی باعث واکنش بین ماکروملکول‌ها شده و انتظار می‌رود که بازآرایی ناشی از تیمار حرارتی، ساختار کلی ماتریکس و احتباس آب در کوکی‌ها را تغییر دهد. هنگامی که آب آزاد بیشتر وجود دارد، ویسکوزیته داخلی خمیر کاهش یافته و بنابراین گسترش‌پذیری کوکی‌ها افزایش می‌یابد. در واقع افزایش گسترش‌پذیری در کوکی‌ها توسط تیمار حرارتی-رطوبتی، در تولید کوکی‌ها مطلوب بود. مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، تأثیر خصوصیات آرد را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند که در کوکی‌های بدون گلوتن با افزایش محتوای پروتئین، نسبت گسترش‌پذیری افزایش یافت. همچنین چانگ و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش دادند که عامل گسترش‌پذیری کوکی‌ها افزایش محتوای پروتئین غیر گندمی است. هدنادو 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. 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 [۴۴]، و منجر به کاهش ویسکوزیته خمیر و افزایش گسترش‌پذیری کوکی‌ها شد [۴۵]. همبستگی منفی بین گسترش‌پذیری و نشاسته آسیب دیده و ظرفیت نگهداری آب در کوکی‌ها مشاهده شد [۴۱]. به طور کلی، گسترش‌پذیری کوکی‌ها به ویسکوزیته خمیر بستگی دارد [۴۸، ۴۷، ۴۶]. آن دسته از اجزای آرد که مقادیر زیادی آب را 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 کمتر خواهد شد [۴۹، ۴۷]. از طرفی آردهایی با خواص هیدراتاسیون پایین‌تر، کوکی‌هایی با گسترش‌پذیری بیشتر ایجاد کردند [۵۰].

Table 4 Thickness, Diameter and Spread ratio of cookie containing heat-moisture treated millet flour

Moisture (%)	Temperature (c)	Flour (%)	Thickness (mm)	Diameter (mm)	Spread ratio
blank			13.65±0.85^{ab}	47.97±0.87^{i}	3.53±0.28^{f}
Untreated millet		15	13.39±0.57^{dcb}	50.41±056^{gh}	3.77±0.16^{fde}
		25	12.40±0.58^{hf}	51.56±0.55^{fe}	4.16±0.21^{cab}
		50	12.57±0.24^{hf}	53.39±0.67^{cab}	4.24±0.08^{ab}
10	90	15	12.72±0.38^{df}	50.22±0.81^{h}	3.95±0.08^{cd}
		25	12.28±0.60^{hgf}	51.40±0.50^{fe}	4.19±0.21^{cab}
		50	12.20±0.53^{hgf}	52.45±0.85^{cd}	4.30±0.22^{a}
	110	15	12.04±0.46^{hg}	50.45±0.61^{h}	4.19±0.20^{cab}
		25	12.51±0.47^{hf}	52.84±0.78^{cd}	4.23±0.20^{ab}
		50	12.26±0.51^{hgf}	54.21±0.66^{a}	4.43±0.20^{a}
15	90	15	13.42±0.50^{cb}	50.93±0.84^{gfh}	3.80±0.19^{de}
		25	12.56±0.68^{hf}	52.79±0.69^{cd}	4.22±0.30^{ab}
		50	12.59±0.55^{hf}	53.86±0.74^{ab}	4.28±0.18^{a}
	110	15	14.25±0.65^{a}	51.28±0.59^{gfe}	3.58±0.20^{fe}
		25	12.39±0.45^{hf}	53.07±0.63^{cb}	4.28±0.18^{a}
		50	12.16±0.36^{hgf}	52.99±0.59^{cb}	4.36±0.15^{a}
20	90	15	12.89±0.48^{df}	50.18±0.76^{h}	3.90±0.20^{d}
		25	12.89±0.53^{df}	54.17±0.64^{a}	4.21±0.21^{cab}
		50	12.63±0.81^{hf}	53.81±0.96^{ab}	4.27±0.34^{a}
	110	15	13.06±0.50^{db}	52.01±0.45^{de}	3.99±0.18^{cdb}
		25	12.21±0.40^{hgf}	53.01±0.64^{cb}	4.34±0.19^{a}
		50	11.95±0.36^{h}	52.53±0.86^{cd}	4.40±0.17^{a}

*Mean values6SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different (P<0.05)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۳-۲-۵- رنگ

رنگ از ویژگی‌های مهم در پذیرش کوکی‌ها است [۵۱]. رنگ کوکی‌ها نه تنها به رنگ آرد بلکه به واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون که در طول مدت پخت رخ می‌دهد بستگی دارد [۵۲]. 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 قهوه ای در سطح کوکی، پخت می‌شود. در طی فرآیند حرارتی، واکنش مایلارد، با ترکیب قند با آسپاراژین در دمای بالای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد [٥٤، ۵۳]. به نظر می‌رسد که واکنش مایلارد و کاراملیزاسیون مسئول ایجاد رنگ‌های متفاوت در نمونه کوکی باشند. شاخص‌های رنگ (L^*، a^*، b^*) در جدول ۵ آورده شده است. آرد حاصل از دانه ارزن تیمار شده به روش حرارتی-رطوبتی منجر به کاهش روشنی و افزایش قرمزی سطح کوکی‌ها شد(جدول ۵). بنابراین کمترین میزان L و بیش‌ترین میزان a برای نمونه حاوی ۱۵ و ۲۰ درصد رطوبت و دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، مقادیر L و a تحت تاثیر دما، رطوبت، سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده و اثر متقابل دوگانه آن‌ها قرار گرفتند. به طوری که با افزایش دما، روشنی کاهش و قرمزی افزایش یافت که می‌تواند به دلیل واکنش‌های مایلارد و کاراملیزاسیون در طول پخت باشد [۸]. به علاوه با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده روشنی کوکی‌ها کاهش و قرمزی افزایش یافت. این اثر نیز ممکن است به دلیل محتوای پروتئین بالاتر آرد ارزن نسبت به آرد برنج باشد که در نتیجه باعث تشدید واکنش مایلارد و تیره‌تر شدن رنگ کوکی می‌شود.

تیمار حرارتی-رطوبتی موجب کاهش میزان روشنی (L^*) و افزایش فاکتور قرمزی و زردی در آرد برنج شد [۵۵]. نتیجه حاصل شده نشان‌دهنده این است که مولکول‌های کوچک تولید شده طی تخریب حرارتی نشاسته و پروتئین‌ها در طول جوانه زنی سبب واکنش مایلارد در طول پخت می‌شوند [۸]. عمدتا تیمار حرارتی-رطوبتی به دلیل واکنش مایلارد موجب تغییر رنگ و طعم می‌شود که بایستی برای استفاده از آرد تیمار شده حرارتی-رطوبتی به دقت مورد توجه قرار گیرد [۹]. مطالعات چانگ و همکاران (۲۰۱۲ و ۲۰۱٤) نشان دادند که جایگزینی آرد گندم با آرد برنج قهوه‌ای جوانه زده تیمار شده حرارتی-رطوبتی در فرمولاسیون نودل و کلوچه منجر به کاهش روشنی (L^*) و افزایش قرمزی (a) و زردی (b) گردید. این اثر تیره‌کنندگی هنگامی که زمان تیمار حرارتی-رطوبتی افزایش می‌یابد قابل توجه‌تر است. مارستون و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند که تیمار حرارتی آرد سورگوم موجب کاهش روشنی و زردی مغز کیک و افزایش قرمزی آن گردید.

چوالیر و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که محتوای پروتئین با میزان روشنی (L^*) کوکی رابطه منفی دارد، 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 روشنی (L^*) بدلیل کاهش محتوای پروتئین افزایش یافت. همچنین مانسبو و همکاران (۲۰۱۵)، نیز تأثیر خصوصیات آرد را بر ویژگی‌های کیفی کوکی‌های شکری بدون گلوتن بررسی کردند و دریافتند کوکی‌های تولید شده از آرد باکویت و تف رنگ تیره‌تری (کمترین میزان روشنی L^*) داشتند این اثر ممکن است به دلیل محتوای پروتئین بالاتر باشد که در نتیجه باعث تشدید واکنش مایلارد می‌شود. 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 نهایت با تولید رنگدانه‌های قهوه‌ای منجر به تیره‌تر شدن سطح کوکی‌ها می‌شود [۵۸، ۵۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Table 5 color parameters of cookie containing heat-moisture treated millet flour

Moisture (%)	Temperature (c)	Flour (%)	L*	a*	b*
blank			80.13±0.92^{ef}	5.37±0.23^{ih}	15.43±0.46^{hi}
Untreated millet		15	75.13±0.96^{h}	6.70±0.40^{dc}	15.97±0.46^{gh}
		25	74.27±0.67^{h}	7.92±0.21^{b}	16.23±0.46^{gf}
		50	70.66±1.11^{i}	8.73±0.65^{a}	16.67±0.40^{gef}
10	90	15	77.80±0.20^{g}	5.90±0.40^{fhg}	15.30±0.40^{i}
		25	78.40±0.69^{g}	6.03±0.46^{eg}	16.23±0.46^{gf}
		50	74.47±0.72^{h}	6.73±0.40^{defc}	16.05±0.51^{ghf}
	110	15	86.97±0.46^{a}	3.63±0.46^{k}	17.77±0.40^{cb}
		25	84.73±0.75^{b}	5.77±0.46^{hg}	18.00±0.00^{cb}
		50	83.10±0.40^{dc}	6.83±0.46^{dec}	18.00±0.00^{a}
15	90	15	78.93±0.61^{gf}	6.83±0.46^{dec}	16.50±0..00^{gef}
		25	78.93±0.46^{gf}	6.57±0.46^{dg}	17.03±0.46^{ed}
		50	77.87±0.23^{g}	6.30±0.00^{dg}	16.77±0.46^{ef}
	110	15	87.37±0.23^{a}	4.70±0.00^{ij}	18.00±0.00^{cb}
		25	84.70±1.39^{b}	6.03±0.92^{eg}	18.27±0.46^{ab}
		50	82.23±1.10^{d}	7.33±0.40^{bc}	18.80±0.00^{a}
20	90	15	83.90±1.44^{bc}	6.30±0.80^{dg}	16.77±0.46^{ef}
		25	80.80±0.40^{e}	6.16±0.23^{eg}	17.03±0.46^{ed}
		50	79.07±0.83^{gf}	7.10±0.00^{dbc}	17.53±0.40^{cd}
	110	15	87.47±0.35^{a}	3.90±0.00^{kj}	17.03±0.46^{ed}
		25	86.57±0.92^{a}	4.70±0.80^{ij}	17.77±0.40^{cb}
		50	82.87±0.57^{dc}	7.33±0.40^{bc}	18.80±0.00^{a}

*Mean values6SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

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 [۴۲]. درکوکی 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 [۵۹]. نتایج ارزیابی حسی در جدول ۶ ارائه شده است. نمرات مربوط به ارزیابی حسی (رنگ و ظاهر، بافت، عطر و بو، طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی) با افزایش شدت تیمار حرارتی-رطوبتی افزایش یافت. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، تاثیر دما و سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده، بر روی رنگ و ظاهر معنی‌دار بودند. به طوری که نمرات مربوط به رنگ و ظاهر با افزایش دما و سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده، افزایش یافت، و بیش‌ترین نمره مربوط به دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۱۵ درصد و سطح جایگزینی ۵۰ درصد آرد ارزن بود. از نظر مصرف کنندگان، آرد حاصل از ارزن تیمارشده رنگ کوکی‌های بدون گلوتن را نسبت به کوکی حاصل از آرد ارزن تیمار نشده بهبود داد. این موضوع می‌تواند به دلیل پیشرفت واکنش مایلارد با افزایش شدت تیمار حرارتی-رطوبتی باشد [۹]. نمرات بافت برای بیش‌تر کوکی‌های حاوی آرد حاصل از ارزن تیمار شده بالا بودند اما کوکی حاصل از ۲۵ درصد سطح جایگزینی آرد ارزن تیمار شده در شرایط دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰ درصد کمترین امتیاز بافت را دارا بود. با افزایش دما و رطوبت،

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

نمرات مربوط به طعم افزایش یافت ولی با افزایش سطح جایگزینی آرد حاصل از ارزن تیمار شده، نمرات مربوط به طعم کاهش یافت، که احتمالا به دلیل تلخی ناشی از ترکیبات فنلی موجود در ارزن است. تمام کوکی‌های بدون گلوتن نمرات پذیرش کلی بالای ۵ (خنثی) داشتند و بیش‌ترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به کوکی با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۱۵ درصد و سطح جایگزینی آرد ۲۵ درصد بود.

Table 6 Sensory evaluation of cookie containing heat-moisture treated millet flour

Moisture (%)	Temperature (c)	Flour (%)	Color and appearance	Texture	Aroma	Taste	Mouth feel	acceptability
blank			4.90±0.88 ^{h}	5.35±1.25 ^{cdb}	7.00±1.05 ^{ab}	6.50±1.18 ^{cab}	6.75±1.09 ^{ab}	5.75±1.03^{ab}
Untreated millet		15	7.10±1.66^{cb}	6.35±1.63 ^{cb}	7.20±1.14 ^{a}	7.05±1.50^{a}	6.70±1.34 ^{ab}	6.75±1.25^{ab}
		25	6.00±1.65 ^{ge}	6.00±2.21 ^{cb}	5.20±1.14 ^{c}	6.40±1.65 ^{cab}	6.15±2.24 ^{cab}	5.95±2.33^{ab}
		50	7.30±0.67 ^{cab}	5.15±1.70 ^{cd}	6.58±1.69 ^{cab}	6.10±2.33 ^{cab}	5.80±1.87 ^{cab}	5.95±1.64^{ab}
10	90	15	6.20±1.03 ^{ge}	5.85±1.49 ^{cb}	5.50±1.58 ^{cb}	6.00±1.33 ^{cab}	5.85±1.20 ^{cab}	6.05±1.01^{ab}
		25	6.00±1.63 ^{ge}	5.00±1.94 ^{d}	5.55±1.46 ^{cb}	5.00±2.00 ^{c}	5.10±1.73^{c}	5.40±1.51^{b}
		50	5.70±1.34^{ge}	6.15±1.63^{cadb}	6.60±1.51 ^{cab}	5.70±1.64^{cab}	5.75±1.65 ^{cab}	6.05±1.61^{ab}
	110	15	6.05±0.55 ^{ge}	6.10±0.70^{cadb}	6.05±0.69 ^{cab}	6.40±1.17 ^{cab}	6.25±0.86 ^{cab}	6.35±0.88^{ab}
		25	6.50±1.00^{ce}	5.35±1.03 ^{cdb}	5.95±1.01 ^{cab}	5.35±0.94^{cb}	5.35±0.94 ^{cab}	6.00±0.82^{ab}
		50	6.80±0.95 ^{ce}	6.70 ±0.95^{ab}	7.00±1.05 ^{ab}	6.05±0.83 ^{cab}	6.30±0.95 ^{ab}	6.30±.95^{ab}
15	90	15	6.35±1.42 ^{ge}	5.90±1.79^{cadb}	5.50±1.58 ^{bc}	6.25±1.81 ^{cab}	6.50±1.35 ^{cab}	6.25±1.34^{ab}
		25	6.80±1.48 ^{ce}	6.75±1.32 ^{ab}	6.85±1.29 ^{ab}	6.55±1.89 ^{cab}	6.65±1.56 ^{ab}	6.45±1.26^{ab}
		50	7.40±1.58 ^{ab}	6.10±1.37 ^{cb}	6.50±2.08 ^{cab}	6.05±2.19^{cab}	6.05±1.86 ^{cab}	6.45±1.34^{ab}
	110	15	6.50±0.85 ^{ce}	6.00±0.82 ^{db}	6.00±0.67 ^{cab}	6.40±0.84 ^{cab}	6.08±1.03^{ab}	6.70±0.95^{ab}
		25	7.00±0.82 ^{cb}	700±1.05 ^{a}	7.35±1.00 ^{a}	7.10±0.88 ^{a}	7.00±1.05 ^{a}	7.20±1.23^{a}
		50	7.80±1.03 ^{a}	6.50±0.85 ^{cab}	7.00±0.85 ^{ab}	6.50±0.85 ^{cab}	6.30±0.95 ^{cab}	7.00±1.05^{a}
20	90	15	5.20±1.40 ^{cb}	6.20±1.69 ^{cb}	6.30±1.95 ^{cab}	6.50±1.90 ^{cab}	5.80±1.69 ^{cab}	6.10±1.85^{ab}
		25	6.20±1.14 ^{gce}	6.40±1.07 ^{db}	6.50±1.72 ^{cab}	6.30±1.42 ^{cab}	5.80±1.62 ^{cab}	6.10/±1.29^{ab}
		50	6.05±1.50 ^{ge}	6.40±1.43 ^{cb}	6.10±1.76 ^{cab}	6.10±1.85 ^{cab}	6.00±2.00 ^{cab}	6.80±1.85^{ab}
	110	15	5.40±0.97 ^{gfh}	6.45±0.67 ^{cb}	7.00±0.82 ^{ab}	7.00±1.05^{a}	6.05±0.96 ^{cab}	6.08±1.03^{ab}
		25	6.75±1.18 ^{ce}	6.95±1.07 ^{a}	7.15±1.20 ^{a}	6.85±1.00 ^{ab}	6.05±0.90 ^{cab}	6.80±1.03^{ab}
		50	6.30±0.79 ^{ge}	7.00±1.05 ^{a}	6.25±1.01 ^{cab}	6.50±1.08 ^{cab}	6.50±1.00 ^{cab}	7.00±0.94^{a}

*Mean values6SD. Values in the same column followed by different superscripts are significantly different ($P<0.05$)

منابع

[1] Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2016). Nutritional therapy–facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. International journal of Food Microbiology, 239, 113-124.

[2] Sumnu, G., Koksel, F., Sahin, S., Basman, A., & Meda, V. (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.

[3] Matos, M. E., Sanz, T., & Rosell, C. M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. Food Hydrocolloids, 35, 150-158.

[4] Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., & Arendt, E. K. (2005).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[16] Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (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.
[17] Krishnan, R., Dharmaraj, U., Manohar, R. S., & Malleshi, N. (2011). Quality characteristics of biscuits prepared from finger millet seed coat based composite flour. Food chemistry, 129(2), 499-506.
[18] Taylor, T., Fasina, O., & Bell, L. (2008). Physical properties and consumer liking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose. Journal of food science, 73(3), S145-S151.
[19] Steffe, J. F. (1996). Rheological methods in food process engineering: Freeman press.
[20] Bassinello, P. Z., de GC Freitas, D., Ascheri, J. L. R., Takeiti, C. Y., Carvalho, R. N., Koakuzu, S. N., & Carvalho, A. V. (2011). Characterization of cookies formulated with rice and black bean extruded flours. Procedia Food Science, 1, 1645-1652.
[21] Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (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.
[22] Devisetti, R., Ravi, R., & Bhattacharya, S. (2015). Effect of hydrocolloids on quality of proso millet cookie. Food and Bioprocess Technology, 8(11), 2298-2308.
[23] Khamthong, P., & Lumdubwong, N. (2012). Effects of heat-moisture treatment on normal and waxy rice flours and production of thermoplastic flour materials. Carbohydrate Polymers, 90(1), 340-347.
[24] Berton, B., Scher, J., Villieras, F., & Hardy, J. (2002). Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. Powder Technology, 128(2-3), 326-331.
[25] Rao, M. S., Manohar, R. S., & Muralikrishna, G. (2004). Functional characteristics of non-starch polysaccharides (NSP) obtained from native (n) and malted (m) finger millet (ragi, Eleusine coracana, indaf-15). Food chemistry, 88(3), 453-460.
[26] Vidya, S., Ravi, R., & Bhattacharya, S. (2013). Effect of thermal treatment on selected cereals and millets flour doughs and their baking quality. Food and Bioprocess Technology, 6(5), 1218-1227.
Gluten□free bread from sorghum: quality differences among hybrids. Cereal Chemistry, 82(4), 394-404.
[5] Rosell, C. M. (2009). Enzymatic manipulation of gluten-free breads. Gluten-free food science and technology, 83-98.
[6] Gómez, M., & Martínez, M. M. (2016). Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. Journal of Cereal Science, 67, 68-74.
[7] Zavareze, E.R., Dias, A.R.G. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. Carbohydrate Polymer, 82: 317-328.
[8] Chung, H.-J., Cho, A., & Lim, S.-T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. LWT-Food Science and Technology, 57(1), 260-266.
[9] Chung, H.-J., Cho, A., & Lim, S.-T. (2012). Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle. LWT-Food Science and Technology, 47(2), 342-347.
[10] AACC, I. (2000). Approved Methods of the AACC. Association of Cereal Chemists, St. Paul.
[11] Puncha-arnon, S., & Uttapap, D. (2013). Rice starch vs. rice flour: Differences in their properties when modified by heat–moisture treatment. Carbohydrate Polymers, 91(1), 85-91.
[12] Diniz, F. M., & Martin, A. 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.
[13] AOAC. (2005) Official methods of analysis of the association of official analytical chemists ǁ. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
[14] Dhankhar, P., & Tech, M. (2013). A study on development of coconut based gluten free cookies. International Journal of Engineering Science Invention, 2(12), 10-19.
[15] Šarić, B. M., Nedeljković, N. M., Šimurina, O. D., Pestorić, M. V., Kos, J. J., Mandić, A. I.,. Mišan, A. 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[27] Kinsella, J. (1982). Relationships between structure and functional properties of food proteins. Food proteins, 1, 51-103.
[28] Tabara, A., Nakagawa, M., Ushijima, Y., Matsunaga, K., & Seguchi, M. (2015). Effects of heat treatment on oil-binding ability of rice flour. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 79(10), 1629-1634.
[29] Li, J., Chen, Z., Guan, X., Liu, J., Zhang, M., & Xu, B. (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.
[30] Eisa, H. (2006). The effect of using gluten free flours on the palatability, texture and water activity of white chocolate chip Macadamia Nut Cookies. Individual project written report. Food and nutrition, 453.
[31] Abdullah, N., 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.
[32] Einhorn-Stoll, U., Hatakeyama, H., & Hatakeyama, T. (2012). Influence of pectin modification on water binding properties. Food Hydrocolloids, 27(2), 494-502.
[33] Duta, D. E., & Culetu, A. (2015). Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. Journal of Food Engineering, 162, 1-8.
[34] Goswami, D., Gupta, R., Mridula, D., Sharma, M., & Tyagi, S. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. LWT-Food Science and Technology, 64(1), 374-380.
[35] Jeong, S., Kang, W.-S., & Shin, M. (2013). Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour. Food Science and Biotechnology, 22(1), 173-180.
[36] Budžaki, S., Koceva Komlenić, D., Lukinac Čačić, J., Čačić, F., Jukić, M., & Kožul, Ž. (2014). Influence of cookies composition on temperature profiles and qualitative parameters during baking. Croatian journal of food science and technology, 6(2), 72-78.
[37] Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity: concept and measurement: Elsevier.
[38] Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., & Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. Journal of Food Engineering, 90(3), 400-408.
[39] Pyler, E. (1988). Enzymes in baking. Baking, science and technology, 1, 132-183.
[40] 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.
[41] Mancebo, C. M., Picón, J., & Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. LWT-Food Science and Technology, 64(1), 264-269.
[42] Hadnađev, T. R. D., Torbica, A. M., & Hadnađev, M. S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. Food and Bioprocess Technology, 6(7), 1770-1781.
[43] HadiNezhad, M., & Butler, F. (2009). Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. Journal of Cereal Science, 49(2), 178-183.
[44] Torbica, A., Hadnađev, M., & Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. Food Hydrocolloids, 24(6-7), 626-632.
[45] Tsen, C., Bauck, L., & Hoover, W. (1975). Using surfactants to improve the quality of cookies made from hard wheat flours. Sage, 2(63), 6.
[46] Hoseney, R., Wade, P., & Finley, J. (1988). Soft wheat products. Wheat chemistry and technology, 2, 407-456.
[47] Hoseney, R., & Rogers, D. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. The science of cookie and cracker production, 1, 203-225.
[48] Yamazaki, W., T. (1959). The application of heat in the testing of flours for cookie quality. Cereal Chemistry, 36(1), 59-69.
[49] Yamazaki, W. T. (1955). The concentration of a factor in soft wheat flours affecting cookie quality. Cereal Chemistry, 32(1), 26-37.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[50] Yamazaki, W. (1962). Laboratory testing of flours and cookie quality research. Cereal Sci. Today, 7(4), 98.
[51] Zucco, F., Borsuk, Y., & Arntfield, S. 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.
[52] Ameur, L. A., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., & Birlouez-Aragon, I. (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.
[53] 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.
[54] Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2003). Evolution of non-enzymatic browning during storage of infant rice cereal. Food chemistry, 83(2), 219-225.
[55] Takahashi, T., Miura, M., Ohisa, N., Mori, K., & Kobayashi, S. (2005). Heat treatments of milled rice and properties of the flours. Cereal Chemistry, 82(2), 228-232.
[56] Marston, K., Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. LWT-Food Science and Technology, 65, 637-644.
[57] Manley, D. (2011). Manley's technology of biscuits, crackers and cookies: Elsevier.
[58] Wade, P. (1988). Biscuits, cookies, and crackers: Elsevier applied science.
[59] 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Effect of heat-moisture treatment of proso millet grain on physicochemical properties of flour and produced cookies

Karami, F. [1], Aalami, M. [2*], Sadeghi Mahoonak, A. [2], Shahiri Tabarestani, H. [3]

1. MSc student in Food Science and Technology, Faculty of Food Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Gorgan, Iran.
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: 2019/01/19 Accepted:2019/04/27)

Millet is a type of cereals with high resistancy to pest, disease, and drought which is used in the production of gluten-free products for patients with celiac disease. Today, production and improvement of the quality of gluten-free products for Celiac patients are one of the major challenges in the food industry. Physical modification methods such as heat-moisture and microwave treatments can be used to improve the performance of flour and gluten-free products in the baking industry. The goal of this study was to investigate the effects of heat-moisture treatment at three relative humidity (RH) levels of 10, 15, 20% at 90 and 110 °C, to improve the quality of grain millet, and different ratios of of millet flour: rice flour (50:50, 25:75, 15:85) to be used in the formulation of gluten-free cookie. In this regard, physicochemical characteristics of millet (moisture, fat, protein, ash, fiber), flour (water absorption, oil absorption, color) and cookie (diameter, thickness, spread ratio, color, texture) were investigated. The results showed that the heat-moisture treatment had a significant effect on water holding capacity and oil absorption capacity of the samples ($p<0.05$), in a direct and reverse trend, respectively. Using flour from treated seeds in the gluten-free cookie improved baking loss, water activity, texture parameters, and sensory acceptance. By increasing heat-moisture treatment, the amount of baking loss, water activity and hardness of cookies decreased. Heat-moisture treatment had a significant effect ($p<0.05$) on the spreadability and color of the cookies. Increase in the intensity of the treatment led to higher spreadability and darker color with high redness value The Sensory evaluation also showed that texture scores were high for most cookies made from treated millet flour, but the cookie obtained from the 25% replacement level of millet flour under 90 °C and 10% moisture content had the lowest score in the texture.

Keywords: Heat-moisture treatment, Proso millet, Gluten-free cookie, Hardness

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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]