Food Research Journal

Online ISSN: 2676-5691 Print ISSN: 2008-515X
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

Effect of moist and dry heating in different particle sizes of wheat flour on the quality characteristics of bread

Mohammad Fazli Rad[1], Jafar Mohammadzadeh Milani [2]✉ and Sepideh Haghighat-Kharazi [3]

[1] M.Sc. of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[2] Professor, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
[3] Ph.D. of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
✉Corresponding author: jmilany@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article history:
Received: January 21, 2024
Accepted: November November 12, 2024
Published: January 04, 2025

Keywords:
Wheat flour, Particle size, Dry heat, Moist heat

ABSTRACT

Background: Heat treatments and wheat flour particle size can play a role in improving the quality and staleness characteristics of bread.
Aims: The aim of this study was to investigate the quality characteristics of bread made from wheat flour of different particle sizes and under the influence of dry and wet heat treatment.
Methods: For this purpose, wheat flour was prepared in different particle sizes (180, 150, and 125 microns) and subjected to dry heat treatment for 10 minutes at 100 °C and wet heat treatment (humidity, 16%) for 5 minutes at 96°C and compared with control samples.
Results: The results showed that the effect of heat treatments on the uniformity and symmetry index and weight loss was not significant, but the effect of particle size on the volume index was significant. Moist heat treatment and a particle size of 125 microns led to an increase in the specific volume, volume index, oven spring, and the ratio of the bread core to the crust. Differential scanning caloric analysis showed that the bread sample obtained from the moist heat treatment had the lowest retrogradation enthalpy during the storage period and led to improved bread quality and staleness. The highest amount of red color of the bread crust was obtained from the moist heat treatment. The samples from the moist heat treatment had the lowest firmness and chewiness in texture analysis.
Conclusion: In general, using flour with a particle size of 125 microns and wet heat treatment were the best examples for improving the quality characteristics of bread.

CC BY NC

OPEN ACCESS

Introduction: Wheat is a staple food for most people in the world but it cannot be used without processing. The nutritional importance of wheat flour is due to the presence of gluten proteins that create viscoelastic properties (Sudha et al., 2016). Gluten is the most important factor in volume and texture uniformity, efficiency and water absorption, aroma, and flavor in wheat flour products. One of the most useful components of flour is the collection of gliadin and glutenin proteins, which form gluten after mixing with water. The gluten network is the main determinant of the important characteristics of the dough, including extensibility and resistance to stretching, tolerance to mixing and the ability to hold gas, which encloses starch granules and fibrous parts (Payan, 1393). Weak wheats have less protein and the flour, dough and bread produced from them are not of good quality. To solve this deficiency, chemical modifiers or improvers and physical modification of flour are used (shanmugavel et al., 2019). Physical modification of flour is a safe method without using any kind of chemicals. physical modification of flour includes heat treatment and particle size classification (Rosa zavareze et al., 2011). Particle size distribution is the most widely used technique for classifying solid particles, which is effective in improving rheological properties by affecting the physicochemical properties of flour during hydration, such as water absorption, solvent retention, sedimentation, and adhesion properties (Pang et al., 2021). Heat treatments, depending on the intensity of temperature and process time, by modifying starch granules, denaturing proteins, deactivating enzymes, reducing microbial load, and even modifying flavor and aroma are suggested as a suitable way to improve the quality of bread, especially for weak flour (Chakraborty et al., 2022). Considering that the interaction of particle size with moist and dry heating of wheat flour on the qualitative characteristics of bread has not been studied so far, in this research, by dividing wheat flour with different particle sizes and using moist and dry heat treatment for modification the functional characteristics of wheat flour and the improvement of the qualitative characteristics of bread were investigated**.**

Material and methods: The content of moisture, pH, ash, protein, and zelny of wheat flour was measured using AACC standard method (2000), and wet and dry gluten with standard numbers (9639-1,3) was measured. To classify the size of the particles, wheat flour was divided by a shaker sieve with different sizes of 180, 150, and 125 microns, then under the influence of dry heat treatment for 10 minutes at 100 degrees Celsius and moist heat treatment with humidity, 16% for 5 minutes at a temperature of 96 degrees Celsius was placed. To produce gluten with bread, the formulation used by Farhen in 2012 was used with a slight change. materials for gluten with bread formulation for 100 grams of wheat flour included 58 ml of water, 2.5 grams of sugar, 1 gram of salt, 1 gram of vegetable oil, and 2 grams of yeast. Bread tests, which include weight loss, specific volume, oven spring, Crumb to crust ratio and shape indexes, were studied to evaluate the quality of bread. Shape indexes include volume index and uniformity index and symmetry index. To check the staleness of bread during the storage period test DSC was used. Finally, the factorial test was used to investigate the effects of particle size and heat treatment of wheat flour, and Duncan's multiple range test was used to compare the means at the 5% probability level.

Results and Discussion: The results showed that the effect of thermal treatments on uniformity and symmetry index and weight loss was not significant ($p>0.05$). The effect of particle size on the uniformity index was not significant ($p>0.05$). Moist heat treatment and particle size of 125 microns led to an increase in specific volume, volume index, oven spring, and ratio of crumb to bread crust ($p<0.05$). Thermal analysis of bread showed that the sample of bread obtained from moist heat treatment during the storage period had the lowest amount of retrogradation enthalpy and led to the improvement of bread quality and staleness ($p<0.05$).

Conclusion: The results of the research showed that the use of moist heat treatment and the particle size of 125 microns improved the quality of bread, so that the moist heat treatment causes the dough to expand by keeping gas and air in the dough and causes the starch gelatinization temperature to increase and the delayed gelatinization to prolong the expansion period and further development of the dough during baking, this caused an increase in the volume and specific volume of the spring bread. The lower retrogradation enthalpy of the moist heat treatment sample led to improved bread quality and staleness. In general, the use of flour with a particle size of 125 microns and moist heat treatment were the best examples for improving the quality of bread.

پژوهش‌های صنایع غذایی
شاپا الکترونیکی: ۵۶۹۱-۲۶۷۶ ، شاپا چاپی ۵۱۵X- ۲۰۰۸
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

تاثیر حرارت دهی مرطوب و خشک در اندازه ذرات مختلف آرد گندم بر ویژگی های کیفی نان حجیم

محمد فضلی راد[۱]، جعفر محمدزاده میلانی[۲]، سپیده حقیقت خرازی[۳]

[۱] دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۲] استاد، گروه علوم وصنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۳] دانش آموخته مقطع دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
مسئول مکاتبه: jmilany@yahoo.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت:
۱۴۰۲/۱۱/۱
پذیرش:
۱۴۰۳/۸/۲۲
انتشار:
۱۴۰۳/۱۰/۱۵

کلید واژگان:
آرد گندم ، اندازه ذرات، حرارت خشک،حرارت مرطوب

چکیده

زمینه مطالعاتی: تیمارهای حرارتی و اندازه ذرات آرد گندم می توانند در بهبود ویژگی های کیفی و بیاتی نان نقش داشته باشند.

هدف: هدف از این پژوهش بررسی ویژگی های کیفی نان حاصل از آرد گندم در اندازه ذرات مختلف و تحت تاثیر تیمار حرارتی خشک و مرطوب بود.

روش کار: برای این منظور آرد گندم در اندازه ذرات مختلف (۱۸۰، ۱۵۰و ۱۲۵ میکرون) تهیه و تحت تیمار حرارتی خشک به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد و تیمار حرارتی مرطوب (رطوبت، ۱۶ درصد) به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹۶ درجه سانتیگراد قرار گرفت و با نمونه های شاهد مقایسه شدند.

نتایج: نتایج نشان داد تاثیر تیمارهای حرارتی بر اندیس یکنواختی و تقارن و افت وزنی معنی دار نبود ولی تاثیر اندازه ذرات بر اندیس حجم معنی دار بود. تیمار حرارتی مرطوب و اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون منجر به افزایش حجم مخصوص، اندیس حجم، آون اسپرینگ و نسبت مغز به پوسته نان شد. آنالیز حرارتی روبشی تفاضلی نشان داد که نمونه نان حاصل از تیمار حرارتی مرطوب در طول مدت زمان نگه داری کمترین میزان آنتالپی رتروگراداسیون را به خود اختصاص داده و منجر به بهبود کیفیت و بیاتی نان شد. بیشترین میزان رنگ قرمزی پوسته نان را تیمار حرارتی مرطوب به خود اختصاص داد. نمونه های تیمار حرارتی مرطوب در آنالیز بافت کمترین سفتی و قابلیت جویدن را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: بطور کلی استفاده از آرد با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون و تیمار حرارتی مرطوب با بهبود ویژگی‌های کیفی نان بهترین نمونه بودند.

پژوهش‌های صنایع غذایی/ دوره ۳۴ شماره ۴، ۱۴۰۳، صفحات ۹۱ تا ۱۰۷
DOI: 10.22034/fr.2025.60186.1921

مقدمه

گندم یک ماده غذایی اصلی برای اکثر مردم جهان است. اما بدون فراوری قابل استفاده نیست. اهمیت غذایی آرد گندم به دلیل خاصیت ویسکوالاستیک (وجود پروتئین های گلوتن) منحصر به فرد آن است (سودها و همکاران ۲۰۱۶). یکی از اجزای بسیار کاربردی آرد، مجموعه پروتئین هایی است (گلیادین و گلوتنین) که پس از مخلوط شدن با آب، گلوتن را تشکیل می دهند. شبکه گلوتن تعیین کننده اصلی ویژگیهای مهم خمیر (گسترش پذیری و مقاومت به کشش و تحمل به اختلاط و قابلیت نگهداشت گاز) است که گرانول های نشاسته و قطعات فیبری را محصور می کند. گلوتن مهمترین عامل در یکنواختی حجم و بافت، بازدهی و جذب آب و طعم و مزه در فراورده های آرد گندم است (پایان ۱۳۹۳). گندم های ضعیف مقدار پروتئین کمتری دارند و دارای کیفیت پایین (ضعیف بودن گلوتن) می باشند و آرد و خمیر و نان حاصل از آنها کیفیت مناسبی ندارد. برای رفع این نقصان از مواد اصلاح کننده یا بهبود دهنده شیمیایی و اصلاح فیزیکی آرد استفاده می شود (شانموگاول و همکاران ۲۰۱۹).

مزیت اصلی اصلاح فیزیکی نسبت به سایر روش ها این می‌باشد که یک روش ایمن و بدون استفاده از هر گونه مواد شیمیایی و غیره است. اصلاح فیزیکی آرد شامل عملیات حرارتی و طبقه بندی اندازه ذرات می باشد. عملیات حرارتی به عنوان روشی مناسب برای بهبود ویژگی های کیفی نان به ویژه در آرد ضعیف و نامرغوب پیشنهاد شده است (روسا زوارز و دیاس۲۰۱۱). اندازه ذرات می تواند به طور قابل توجهی عملکرد و کیفیت فناوری نان را تغییر دهد و با تاثیر بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آرد در هیدراتاسیون مانند جذب آب، احتباس حلال، ته نشینی، و خواص چسبندگی در بهبود خواص رئولوژیکی موثر باشد
(پانگ و همکاران ۲۰۲۱). تیمارهای حرارتی، بسته به شدت دما و زمان فرایند با اصلاح گرانول های نشاسته، دناتوراسیون پروتئین ها، غیرفعال کردن آنزیم ها، کاهش بار میکروبی و حتی اصلاح طعم و عطر روشی مناسب برای تغییر عملکرد آرد ضعیف پیشنهاد شده است (چاکرابورتی و همکاران ۲۰۲۲).

ناکامورا و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی اثر تیمار حرارتی خشک آرد گندم نرم در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه در افزایش حجم کیک اسفنجی ژاپنی متوجه شدند حجم کیک با مدت زمان گرمایش خشک افزایش یافته است. گلیناس و همکاران (۲۰۰۱) حرارت دهی مرطوب آردهای گندم ضعیف را در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه انجام دادند و دریافتند که این تیمار تاثیر مثبت بر حجم نان دارد. همچنین حالت ارتجاعی و ریز بودن مغز نان بعد از حرارت دهی آرد بهبود یافت. این محققین اظهار داشتند که حرارت دهی می تواند کیفیت آردهای ضعیف را برای تهیه نان بالا ببرد. لین و همکاران (۲۰۲۰) اثر اندازه ذرات آرد گندم کامل را بر خواص خمیر و ویژگی های کیفی نان و قابلیت هضم نشاسته بررسی کردند. اندازه ذرات شامل ذرات درشت و متوسط و ریز بود. خمیر ساخته شده با اندازه ذرات درشت انعطاف پذیری و پایداری کمتری از خود نشان داد و نان حاصله ساختار فشرده تر و حجم ویژه کمتر و بافت سفت تری داشت که به عنوان ویژگی های با کیفیت پایین در نظر گرفته شد. مشخص شد اندازه ذرات نقش مهمی در تعیین کیفیت و قابلیت هضم نان دارد.

با توجه به اینکه تاکنون تاثیر اندازه ذرات با حرارت دهی مرطوب و خشک آرد گندم بر ویژگی های کیفی نان مورد مطالعه قرار نگرفته است در این پژوهش با تقسیم بندی آرد گندم با اندازه ذرات مختلف (۱۸۰، ۱۵۰، ۱۲۵ میکرون) و استفاده از تیمار حرارتی (مرطوب و خشک) جهت اصلاح ویژگی های عملکردی آرد گندم و بهبود ویژگی‌های کیفی نان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

مواد مورد استفاده جهت تهیه نان شامل آرد ستاره گندم (کارخانه خانی در شهرستان ساری)، روغن مایع گیاهی آفتابگردان (از شرکت لادن، ایران)، مخمر نانوایی فوری (از شرکت رضوی، ایران) شکر، و نمک (از شرکت گلها، ایران) بود.

روش جدا سازی اندازه ذرات

جهت تعیین اندازه ذرات مقدار ۱۰۰ گرم آرد گندم برروی الک هایی با مش ۸۰، ۱۰۰و۱۲۰ که به ترتیب از بزرگ به کوچک روی شیکر الک قرار گرفته بود ریخته شد، بعد از ۱۰ دقیقه لرزش آرد حاصل به ۳ قسمت به ترتیب با اندازه ذرات ۱۸۰، ۱۵۰، ۱۲۵ میکرون تقسیم شد.

تعیین ترکیبات شیمیایی آرد گندم

آنالیز تقریبی آرد شامل رطوبت، pH، خاکستر، عددزلنی، پروتئین آرد گندم با استفاده از روش استاندارد (۲۰۰۰) AACC و گلوتن مرطوب و خشک (به شماره استاندارد ملی ۹۶۳۹-۱،۳) تعیین شد. میزان پروتئین ۱۱/٤٪، خاکستر ۰/۵۲ .٪، رطوبت ۱۱/٤٪، pH ٦/۲ ، گلوتن مرطوب ۲۸/۷٪ عدد زلنی ۲۳ cc بر مبنای وزن مرطوب و گلوتن خشگ ۹/٤ ٪ بر مبنای وزن خشک تعیین گردید.

عملیات حرارتی خشک و مرطوب آرد گندم

در این روش مقدار ۱۰۰ گرم آرد گندم الک شده در فلاسک حجمی شیشه ای (۵۰۰ میلی لیتر) ریخته شد و حرارت خشک به روش بوکسلا و همکاران (۲۰۱٦) به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد در آون (Memmert، مدل UFLLO، آلمان) گرم شدند. حرارت مرطوب نیز به روش بوکسلا و همکاران (۲۰۱٦) با رطوبت ۱٦ درصد که مقدار آب مورد نیاز برای تنظیم میزان رطوبت نمونه ها از اختلاف بین رطوبت نمونه و محتوای رطوبت مورد نظر محاسبه و اضافه شد، بعد عمل مخلوط شدن صورت گرفت و نمونه ها به مدت ۲٤ ساعت دردمای اتاق نگهداری شدند و سپس نمونه ها به مدت ۵ دقیقه در دمای ۹٦ درجه سانتیگراد در آون (Memmert، مدل UFLLO، آلمان) با رطوبت حاصل از بخار آب جوش گرم شدند.

فرمولا سیون نان حجیم

نان های حجیم پخته شده در این پژوهش با استفاده از روش فارهن و همکاران (۲۰۱۲) با کمی تغییر تهیه شدند. مواد لازم جهت خمیر نان شامل ۱۰۰ گرم آرد گندم، ۱ گرم نمک، ۲ گرم مخمر، ۲/۵ گرم شکر، ۱ گرم روغن گیاهی و ۵۸ میلی لیتر آب بود. خمیر حاصل جهت عمل تخمیر به مدت ٦۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد. عمل پخت در فر (مدل deo-il، صنایع پخت مشهد،ایران) در دمای ۱٦۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. نمونه ها پس از پخت، تا دمای محیط خنک و در کیسه های پلی اتیلن جهت انجام آزمایشات نگهداری شدند. در نامگذاری تیمارها، C= نان شاهد، DHT= نان نمونه تیمار حرارتی خشک، MHT= نان نمونه تیمار حرارتی مرطوب و اعداد نشان دهنده اندازه ذرات هستند.

شاخص های شکل نان

جهت محاسبه سه شاخص حجم، تقارن، یکنواختی از روش استاندارد AACC 010-90 استفاده می شود (AACC 2000). در این روش، نمونه به صورت عمودی از مرکز برش داده می شود و ارتفاع نمونه در سه نقطه مختلف (B,C,D) در ناحیه ای که برش داده شد اندازه گیری می شود. شاخص های حجم، تقارن و یکنواختی از روابط زیر محاسبه می گردند.

B+C+D =شاخص حجم

B-D =شاخص یکنواختی

2C-B-D =شاخص تقارن

C= ارتفاع نمونه در نقطه مرکزی

B وD= نقاطی به فاصله ۲/۵ سانتی متر دور از نقطه مرکز در دو سمت چپ و راست

نسبت مغز به پوسته نان

این نسبت بصورت نسبت وزنی، درصد وزنی بیان می‌شود. برای تعیین این نسبت نان کامل در نظر گرفته شد. پوسته براساس رنگ و با بکار بردن یک چاقو از نان جدا شد. قسمت های مغز و پوسته وزن می شود تا نسبت مغز به پوسته بدست آید. نسبت مغز به پوسته بر مبنای وزن خشک بیان می گردد (باقرزاده و همکاران ۱۳۹۷).

افت وزنی نان

با وزن کردن نان پس از ۲٤ ساعت پخت و با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود (شیتو و همکاران ۲۰۰۸).

$$\text{درصد افت وزنی} = \frac{\text{وزن نان} - \text{وزن خمیر}}{\text{وزن خمیر}} \times 100$$

حجم مخصوص نان

حجم مخصوص نان (cm^3/g) با تقسیم کردن حجم نمونه به وزن آن تعیین شد. حجم نمونه با روش جابجایی دانه کلزا و وزن نمونه با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم دیجیتال اندازه گیری شد (AACC 2000).

آون اسپرینگ

آون اسپرینگ از اختلاف ارتفاع خمیرتخمیر شده و نان بلافاصله پس‌از پخت محاسبه شد (شیتو و همکاران ۲۰۰۸).

آنالیز حرارتی نان

آنالیز حرارتی نان ها (DSC) توسط دستگاه مدل SANAF-S500 ساخت ایران در فاصل زمانی روز اول، سوم و پنجم پس از پخت انجام گرفت. طبق این آزمون نمونه ۱۵ میلی گرم از مغز نان جدا در پن دستگاه قرار

گرفت. اسکن گرمایی با سرعت حرارت دهی ۱۰ درجه سانتیگراد بر دقیقه و با برنامه دمایی ۲۵-۱۵۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت (جی و همکاران ۲۰۰۷).

آزمون رنگ سنجی نان

جهت ارزیابی رنگ پوسته نان، یک ساعت پس از پخت با دوربین (مدل A510، ساخت مالزی) دیجیتال ۱۶ مگاپیکسل عکسبرداری انجام شد. تصاویر اسکن شده توسط نرم افزار Image J مورد پردازش قرار گرفت. اندیس L که نمایانگر میزان روشنایی نمونه می‌باشد. اندیس a که میزان قرمزی و سبزی رنگ نمونه می باشد. اندیس b که نشان دهنده میزان زردی و آبی بودن رنگ نمونه می‌باشد بررسی شد (سون، ۲۰۰۸).

ارزیابی بافت نان

ارزیابی بافت نان ها به روش TPA در روز اول و سوم پخت بوسیله دستگاه بافت سنج (Brookfield, USA) انجام شد. جهت انجام این آزمون نمونه با ابعاد 25×25×25 میلی متری از قسمت مرکزی نان برش داده شد، سپس پروب ۳۸/۱ میلی متری با سرعت ۱ میلیمتر بر ثانیه تا ۴۰ درصد ارتفاع اولیه نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. فاکتور های مورد ارزیابی شامل سفتی، ارتجاعیت، بهم پیوستگی، فنریت و قابلیت جویدن توسط نرم افزار Texture Pro CTV 1.6 Build 26 محاسبه شد (لازاریدو و همکاران، ۲۰۰۷).

تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی اثرات اندازه ذرات و تیمار حرارتی آرد گندم نتایج کلیه آزمایشات با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار آنالیز شد. مقایسه میانگین ها باآزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۶ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

حجم مخصوص نان

نتایج مربوط به حجم مخصوص نان ها در جدول ۱ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده میزان حجم مخصوص نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک و شاهد بیشتر بوده است. در بین تیمارها نمونه های شاهد نسبت به نمونه های تیمار حرارتی مرطوب اختلاف معنی دار آماری داشتند ($p<۰/۰۵$). نمونه های شاهد نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک اختلاف معنی دار آماری نداشت ($p>۰/۰۵$). نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک به جزء در اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون اختلاف معنی دار آماری داشتند. تاثیر اندازه ذرات در شاهد نسبت به تیمار حرارتی خشک و مرطوب بر حجم مخصوص اختلاف معنی دار آماری را نشان داد ($p<۰/۰۵$)، به طوری که کمترین میزان حجم مخصوص مربوط به نمونه شاهد با اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون می باشد، که علت آن به این دلیل است که ذرات درشت پروتئین کمتری دارند و آب کمتری را جذب می کنند و پایداری کمتری دارند در نتیجه حجم مخصوص محصول کاهش می یابد. لین و همکاران (۲۰۲۰) اثر اندازه ذرات آرد گندم کامل را بر خواص خمیر و کیفیت نان و قابلیت هضم نشاسته بررسی کردند. اندازه ذرات شامل ذرات درشت و متوسط و ریز بود. خمیر ساخته شده با اندازه ذرات درشت

انعطاف پذیری و پایداری کمتری از خود نشان داد و نان حاصله ساختار فشرده تر و حجم مخصوص کمتری داشت. بیشترین میزان حجم مخصوص مربوط به نمونه تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون می باشد. هاشمی و همکاران (۲۰۲۳) اثر فرایند حرارت خشک و مرطوب را در اندازه ذرات مختلف آرد برنج بر ویژگی کیفی نان بررسی کردند. آنها گزارش کردند حجم مخصوص نان های نمونه تیمار حرارتی مرطوب تفاوت معنی داری نسبت به نمونه های تیمار حرارت خشک و نمونه شاهد داشتند. فتحی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که آرد های ارزن تیمار شده حرارتی رطوبتی با رطوبت ۲۰ درصد در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد و با رطوبت ۳۰ درصد در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در تهیه کیک استفاده شد و حجم مخصوص کیک افزایش یافت. این افزایش حجم مخصوص می تواند به دلیل افزایش ویسکوزیته و ورود و نگه داشت هوا در خمیر و انبساط خمیر باشد. مارستون و همکاران (۲۰۱۶) تاثیر تیمار حرارتی مرطوب بر پتانسیل پخت آرد سورگوم را برای نان و کیک بررسی کردند. گزارش کردند که حجم مخصوص با افزایش دما و زمان فرایند تیمار حرارتی مرطوب افزایش پیدا کرد.

Table 1- Specific volume of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	**0**.01^{Bb}±3/26	0.1^{Bb}±3/45	**0**.05^{Ab}± 3/71
DHT	0.21^{Aab}± 3/65	0.04^{Ab}± 3/49	0.05^{Ab}± 3/62
HMT	0.08^{Aa}±3/83	0.01^{Aa}± 3/86	0.1^{Aa}±3/95

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

نسبت مغز به پوسته نان

نتایج مربوط به اندازه گیری نسبت مغز به پوسته نان ها در جدول ۲ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های شاهد بر نسبت مغز به پوسته اختلاف معنی دار آماری نداشتند (p>۰/۰۵)، نمونه های تیمار حرارتی خشک نسبت به نمونه های تیمار حرارتی مرطوب و شاهد به جزء در اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون اختلاف معنی دار آماری نداشتند. تاثیر اندازه ذرات در تیمار حرارتی خشک نسبت به تیمار حرارتی مرطوب و شاهد اختلاف معنی دار آماری را نشان داد (p<۰/۰۵)، به طوری که بیشترین میزان نسبت مغز به پوسته مربوط به نمونه تیمار حرارتی خشک با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون بود. تشکیل پوسته و نسبت پوسته به مغز نان تحت تاثیر شرایط و زمان پخت قرار دارد و یک عامل مهم در کیفیت پخت نان محسوب می‌شود. نسبت پوسته به مغز نان معیاری از مقدار قندهای احیا کننده در آرد می‌باشد به طوری که هر چه مقدار قند های احیا کننده آرد بیشتر باشد سبب افزایش واکنش قهوه ای شدن غیر آنزیمی (میلارد) در پخت می‌شود و در نتیجه نسبت پوسته به مغز افزایش می‌یابد (باقرزاده و همکاران۱۳۹۷). احتمالا تیمار حرارتی خشک سبب کاهش رطوبت و مقدار رطوبت کمتر منجر به ایجاد پوسته با ضخامت کمتر می‌شود و سبب افزایش نسبت مغز به پوسته می‌گردد.

Table 2- Crumb to crust ratio of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.12^{Aa}± 1/02	0.05^{Aa}± 1/02	0.03^{Ab}±0/9
DHT	0.01^{Ba}±0/86	0.06^{Ba}±0/92	0.03^{Aa}±1/07
HMT	0.04^{Aa}±0/92	0.09^{Aa}±0/97	0.07^{Ab}±0/9

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

افت وزنی نان

نتایج درصد افت وزنی نان ها در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده تیمارهای حرارتی خشک و مرطوب و شاهد بر افت وزنی نان ها اختلاف معنی دار آماری نداشتند (p>۰/۰۵). تاثیر اندازه ذرات در شاهد نسبت به تیمار حرارتی خشک و مرطوب بر افت وزنی اختلاف معنی دار آماری را نشان داد (p<۰/۰۵)، به طوری که کمترین میزان افت وزنی در بین نمونه های شاهد مربوط به نمونه شاهد با اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون می باشد. که علت آن می تواند احتمالا به دلیل بالا بودن رطوبت اولیه آن و حفظ رطوبت پس از فرایند پخت باشد. گسوامی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که ظرفیت اتصال آب بالاتر آرد گندم موجب می شود که رطوبت کمی در طول پخت تبخیر شود و بنابراین افت وزنی کمتری وجود داشته باشد. خمیر نان جهت رسیدن به قوام مناسب نیاز به هیدراتاسیون دارد و حفظ رطوبت بیشتر در نان ها پس از فرایند پخت با کاهش سفتی منجر به کاهش کمتر افت وزنی و بهبود کیفی نان می گردد.

Table 3- Weight loss of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.14^{Ba}±21/10	0.57^{Aa}±23/60	0.52^{Aa}±22/92
DHT	1.56^{Aa}±21/45	0.04^{Aa}±22/97	1.62^{Aa}±21/08
HMT	3.23^{Aa}±23/51	1.48^{Aa}±22/25	1.00^{Aa}±23/37

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف و حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری (**p<0.05**) می باشد.

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences (p<0.05).

آون اسپرینگ

آون اسپرینگ به افزایش حجم نان طی پخت می گویند. نتایج آون اسپرینگ نان ها در جدول ٤ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده تیمارها و اندازه ذرات مختلف بر آون اسپرینگ اختلاف معنی دار آماری داشتند (p<۰/۰۵). نمونه های شاهد آون اسپرینگ بالاتری را نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک نشان دادند و اختلاف معنی دار آماری داشتند. تیمار حرارتی مرطوب نسبت به تیمار حرارتی خشک اختلاف معنی دار آماری دارد (p<۰/۰۵). تیمار حرارتی مرطوب نسبت به تیمار حرارتی خشک و شاهد از آون اسپرینگ بیشتری برخوردار بود، به طوری که بیشترین میزان آون اسپرینگ مربوط به نمونه تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون بود. ساغر و همکاران (۲۰۱۳) تاثیر اندازه ذرات آرد بر ویژگی های حسی، ریز ساختاری و رئولوژیکی و فیزیکی نان و نان پاروتای جنوب هند را بررسی کردند. آرد گندم با اندازه ذرات ریز (۱۱۸–۷۵ میکرومتر) و درشت (۱۸۰–۱۵۰ میکرومتر) برای مشخصات شیمیایی و رئولوژیکی و ساختار نان پاروتا تجزیه و تحلیل شد. از نظر کیفیت پخت نان، آرد ذرات ریز نسبت به آرد ذرات درشت جذب آب بالاتری داشت و خمیرشان دارای قوام زیادی بود که در نتیجه موجب نگه داری گاز در خمیر شد و باعث افزایش آون اسپرینگ نان طی پخت شد. گومز و مارتینز (۲۰۱٦) گزارش کردند که فرآیند حرارتی مرطوب بر آرد غلات و نشاسته، سبب افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته، ظرفیت اتصال آب و حساسیت گرانول نشاسته به هیدرولیز آنزیمی می‌شود که ژلاتینه شدن تأخیری ممکن است سبب افزایش آون اسپرینگ نان ها طی پخت و بهبود ویژگی بافتی و کیفی آنها شود.

Table 4- Oven spring of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.01^{Cb}±0/21	0.01^{Bab}± 0/31	0.02^{Aa}± 0/42
DHT	0^{Bc}±0/10	0.04^{ABb}±0/18	0.07^{Ab}± 0/25
HMT	0^{Ba}±0/30	0.07^{ABa}±0/35	0.01^{Aa}±0/46

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف و حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری ($p<0.05$) می باشد.

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

اندیس های شکل نان

نتایج اندازه گیری اندیس های حجم و یکنواختی و تقارن نان ها به ترتیب در جدول ۵ و ٦ و ۷ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده تیمارها بر اندیس حجم اختلاف معنی دار آماری داشتند ($p<۰/۰۵$). تیمار حرارتی خشک نسبت به شاهد اختلاف معنی دار آماری ندارد ولی نسبت به تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون اختلاف معنی دار آماری دارد. تاثیر اندازه ذرات در تیمار حرارتی مرطوب و شاهد نسبت به تیمار حرارتی خشک اختلاف معنی دار آماری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). تیمار حرارتی مرطوب نسبت به شاهد بر اندیس حجم اختلاف معنی دار آماری دارد. میزان اندیس حجم نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک و شاهد بیشتر بوده است، و بیشترین میزان اندیس حجم مربوط به نمونه تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون بوده است، که علت بیشترین میزان حجم این است که هر قدر آرد دارای ذرات ریزتری باشد جذب آب بالاتری خواهد داشت و خمیرشان دارای قوام زیادی است که در نتیجه موجب نگه داری گاز در خمیر می شود که این عامل خود باعث افزایش حجم نان می شود. گلیناس و همکاران (۲۰۰۱) حرارت دهی مرطوب آردهای گندم ضعیف را در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه انجام دادند و دریافتند که این تیمار تاثیر مثبت بر حجم نان دارد. همچنین این محققین اظهار داشتند که حرارت دهی مرطوب می تواند کیفیت آردهای ضعیف را برای تهیه نان بالا ببرد. ناکاگاوا و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند تاثیر تیمار

حرارتی مرطوب بر آرد برنج احتمالا باعث ژلاتینه شدن جزئی مولکول نشاسته و ایجاد قوام مناسب می شود که موجب حفظ گاز تولید شده در طول تخمیر شده و از ادغام و از بین رفتن آن در حین تخمیر و پخت جلوگیری می کند و منجر به افزایش حجم نان می شود. اندیس یکنواختی شاخصی جهت اندازه گیری تقارن نان می‌باشد. گزارش شده که کمتر بودن شاخص یکنواختی به معنای اختلاف کمتر میان دو سمت نمونه نان و بهتر بودن کیفیت نان می باشد (باقرزاده و همکاران۱۳۹۷). طبق نتایج به دست آمده اندازه ذرات مختلف بر اندیس یکنواختی نمونه ها اختلاف معنی دار آماری نداشتند. همچنین تیمار حرارتی خشک و تیمار حرارتی مرطوب و شاهد بر اندیس یکنواختی نمونه ها اختلاف معنی دار آماری نداشتند ($p>۰/۰۵$). طبق نتایج به دست آمده تیمار حرارت خشک و مرطوب و شاهد بر اندیس تقارن اختلاف معنی دار آماری نداشتند ($p>۰/۰۵$). تاثیر اندازه ذرات در تیمار حرارت خشک نسبت به تیمار حرارت مرطوب و شاهد اختلاف معنی دار آماری را بر اندیس تقارن نشان داد ($p<۰/۰۵$). تیمار حرارتی مرطوب نسبت به تیمار حرارتی خشک و شاهد کمترین میزان تقارن را به خود اختصاص داد. بیشترین میزان تقارن مربوط به نمونه تیمار حرارتی خشک با اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون می باشد. تقارن بیشتر به دلیل افزایش پایداری خمیر که بهتر می تواند حباب هوا را در خود نگه داشته، و توزیع یکنواخت و منظم حباب های هوا که به عنوان هسته های اولیه جهت توزیع گاز می باشند باعث‌تقارن‌بیشتری می‌شوند(پیغمبردوست‌و- همکاران ۱۳۹٤).

Table 5- Volume index of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.10^{Bb}±14/50	0.14^{ABb}±14/80	0.07^{Aa}±14/95
DHT	0.14^{Aab}±14/60	0.21^{Aab}±14/65	0.07^{Ab}±14/75
HMT	0.10^{Ba}±15/00	0^{Aa}±15/30	0.28^{Aa}±15/60

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate tatistically significant differences ($p<0.05$).

Table 6- Uniformity index of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.07^{Aa}±0/15	0.21^{Aa}±0/25	0.14^{Aa}±0/20
DHT	0.14^{Aa}±0/20	0^{Aa}±0/10	0.07^{Aa}±0/15
HMT	0^{Aa}±0/10	0^{Aa}±0/10	0^{Aa}±0/10

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

Table 7- Symmetry index of bread samples in different treatments

Treatment / Particle size	80	100	120
C	0.21^{Aa}±0/45	0.21^{Aa}±0/45	0.28^{Aa}±0/50
DHT	0^{Aa}±0/70	0^{Ba}±0/30	0.21^{ABa}±0/45
HMT	**0**.14^{Aa}±0/40	0^{Aa}±0/30	0.14^{Aa}±0/40

Different uppercase letters in each row and different lowercase letters in each column indicate statistically significant differences ($p<0.05$).

آنالیز حرارتی روبشی تفاضلی

نتایج حاصل ازآزمون کالریمتری روبشی تفاضلی برای تیمارهای مختلف طی روزهای اول، سوم و پنجم نگهداری در جدول ۸ آورده شده است. آنتالپی رتروگراداسیون همه نمونه های نان در طی روزهای مختلف نگهداری روندی افزایشی داشت. بطورکلی در طول مدت زمان نگهداری همه نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک و نمونه های شاهد از آنتالپی کمتری برخوردار بودند. تمام نمونه های حاصل از تیمار حرارتی خشک در روز اول و سوم و پنجم نگهداری میزان آنتالپی بیشتری را نسبت به نمونه های شاهد نشان دادند. تغییر در اندازه ذرات منجر به تغییر در میزان آنتالپی نمونه ها شد، بطوریکه نمونه با اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون کمترین مقدار آنتالپی را در تمام روزهای نگهداری به خود اختصاص داد. نمونه تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون کمترین میزان آنتالپی را در بین نمونه ها در روز اول پخت و در طول مدت زمان نگهداری به خود اختصاص داد که در بهبود روند بیاتی نان موثرتر بود و علت آن ممکن است به دلیل ژلاتینه شدن جزئی مولکول های آمیلوپکتین باشد که در طول حرارت دادن پایداری کمتر دارند. هورمدوگ و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند کمتر بودن میزان آنتالپی نمونه های تیمار حرارتی مرطوب به دلیل تخریب و اختلال در زنجیره های نشاسته و تشکیل سایر مولکول های کوچک ممکن است ارتباط زنجیره نشاسته را مهار کرده و مانع رتروگراداسیون و در نتیجه کاهش آنتالپی و بیاتی نان شود.

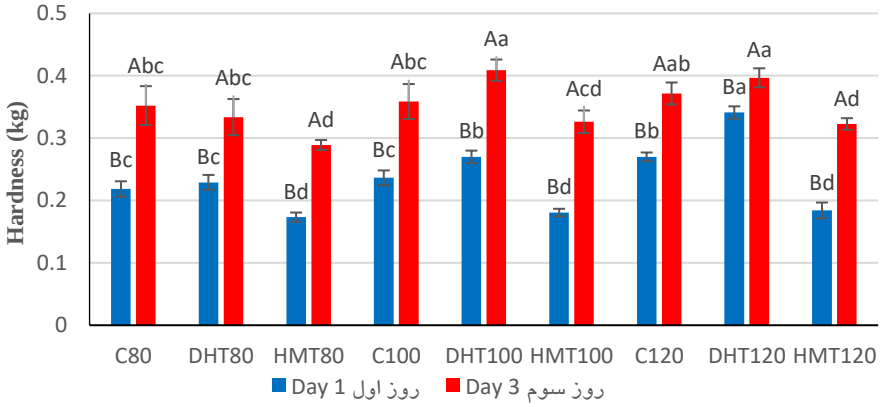
Table 8- Endotherm parameters of retrogradation of breads on the first, third and fifth days of storage

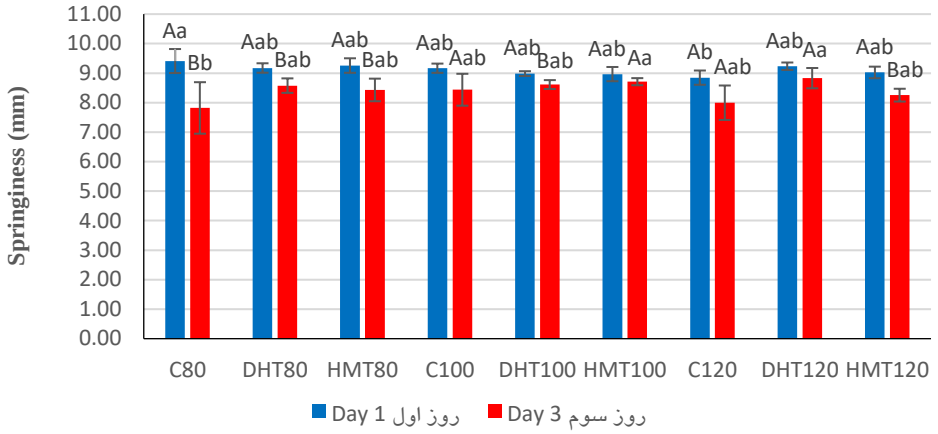
Breads	Storage time (days)	starting temperature	peak temperature	Final temperature	Enthalpy ΔH
C 80	1	20.1	78.3	111.2	212.82
	3	21	85.5	125.8	271.38
	5	21.4	77.3	126.9	311.64
DHT 80	1	23.3	81.5	119.5	236.52
	3	21.3	83.1	126.6	279
	5	22	77.2	125.9	341.1
HMT 80	1	22	81.9	120.1	198.66
	3	22.4	88	129.8	252.12
	5	21.6	80.9	125.1	304.5
C 100	1	20	82	117.9	216.18
	3	20.2	82.3	127.3	278.04
	5	22.8	78.9	125.2	322.86
DHT 100	1	22.1	82.3	122.8	252.06
	3	20.9	74.4	117.4	288
	5	21.7	76.3	123.7	343.2
HMT 100	1	23.3	84.9	121.8	200.7
	3	21.3	75.1	123.9	258.24
	5	21.2	74.3	128.1	307.26
C 120	1	25.4	82.8	123.1	222.72
	3	20.4	82.6	129.3	278.16
	5	21.2	70.7	125.7	326.4
DHT 120	1	25	82.7	120.5	252.18
	3	23.5	82.5	128.8	295.38
	5	20.7	73.4	124.5	395.52
HMT 120	1	23.5	79.3	118.7	202.2
	3	22.7	72.8	124.2	262.92
	5	21	71	136.7	309.24

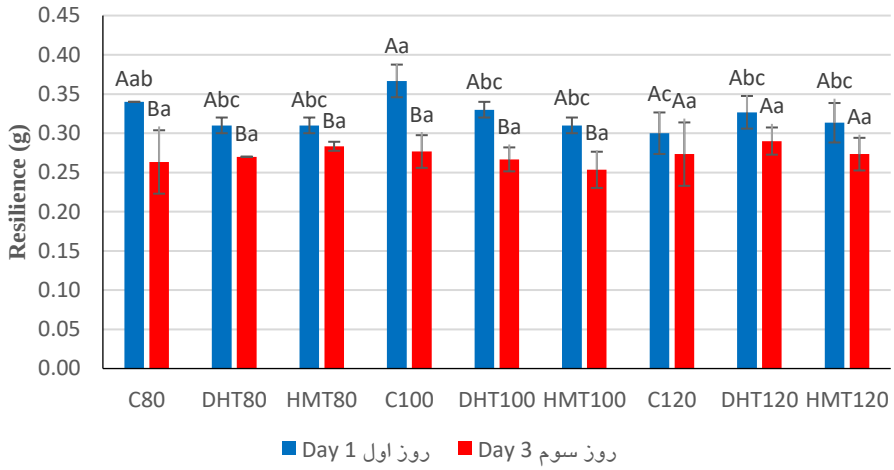
آنالیز پروفایل بافت

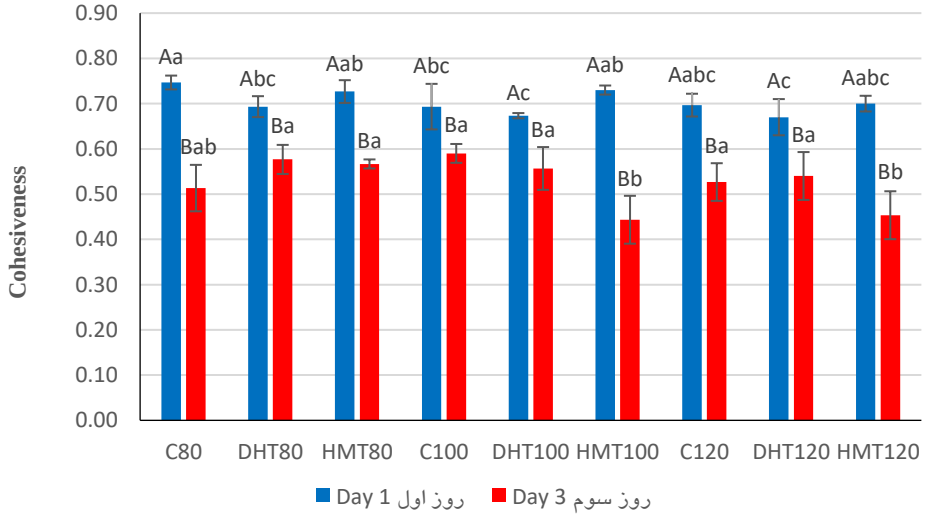
در شکل ۱ نتایج حاصل از آنالیز پروفایل بافت نمونه های مختلف در روز اول و سوم پس از پخت که شامل پارامترهای سفتی، فنریت، ارتجاعیت، بهم پیوستگی و قابلیت جویدن است آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد در روز اول تاثیر تیمارها بر فنریت معنی دار نبود و تاثیر اندازه ذرات معنی دار بود، به طوری که نمونه های تیمار حرارتی خشک و مرطوب نسبت به شاهد در اندازه ذرات ۱۸۰ میکرون روند کاهشی داشتند و در اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون روند افزایشی داشتند. در روز سوم تاثیر تیمارهای حرارتی (خشک و مرطوب) و اندازه ذرات بر فنریت معنی دار نبود. در روز اول تاثیر تیمارها و اندازه ذرات بر ارتجاعیت معنی دار بود، به طوری که نمونه های تیمار حرارتی خشک و مرطوب نسبت به شاهد در اندازه ذرات ۱۸۰ و ۱۲۵ میکرون روند کاهشی داشتند و در اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون روند افزایشی داشتند. در روز سوم تاثیر تیمارها و اندازه ذرات بر ارتجاعیت معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$)، چون در روز سوم با گذشت زمان و ماندگاری نان ها رطوبت نان ها کمتر و کاهش یافت و در نتیجه ارتجاعیت کمتر و معنی دار نبود. در روز اول و سوم تاثیر تیمارها و اندازه ذرات بر بهم پیوستگی و سفتی و قابلیت جویدن معنی دار بود

و تیمار حرارتی مرطوب نسبت به تیمار حرارتی خشک و شاهد اختلاف معنی دار آماری داشت($p<۰/۰۵$)،بطوریکه نمونه های تیمارحرارتی مرطوب نسبت به نمونه شاهد و تیمار حرارتی خشک کمترین پیوستگی،سفتی و قابلیت جویدن را داشت. تاثیر زمان نگهداری بر پیوستگی،سفتی و قابلیت جویدن نان برای تمام نمونه ها معنی دار بود و با افزایش زمان نگهداری، پیوستگی نمونه ها کاهش و سفتی و قابلیت جویدن نمونه ها بطور معنی داری افزایش یافت ($p<۰/۰۵$). بیلیادریس و همکاران (۱۹۹۵)گزارش کردند سفت شدن مغز نان یکی از پارامترهای مهمی است که به طور کلی برای ارزیابی نرخ بیاتی استفاده می‌شود. به طوری که سفت شدن مغز نان در طی دوره نگهداری می تواند در نتیجه پدیده واپسگرایی و کاهش رطوبت باشد. در این پژوهش کمترین میزان سفتی و قابلیت جویدن در تیمار حرارتی مرطوب مشاهده شد، که این نتایج با پژوهش هاشمی و همکاران (۲۰۲۳) مشابهت داشت که اثر فرایند حرارت خشک و مرطوب را در اندازه ذرات مختلف آرد برنج بر کیفیت نان بررسی کردند. آنها گزارش کردند نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه شاهد وتیمار حرارت-خشک بطور معنی داری کمترین سفتی و قابلیت جویدن را دارا بودند، و احتمالا ویسکوزیته مناسب خمیر نمونه های تیمار حرارتی مرطوب با قابلیت بالا آمدن بهتر و نگهداری گاز حاصل از تخمیر ضمن افزایش حجم موجب نرم تر شدن نان حاصل شد. کاهش قابلیت‌جویدن نمونه تیمار حرارتی مرطوب (HMT 80) احتمالا می تواند به دلیل تاثیر این تیمار بر کاهش سفتی ورطوبت بیشتر نان های حاصل باشد. کیم و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند کیک حاصل از آرد برنج تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه شاهدبهم پیوستگی، قابلیت جویدن و سفتی کمتری را نشان داد. مقادیر سفتی کمتر برای نمونه های تیمار حرارتی مرطوب می تواند به بازآرایی ساختاری نشاسته آرد در طول تیمار حرارتی مرطوب همراه باشد.زنجیره های نشاسته تخریب شده و سایر مولکولهای کوچک ایجاد شده در طول فرآیند حرارتی مرطوب ممکن است ارتباط زنجیره نشاسته را مهار کرده و مانع رترو گراد اسیون شود در نتیجه سفتی را کاهش دهند. بورکواو همکاران (۲۰۱۶) در بررسی که بر تاثیر تیمار هیدروترمال ذرت و برنج در کیفیت نان انجام دادند گزارش کردند تیمار هیدروترمال منجر به بهبود کیفیت نان شد.خصوصیات بافتی نان حاصل از نمونه تیمار شده ذرت و برنج قابلیت جویدن و سفتی کمتری را نسبت به نمونه های شاهد نشان داد.




Springiness (mm)
11.00
10.00
9.00
8.00
7.00
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
Aa Bb
Aab Bab
Aab Bab
Aab Aab
Aab Bab
Aab Aa
Ab Aab
Aab Aa
Aab Bab
C80 DHT80 HMT80 C100 DHT100 HMT100 C120 DHT120 HMT120
Day 1 روز اول
Day 3 روز سوم


Resilience (g)
0.45
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Aab Ba
Abc Ba
Abc Ba
Aa Ba
Abc Ba
Abc Ba
Ac Aa
Abc Aa
Abc Aa
C80 DHT80 HMT80 C100 DHT100 HMT100 C120 DHT120 HMT120
Day 1 روز اول
Day 3 روز سوم


Cohesiveness
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Aa Bab
Abc Ba
Aab Ba
Abc Ba
Ac Ba
Aab Bb
Aabc Ba
Ac Ba
Aabc Bb
C80 DHT80 HMT80 C100 DHT100 HMT100 C120 DHT120 HMT120
Day 1 روز اول
Day 3 روز سوم

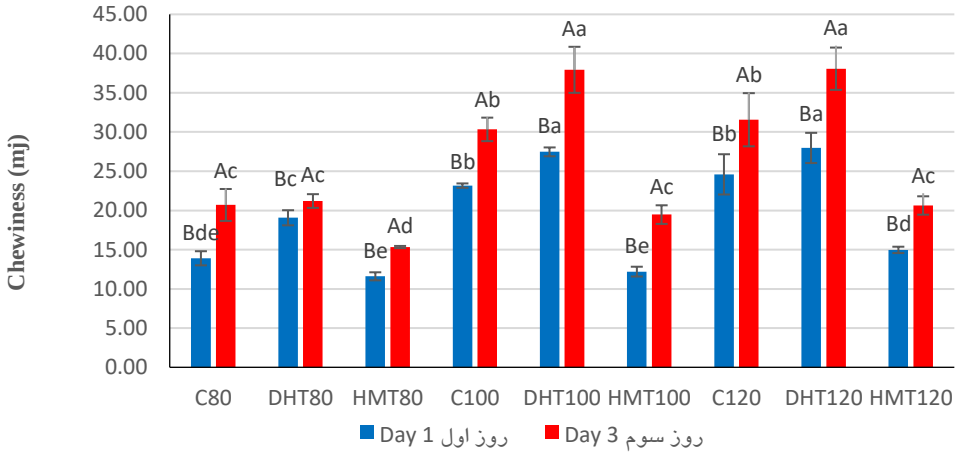


Figure 1- Results of texture profile analysis of bread samples

Different lowercase letters correspond to the comparison of samples on a specific day and different uppercase letters correspond to the comparison of samples over 3 days at the 5% probability level.

رنگ پوسته نان

نتایج پارامترهای رنگ (L، a و b) برای پوسته نان ها در جدول ۹ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده، در مورد پارامتر L پوسته، تیمارها و اندازه ذرات مختلف بر میزان رنگ روشنی پوسته اختلاف معنی دار آماری نداشتند (p>۰/۰۵). در مورد پارامتر a پوسته، نمونه های تیمار حرارتی خشک نسبت به نمونه های شاهد بر میزان رنگ قرمزی اختلاف معنی دار آماری نداشتند. نمونه های تیمار حرارتی مرطوب نسبت به نمونه های تیمار حرارتی خشک و شاهد به جزء در اندازه ذرات ۱۵۰ میکرون بر میزان رنگ قرمزی اختلاف معنی دار آماری نداشتند. تاثیر اندازه ذرات در تیمار حرارتی مرطوب نسبت به تیمار حرارتی خشک و شاهد بر میزان رنگ قرمزی اختلاف معنی دار آماری را نشان داد (p<۰/۰۵).

Table 9- crust color parameters of breads

Breads	L	a	b
C 80	6.15^{a}±40.00	1.12^{b}±14.81	1.92^{ab}± 28.95
DHT 80	3.18^{a}± 37.09	0.40^{bc}± 14.53	0.25^{b}± 28.37
HMT 80	2.25^{a}± 36.53	0.74^{bc}± 14.26	0.22^{b}± 28.34
C 100	4.68^{a}± 39.57	0.56^{b}± 14.78	0.06^{ab}± 28.96
DHT 100	3.26^{a}± 39.76	0.09^{bc}± 13.55	0.45^{ab}± 28.99
HMT 100	1.05^{a}± 36.87	0.27^{a}± 16.55	0.24^{ab}± 29.04
C 120	3.26^{a}± 41.54	0.46^{bc}± 14.03	0.37^{a}± 29.73
DHT 120	1.99^{a}± 39.44	0.38^{bc}± 13.97	0.15^{ab}± 28.45
HMT 120	4.20^{a}± 36.60	0.90^{bc}± 14.36	0.21^{ab}± 28.65

Different letters in each column indicate significant differences between samples (p<0.05).

بیشترین میزان رنگ قرمزی مربوط به نمونه تیمار حرارتی مرطوب با اندازه ذرات ۱۵۰ میکرون می باشد. پیغمبردوست و همکاران (۱۳۹٤) اثر فرآیند حرارت دهی مرطوب و خشک آرد گندم نرم را بر ویژگی های خمیر کیک و کیفیت محصول نهایی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد رنگ پوسته کیک های تهیه شده از آردهای بخاردهی شده بهتر از سایر نمونه ها بود.

در مورد پارامتر b پوسته، نمونه های تیمارهای حرارتی خشک نسبت به تیمار حرارتی مرطوب بر میزان رنگ زردی اختلاف معنی دار آماری نداشتند (p>۰/۰۵). نمونه های تیمار حرارتی خشک و مرطوب نسبت به نمونه های شاهد بر میزان رنگ زردی اختلاف معنی دار آماری نداشتند. تاثیر اندازه ذرات بر میزان رنگ زردی اختلاف معنی دار آماری را نشان نداد

(p>۰/۰۵)، اما بیشترین میزان زردی مربوط به نمونه شاهد با اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون می باشد. که علت آن می تواند به این دلیل باشد که ذرات ریز تر دارای پروتئین بیشتری می باشند که منجر به تشدید واکنش مایلارد و افزایش میزان رنگ قرمزی و زردی می شود. چوالیر و همکاران (۲۰۰۰) دریافتند که جایگزینی آرد گندم با آرد برنج در کوکی ها به دلیل افزایش محتوای پروتئین که منجر به تشدید واکنش مایلارد می شود میزان رنگ قرمزی و زردی را افزایش داد.

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج پژوهش نشان داد استفاده از تیمار حرارتی مرطوب و اندازه ذرات ۱۲۵ میکرون باعث بهبود ویژگی های کیفی نان حجیم شد، به طوری که تیمار حرارتی مرطوب سبب انبساط خمیر از طریق نگه داشت گاز و هوا در خمیر و سبب افزایش دمای ژلاتینه شدن نشاسته و ژلاتینه شدن تاخیری موجب طولانی شدن دوره انبساط و توسعه بیشتر خمیر در حین پخت می گردد که این امر موجب افزایش حجم و حجم مخصوص و آون اسپرینگ نان شد. تاثیر تیمارهای حرارتی بر اندیس یکنواختی و تقارن و افت وزنی نان معنی دار نبود. میزان آنتالپی رتروگراداسیون کمتر وافزایش میزان رنگ قرمزی پوسته و کاهش سفتی و قابلیت جویدن نمونه تیمار حرارتی مرطوب منجر به بهبود کیفی و بیاتی نان شد.

References:

باقرزاده س، محمدزاده میلانی ج، کسایی م، ر، ۱۳۹۷. اثر آنزیم آلفا آمیلاز مالتوژنیک و امولسیفایر داتم بر ویژگی های کیفی و بیاتی نان قالبی. علوم و صنایع غذایی، شماره ٤، دوره ۲۸.

پایان ر، ۱۳۹۳. مقدمه ای بر تکنولوژی فرآورده های غلات، ویرایش چهارم، نشر آییژ، تهران، ایران.

پیغمبردوست ه، پورصفر ل، آزاد مرد دمیرچی ص، ۱۳۹٤. اثر فرآیند حرارت دهی خشک و مرطوب آرد گندم نرم بر ویژگیهای خمیر و کیفیت کیک. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد ۲۵، شماره ۱.

AACC 2000. American Association of cereal chemists. Approved methods of the AACC, 10 th ed. American Association of cereal chemists, St Paul, USA.

Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S & Rattan, O, 1995. Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food Chemistry* 53(2): 165-171.

Bucsella, B., Takács, A., Vizer, V., Schwendener, U., Tömösközi, S, 2016. Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours. Food Chemistry 190, 990–996.

Bourekoua, H., Benatallah, L., Zidoune, M. N., & Rosell, C. M, 2016. Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. Lwt, 73, 342-350.

Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G., Lourdin, D, 2000. Contribution of magor ingredients during baking of biscuit dough systems. journal of Cereal Science, 31 (3), 241-252.

Chakraborty, I., Mal, S. S., Paul, U. C., Rahman, M., & Mazumder, N, 2022. An Insight into the Gelatinization Properties Influencing the Modified Starches Used in Food Industry: A review. *Food and Bioprocess Technology* 1-29.

Farheen D, Jyothi Lakshmi A, Prakash J, Indrani D, 2012. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of high protein, high fibre and low carbohydrate bread. Food Bioprocess Tech 5: 2998-3006.

Fathi, B., M. Aalami, M. Kashaninejad, and A. S. Mahoonak. 2016. Utilization of heat-moisture treated proso millet flour in production of gluten-free poung cake. Journal of Food Quality 39 (6):611–9.

Gelinas, P., Mckinnon, C. M., Rodrigue,N., Montpetit, D, 2001. Heating conditions and bread making potential of substandard flour. Journal of Food Science 66 (4): 627-632.

Goswami, D., Gupta, R. K., Mridula, D., Sharma, M., Tyagi, S. K, 2015. Barnyard millet based muffins: physical, textural and sensory properties. LWT- Food Science and Technology 64: 374-380.

Gomez, M., & Martinez, M. M, 2016. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. *Journal of Cereal Science 67*, 68-74.

Hormdok R & Noomhorm A, 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. LWT-Food science and Technology 40(10): 1723-1731.

Hashemi, A., Milani, J., Motamedzadehgan, A., Haghighat, S, 2023. The effect of hydrothermal process and dry heat on different particle sizes of waxy rice flour on the quality of gluten free bread. Master thesis of food industry, faculty of agricultural engineering, sari university of agricultural sciences and natural resources.

Iran institute of standards and industrial research, national standards, standards no 11545-9639-1,3.

Ji Y, Zhu K, Qian H & Zhou H, 2007.Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. Food Chemistry 104(1): 53-58.

Kim, M. J., Oh, S. G., & Chung, H. J, 2017. Impact of heat-moisture treatment applied to brown rice flour on the quality and digestibility characteristics of Korean rice cake. *Food Science and Biotechnology, 26*(6),1579-1586.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N & Biliaderis, C. G, 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. Journal of food Engineering 79: 1033- 1047.

Lin, S., Gao, J., Jin, X., Wang, Y., Dong, Z., Ying, J., Zhou, W, 2020. Whole-wheat flour particle size influences dough properties bread structure and in vitro starch digestibility. Food & Function 11 (4), 3610-3620.

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**.**

Nakamura, C., Koshikawa, Y., & Seguchi, M, 2008. Increased volume of Kasutera cake (Japanese sponge cake) by dry heating of wheat flour. *Food Science and Technology Research 14* (5), 431-431.

Nakagawa, M., Tabara, A., Ushijima, Y., Matsunaga, K., & Seguchi, M, 2016. Hydrophobicity of stored (15, 35° C), or dry-heated (120° C) rice flour and deteriorated breadmaking properties baked with these treated rice flour/fresh gluten flour. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry 80* (5), 983-990.

Pang, J., Guan, E., Yang, Y., Li, M., & Bian, K, 2021. Effects of wheat flour particle size on flour physicochemical properties and steamed bread quality. *Food Science & Nutrition* 9 (9), 4691-4700.

Rosa Zavareze, E., & Dias, A. R. G, 2011. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A *Carbohydrate polymers* 83 (2), 317-328.

Shittu, T. A., Dixon, A., Awonorin, S. O., Sanni, L. O., & Maziya-Dixon, B, 2008. Bread from composite cassava–wheat flour. II: Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. *Food Research International 41* (6), 569-578.

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

Sakhare, S.D., Inamdar, A., Chandrashekhar, S., Dasappa, I. and Rao, G, 2013. Effect of flour particle size on microstructural, rheological and physico-sensory characteristics of bread and south indian parotta. Journal of food science and technology 51 (12), 4108-4113.

Sudha, M.L., Soumya, C. and Prabhasankar, P, 2016. Use of dry-moist heat effects to improve the functionality immunogenicity of whole wheat flour and its application in bread making. Journal of Cereal Science, 69,313-320.

Shanmugavel, V., Komala Santhi, K., Kurup, A.H., Kumar Kalakandan, S., Anandharaj, A. and Rawson, 2019. Potassium bromate: effects on bread components, health, environment and method of analysis: a review. Food Chemistry.