Quality and Durability of Agricultural Products and Food Staffs

e ISSN: 2783-3410

Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/journal/qafj/

Research Paper

Effects of Adding Watermelon Rind Powder as a Fiber Source on the Physicochemical and Sensory Properties of Hamburger

Nahid Najafi[1], Alireza Rahman[2*], Fatemeh Hoseinmardi[3]

[1]MSc, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

[3]Instructor, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods Branch, Tehran, Iran

Received: 09/08/2023, **Accepted:** 10/09/2023

Abstract

Fiber is a beneficial nutrient for improving the functioning of the digestive system and the process of food digestion. Insufficient intake or lack of fiber in the diet may lead to digestive problems such as constipation and bloating. Fiber deficiency can also manifest as increased blood cholesterol levels and fluctuations in blood sugar levels. Given that meat is poor in fiber content, this study investigated the effects of using watermelon rind flour as a fiber source on the rheological, textural, and physicochemical properties of hamburgers. The results of the present research indicated that utilizing watermelon rind powder as a dietary fiber source can be incorporated into hamburger formulations, thus producing new products with significant nutritional value and acceptable textural and sensory properties. The incorporation of watermelon rind flour in the hamburger formulation significantly reduced the protein and fat content in hamburger samples and decreased their ash content. Additionally, it had no significant effect on the product's moisture content ($p \leq 0.05$). Comparison of the mean data results showed that adding watermelon rind flour significantly increased the hardness and chewiness parameters of the produced samples. Analysis of variance results indicated that adding watermelon rind flour significantly reduced the cooking shrinkage percentage, decreased the diameter, and increased the thickness of the product compared to the control sample. Moreover, at the 12 percent level, it caused an increase in the product's cooking loss. The results from data comparison showed that with increasing substitution levels, except for appearance, the sensory properties scores significantly decreased. According to the data analysis results, the addition of watermelon rind flour to hamburger samples caused a significant increase in the pH compared to the control sample. This increase was considered significant. Based on the obtained results, the treatment containing 8 percent watermelon rind powder was identified as the superior treatment.

Keywords: Burger, Physicochemical properties, Fiber, Watermelon peel powder, Foodstuffs

Citation: Najafi N, Rahman A, Hoseinmardi F, Effects of adding watermelon rind powder as a fiber source on the physicochemical and sensory properties of hamburger. *Quality and Durability of Agricultural Products and Food Stuffs*, 2024; 4(2): 1-17.

© The Author(s) **Publisher:** Islamic Azad University of Kerman, Iran

DOI: https://doi.org/10.71516/qafj.2024.915869

[*]**Corresponding author:** Alireza Rahman, **Email:** alireza_rahman@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction

The role of dietary fiber in promoting digestive health and regulating physiological functions is well-documented. Insufficient fiber intake can lead to digestive issues such as constipation, bloating, and even affect blood cholesterol and glucose levels. Although meat is a rich source of high-quality protein, it lacks significant fiber content, making it a less optimal source for balanced nutrition. To address this gap, the incorporation of fiber-rich ingredients into meat products has gained attention. This study explores the addition of watermelon rind powder, a low-cost, underutilized byproduct, as a dietary fiber source in hamburgers. The aim is to evaluate the effects of this addition on the physicochemical, textural, and sensory properties of hamburgers, potentially enhancing their nutritional profile.

Methods

Watermelon rind powder was prepared by drying and grinding the rind into a fine powder. Various levels of watermelon rind powder (3%, 6%, and 9%) were incorporated into hamburger formulations that consisted of 65% beef, with different amounts of fat and fiber sources, along with other ingredients like soy protein, salt, spices, and breadcrumbs. The control sample contained no watermelon rind powder. The samples were subjected to a range of tests, including physicochemical analysis (moisture, protein, fat, ash content, pH), texture evaluation using a texture analyzer, color analysis, and cooking properties such as shrinkage and yield. Sensory analysis was conducted with trained panelists to assess attributes like taste, aroma, texture, and overall acceptance.

Results and Discussion

The incorporation of watermelon rind powder led to significant changes in the physicochemical properties of the hamburgers. Notably, the protein and fat contents decreased significantly in the hamburger samples containing watermelon rind powder. Ash content also decreased compared to the control, while no significant effect on moisture content was observed. The pH of the hamburgers increased significantly with the addition of watermelon rind powder, particularly in the 8% treatment. The texture of the hamburgers showed a significant increase in hardness and chewiness as the level of watermelon rind powder increased. Cooking properties revealed that the addition of watermelon rind powder resulted in a reduction of cooking shrinkage, decreased diameter, and increased thickness of the hamburgers, especially at the 12% substitution level. Cooking loss was significantly higher in the 12% treatment. Sensory evaluations indicated a decline in acceptance scores, especially for color and texture, with higher levels of watermelon rind powder. The 8% treatment was identified as the most acceptable in terms of both texture and overall sensory appeal. The incorporation of watermelon rind powder into hamburger formulations effectively introduced a dietary fiber source, resulting in several changes in the product's properties. The decrease in protein and fat content aligns with the intended goal of replacing some of the meat with fiber, thus lowering fat intake. The significant increase in hardness and chewiness suggests that the fiber from watermelon rind contributed to the textural properties, likely due to its water-holding capacity and structural integrity. The increase in pH with higher levels of watermelon rind powder might be attributed to the alkaline nature of the rind powder, which affected the pH of the meat product. Cooking properties, particularly the reduction in shrinkage and the increase in thickness,

could be due to the water retention ability of fiber, which helps maintain product structure during cooking. However, higher levels of rind powder, especially at 12%, led to a higher cooking loss, indicating that excessive fiber may alter the moisture balance and cooking behavior of the product. Sensory evaluation highlighted the trade-offs between nutritional benefits and sensory appeal. While adding watermelon rind powder improved the fiber content, it also altered the color and texture, leading to reduced acceptability at higher inclusion levels. This suggests that while fiber-enhanced products have potential, optimizing the inclusion level to balance both nutritional and sensory characteristics is essential for consumer acceptance.

Conclusion

The findings of this study demonstrate that watermelon rind powder can be successfully incorporated into hamburger formulations as a source of dietary fiber. The 8% level of addition yielded the most promising results, providing a nutritionally enriched product with improved texture and increased pH, while maintaining acceptable sensory qualities. However, higher inclusion levels led to undesirable changes in the product's sensory properties, highlighting the importance of optimizing the formulation. This approach presents an opportunity to enhance the nutritional value of meat products, offering a sustainable alternative to the growing demand for fiber-enriched foods. Further research is recommended to explore the potential of other plant-based fibers and their impact on meat product formulations.

Keywords: Hamburger, Physicochemical properties, Fiber, Watermelon peel powder, Foodstuffs

Funding: There was no external funding in this study.

Authors' contribution: All authors contributed equally to the writing and preparation of this manuscript.

Conflict of interest: The authors do not have any conflicts of interest with any commercial or other association with the article.

کیفیت و ماندگاری تولیدات کشاورزی و مواد غذایی

شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۳۴۱۰

Journal Homepage: https://sanad.iau.ir/journal/qafj/

واحد کرمان

مقاله پژوهشی

اثر افزودن پودر پوست هندوانه به‌عنوان منبع فیبر بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی همبرگر

ناهید نجفی[۱]، علیرضا رحمن[۲*]، فاطمه حسینمردی[۳]

[۱]کارشناسی ارشد، گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲]استادیار، گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۳]مربی، گروه صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸ ، **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۶/۱۹

چکیده

فیبر یک ماده غذایی مفید برای بهبود عملکرد سیستم گوارش و روند هضم غذا است که در صورت عدم مصرف و یا کمبود آن در رژیم غذایی ممکن است فرد دچار مشکلات گوارشی مانند یبوست و نفخ شکم شود. کمبود فیبر می‌تواند نشانه‌هایی از بالارفتن کلسترول خون و نوسان در قندخون را به همراه داشته باشد با توجه به ترکیبات گوشت که ازنظر فیبر فقیر می‌باشد، در این تحقیق اثر استفاده از آرد پوست هندوانه به‌عنوان منبع فیبر بر خواص رئولوژیکی، بافت و فیزیکوشیمیایی همبرگر، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد به‌کارگیری پودر پوست هندوانه به‌عنوان منبع فیبر رژیمی می‌تواند در فرمولاسیون همبرگر به کار گرفته شود و بدین ترتیب فرآورده‌های جدید، با ارزش غذایی قابل‌توجه، خواص بافتی و حسی قابل‌قبول تولید گردد. به‌کارگیری آرد پوست هندوانه در فرمولاسیون همبرگر سبب کاهش معنی‌دار مقدار پروتئین و چربی در نمونه‌های همبرگر و کاهش میزان خاکستر آن شد. همچنین تأثیر معنی‌داری بر روی رطوبت محصول، نداشت ($p \geq ۰/۰۵$). مقایسه نتایج میانگین داده‌ها نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش پارامترهای سفتی، قابلیت جویدن نمونه‌های تولیدشده گردید تجزیه واریانس نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میزان درصد چروکیدگی پخت، کاهش قطر و افزایش ضخامت محصول نسبت به نمونه شاهد شد. همچنین در سطح ۱۲ درصد سبب افزایش میزان افت پخت محصول گردید. نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی به‌جز شکل ظاهری به‌طور معنی‌داری از امتیاز خواص حسی کاسته شد. با توجه به نتایج تجزیه داده‌ها، اثر اضافه شدن آرد پوست هندوانه بر نمونه‌های همبرگر، سبب افزایش میزان pH نسبت به نمونه شاهد شد و این افزایش معنی‌دار ارزیابی شد. با توجه به نتایج حاصل تیمار حاوی ۸ درصد پودر پوست هندوانه به‌عنوان تیمار برتر تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: همبرگر، خواص فیزیکوشیمیایی، فیبر، پودر پوست هندوانه، مواد غذایی

استناد: ناهید نجفی، علیرضا رحمن، فاطمه حسینمردی، اثر افزودن پودر پوست هندوانه به‌عنوان منبع فیبر بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی همبرگر، کیفیت و ماندگاری تولیدات کشاورزی و مواد غذایی، (۱۴۰۳)، دوره۴، شماره۲، صفحات ۱- ۱۷.

DOI: https://doi.org/10.71516/qafj.2024.915869

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، ایران

* **نویسنده مسئول:** علیرضا رحمن، **پست الکترونیک:** alireza_rahman@yahoo.com

مقدمه

گوشت منبع مناسبی از پروتئین‌های با ارزش بیولوژیک می‌باشد که همراه با اسیدهای چرب اساسی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ... است. گوشت، تقریباً ۲۱٪ از پروتئین غذایی و ۲۹٪ از چربی غذایی را فراهم می‌کند . مقادیر قابل‌توجهی از ویتامین‌های گروه B و عناصر کمیابی مانند روی و آهن که برای عملکردهای فیزیولوژیکی مختلف و سلامت کلی بدن ضروری هستند، از طریق مصرف گوشت تأمین می‌گردد (۲،۱). گوشت گاو به دلیل دارا بودن پروتئین با کیفیت بالا و آهن قابل‌جذب به‌ویژه برای جمعیت‌های آسیب‌پذیر مانند زنان باردار و کودکان مفید است (۳). با وجود نگرانی‌ها درباره پاتوژن‌های منتقل‌شده از گوشت و اثرات آن‌ها بر سلامت عمومی (۴)، مزایای تغذیه‌ای گوشت، هنگامی‌که به‌طور معتدل و به‌عنوان بخشی از یک رژیم غذایی متعادل مصرف شود، اهمیت آن را در تغذیه انسانی، تأکید می‌کند (۵). بنابراین، گوشت به‌عنوان یک جزء ضروری در رژیم غذایی باقی می‌ماند و مواد مغذی ضروری را فراهم می‌کند که از رشد و مقاومت در برابر بیماری‌ها پشتیبانی می‌کند. گوشت علاوه بر تأثیرات تغذیه‌ای که دارد یک یا چندین هدف کارکردی نیز داشته و به بهبود سلامتی و زندگی بهتر نیز کمک می‌کند. با وجود همه امتیازات مثبت، این ماده غذایی دارای اشکالاتی نیز می‌باشد و ازجمله آن‌ها می‌توان به عدم وجود فیبرهای رژیمی ضروری در آن اشاره نمود. به‌کارگیری فیبرهای رژیمی در محصولات غذایی امروزه افزایش یافته است؛ که این امر به دلیل مزایای تکنولوژیکی و مزایای سلامت‌بخش آن‌ها می‌باشد. از موادغذایی حاوی مقادیر بالایی فیبر رژیمی به‌عنوان موادی یاد می‌شود که خطر ابتلا به سرطان روده، چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی و چندین ناهنجاری دیگر را کاهش می‌دهند. گوشت حاوی مقادیر بالایی اسیدهای چرب اشباع و کلسترول می‌باشد که اغلب مشکلاتی را در ارتباط با سلامتی، ایجاد می‌نماید (۶). همچنین فرآورده‌های گوشتی دارای مقادیر بالایی نمک و چربی اضافه می‌باشند که عوامل تشدیدکننده بسیاری از بیماری‌ها هستند. تحقیقات اپیدمیولوژیک، رابطه بین رژیم غذایی و بیماری‌های مزمن را اثبات نموده‌اند و بنابراین افزایش سطح فیبرهای رژیمی توصیه می‌شود.

دانه‌های کامل حاوی فیبر و مقادیر فراوانی مواد فیتوکمیکال مفید می‌باشند. این ترکیبات دارای اثر مکملی می‌باشند که بدن را به‌طور مؤثر علیه بیماری‌ها محافظت می‌نمایند. انواع مختلفی از فیبرها در فرمولاسیون فرآورده‌های گوشتی مورداستفاده قرار می‌گیرند. فیبرهای با ظرفیت بالای نگهداری آب مانند پکتین و صمغ‌ها به‌عنوان فیبرهای محلول شناخته می‌شوند. در سال‌های اخیر، مصرف گوشت و فرآورده‌های گوشتی بخصوص برگرها رشد فزاینده‌ای داشته است. محبوبیت همبرگر در خصوصیات حسی مناسب، راحتی مصرف و محتوی بالای پروتئین با ارزش بیولوژیک زیاد، ویتامین‌ها و مواد معدنی است که باعث تبدیل به ماده غذایی شده که در بسیاری از کشورهای جهان مصرف می‌گردد. همبرگر مخلوطی از گوشت حیوانات مخصوص گاو و گوسفند می‌باشد که می‌تواند حاوی مقادیری از پروتئین گیاهی، سیب‌زمینی، تخم‌مرغ و انواع ادویه‌ها و سبزی‌ها باشد.

روش کار

تهیه آرد پوست هندوانه

در این پژوهش، با به‌کارگیری پودر پوست هندوانه در سطوح مشخص به‌عنوان منبع فیبر رژیمی در فرمولاسیون خصوصیات فیزیکوشیمیایی، پخت و حسی محصول نهایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت تهیه پودر پوست هندوانه، پس از تهیه هندوانه و جداسازی قسمت خوراکی آن، پوست و دانه‌های آن جدا و خشک و سپس به‌صورت جداگانه آسیاب گردید. فرآیند آسیاب کردن در آسیاب‌برقی با استفاده از دستگاه مولینکس، انجام شد. در آسیاب کردن اندازه ذرات اهمیت دارد؛ به‌طوری‌که اگر پودر حاصل از پوست هندوانه خیلی ریز باشد در مرحله ترکیب با محتوای همبرگر به‌صورت خمیر درآمده و قادر به نفوذ بین ذرات نبوده و اگر از یک حد مشخص درشت‌تر باشد عمل ترکیب با محتوای همبرگر به‌خوبی انجام نمی‌شود. عمل پودر کردن توسط آسیاب‌برقی انجام گرفت و از الک با مش ۵۰ عبور داده شد. هدف از پودر کردن افزایش سطح تماس، تسریع در ترکیب و کیفیت همبرگر بود(۷).

تهیه همبرگر

نمونه همبرگر حاوی ۶۵ درصد گوشت قرمز و عاری از آرد پوست هندوانه به‌عنوان نمونه شاهد و تیمارهای حاوی ۶۵ درصد گوشت قرمز و حاوی سطوح ۳ ، ۶ و ۹ درصد آرد پوست هندوانه مطابق با الزامهای مندرج در استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۷۰، تولید شد. برای این منظور ابتدا قطعات گوشت استخوان‌گیری شده و پس از قطعه کردن چرخ شد. کلیه مواد اولیه شامل پیاز، آرد سوخاری، آرد پوست هندوانه ، یخ، نمک، ادویه و سایر مواد افزودنی جداگانه توزین و طبق فرمولاسیون ارائه شده در جدول (۱)، ترکیب و به درون محفظه دستگاه همزن منتقل شدند تا به خمیر یکنواختی تبدیل شوند. بعد از ترکیب شدن، خمیر حاصل دوباره با تیغ و پنجره ۲/۵ میلی‌متری چرخ شد و خمیر حاصل به یخچال زیر صفر درجه منتقل گردید تا دمای آن به دمای ۲/۵- درجه سانتی‌گراد برسد. با استفاده از دستگاه همبرگر زن، همبرگرهایی با قطر ۱۷۰ و ضخامت ۱۱ میلی‌متر با وزن تقریبی ۱۷۷ گرم قالب‌زنی و روی کاغذهای مومی پارافینه قرار داده شدند. همبرگرهای تولید شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به‌منظور ایجاد قوام و تشکیل بافت در فریزر، نگهداری شدند.

جدول ۱- لیست تیمارها و شاهد مورد استفاده

تیمار	گوشت گوساله	چربی	پودر پوست هندوانه	آب	پروتئین سویا	نمک	پودر سیر	فلفل سیاه	پودر پیاز
شاهد	۶۵	۱۶/۸	-	۱۵	۱/۸	۰/۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۴
۱	۶۵	۱۳/۸	۳	۱۵	۱/۸	۰/۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۴
۲	۶۵	۱۰/۸	۶	۱۵	۱/۸	۰/۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۴
۳	۶۵	۷/۸	۹	۱۵	۱/۸	۰/۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۴

آزمون فیزیکوشیمیایی همبرگر و آرد پوست هندوانه

خصوصیات شیمیایی همبرگر شامل درصد رطوبت (استاندارد ملی ایران، شماره ۷۴۵)، پروتئین (استاندارد ملی ایران، شماره ۹۲۴)، خاکستر (استاندارد ملی ایران، شماره ۷۴۴)، چربی (استاندارد ملی ایران، شماره ۷۴۲)، pH (استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۲۸) کربوهیدرات (روش آزمون استاندارد ملی ایران ۲۳۰۳) و افت پخت (استاندارد AACC ۱۶-۵۰) مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی بافت

ویژگی‌های بافت با استفاده از دستگاه آنالیز پروفایل بافت تعیین گردید. برای این منظور پس از پخت همبرگر در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و سرد شدن در دمای اتاق نمونه‌هایی دایره‌ای با قطر ۲ سانتی‌متر تهیه و مشخصات بافتی آن‌ها با استفاده از پروب مسطح با قطر ۲/۵ سانتی‌متر تحت بار اعمالی[1] ۲۵ کیلوگرم نیرو و سرعت حرکت ۱ میلی‌متر بر ثانیه بررسی شد. نیروی لازم جهت فشرده شدن نمونه تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه اندازه‌گیری شد و سفتی، قابلیت ارتجاع، چسبندگی، پیوستگی و قابلیت جویدن با استفاده از نمودار حاصله، تعیین گردید (۸).

ارزیابی رنگ

ارزیابی تغییرات رنگ در فرآورده‌های تولیدی و بررسی تأثیر پودر پوست هندوانه بر رنگ محصول، با استفاده از دستگاه هانترلب مطابق روش استاندارد AOCS ۵۷۲۵-۱ صورت گرفت. تغییرات روشنایی (ΔL*)، قرمزی (Δa*) و زردی (Δb*) برای هر یک از نمونه‌ها، نسبت به نمونه مرجع تعیین و تغییرات رنگ (ΔE*)، با استفاده از معادله (۱) بررسی گردید (۸).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta b^2 + \Delta a^2} \qquad (۱)$$

[1] Load cell

ارزیابی خواص پخت

پس از تهیه نمونه‌های همبرگر ، نمونه‌ها درون سینی فر گذاشته شد و با فویل آلومینیومی پوشیده شد. سپس تحت دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در فر، پخته شد. بازده پخت و میزان جمع‌شدگی با استفاده از روش بکارگرفته شده توسط BIS-SOUZA و همکاران، با استفاده از معادله‌های ۳ و ۲ محاسبه گردید (۹).

(۲) درصد بازده پخت=
۱۰۰× (وزن نمونه خام/ وزن نمونه پخته‌شده)

(۳) درصد جمع‌شدگی=
۱۰۰× قطر نمونه خام/ (قطر نمونه پخته‌شده – قطر نمونه خام)

آزمون خواص حسی همبرگر

برای مشخص کردن میزان مقبولیت کلی محصول نهایی توسط مصرف‌کنندگان، از ۱۰ ارزیاب (۵نفر خانم و ۵نفر آقا)، آموزش‌دیده برای انجام آزمون استفاده خواهد شد و از آن‌ها خواسته شد که به نمونه‌ها، صفت‌های کلی لذت بخشی هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵=عالی، ۴= خوب، ۳=متوسط، ۲=ضعیف و ۱=بد)، از بسیار مطلوب تا بسیار نامطلوب رأی بدهند. خواص حسی طعم، عطر، بافت و پذیرش کلی، توسط داوران مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده‌های کیفی به داده‌های کمی تبدیل گردید، به این ترتیب که به عبارات بسیار نامطلوب تا بسیار مطلوب، به ترتیب امتیاز ۱ تا ۵ داده شد. قبل از شروع ارزیابی از ارزیاب‌های تقاضا شد که دهان خود را شستشو دهند و همچنین از بیسکویت بدون نمک استفاده نمایند، این عمل بعد از تست کردن هر نمونه، مجدداً تکرار شد (۱۰، ۱۱).

طرح آماری و روش آنالیز نتایج

در این مطالعه، درصدهای مختلف از پودر پوست هندوانه در سه سطح به‌عنوان منبع فیبر رژیمی در فرمولاسیون همبرگر استفاده گردید. از یک نمونه شاهد و سه فرمولاسیون رژیمی عملگرا (حاوی پودر پوست هندوانه)، در ارزیابی داده‌ها، استفاده گردید. داده‌ها با انجام آزمایشات در سه تکرار و بررسی خواص موردنظر برای هر تیمار به دست آمد و با نمونه‌های کنترل مقایسه شد. اثر معنی‌داری جایگزینی چربی توسط پودر دانه هندوانه بر خواص مورد بررسی توسط آنالیز واریانس ارزیابی و بهترین فرمولاسیون کم‌چرب تجزیه‌وتحلیل آماری، با استفاده از نرم‌افزار SPSS21 انجام شد. از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (برای داده‌های حسی)، و آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (برای داده‌های فیزیکوشیمیایی)، استفاده شد. در مورد داده‌های حسی جهت حذف واریانس حاصل از تفاوت موجود بین ارزیاب‌ها، هر داور یا ارزیاب، یک بلوک در نظر گرفته شد. میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون دانکن با یکدیگر مقایسه گردید (۱۲).

نتایج و بحث

ترکیبات شیمیایی پوست هندوانه

با توجه به آزمون‌های انجام گرفته ترکیبات آرد پوست هندوانه در جدول شماره (۲)، ذکر شده است.

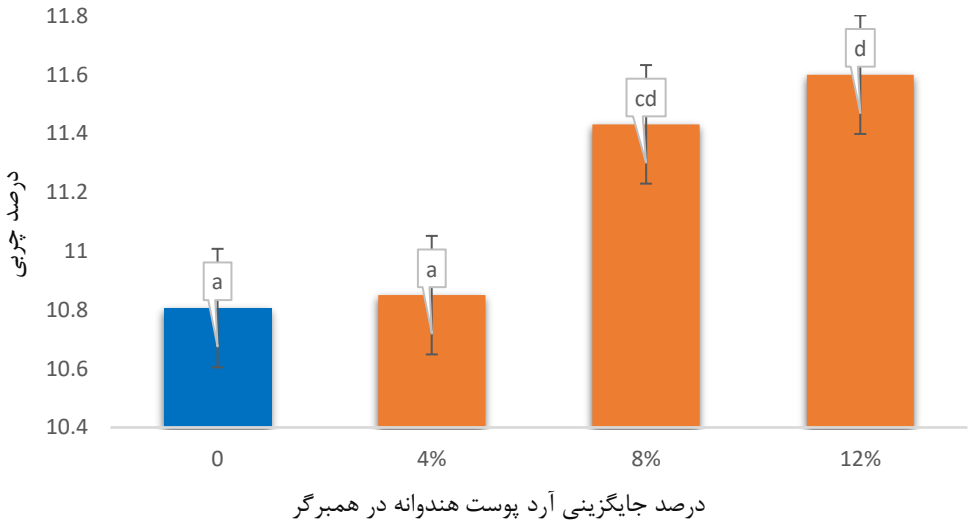
جدول ۲- ترکیبات شیمیایی موجود در آرد دانه هندوانه و پوست هندوانه (گرم در ۱۰۰ گرم)

ترکیب	چربی (٪)	پروتئین (٪)	خاکستر (٪)	رطوبت (٪)
پوست هندوانه	۱/۴۵^{a} ± ۰/۰۲	۲۵/۶۹^{b} ± ۰/۰۸	۲/۷۳^{a} ± ۰/۰۶	۶/۶۰^{a} ± ۰/۰۳

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های همبرگر

چربی

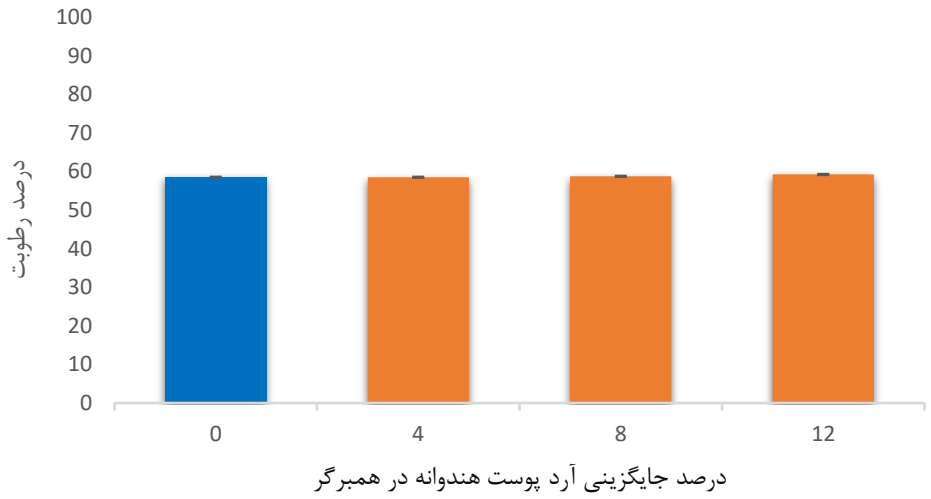
میزان چربی در نمونه‌های مختلف همبرگر در شکل (۱)، قابل‌مشاهده می‌باشد. در نمونه شاهد و نمونه پودر پوست هندوانه ۴ درصد، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در نمونه حاوی ۸ درصد پودر پوست هندوانه به نسبت نمونه‌های ۴ درصد و شاهد، اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و مشخص شد افزایش چشمگیری در میزان چربی وجود داشته است. درباره نمونه ۱۲ درصد هم با نمونه ۴ درصد و شاهد افزایش معنی‌داری داشت اما با نمونه حاوی ۸ درصد پودر پوست هندوانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید که دلیل آن را می‌توان به محتوای چربی موجود در پوست دانه هندوانه مرتبط دانست که افزایش بیش از ۸ درصد پودر پوست هندوانه باعث افزایش محتوی چربی نمونه‌ها شده است پژوهش هیگیز (۲۰۱۱)، نشان داد که جایگزین کردن آرد دانه شنبلیله به‌جای آرد سویا در همبرگر گوشت گاو، به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقدار چربی نمونه‌ها، نسبت به نمونه شاهد شد (۱۳، ۱۴). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان مطابقت دارد.



شکل ۱- میزان چربی در نمونه‌های مختلف همبرگر.
(آبی: شاهد نارنجی: پودر پوست هندوانه)، نشان از اختلاف معنی‌دار است.

رطوبت

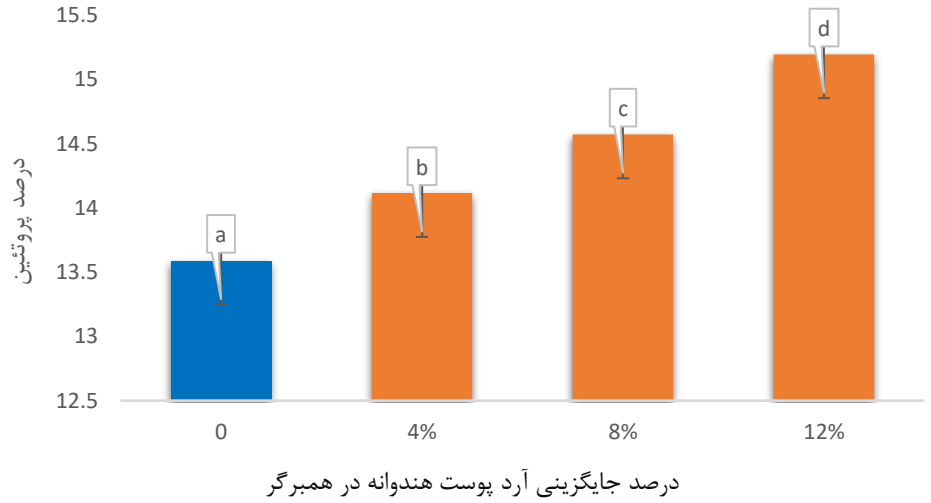
میزان رطوبت در نمونه‌های مختلف همبرگر در شکل (۲)، قابل‌مشاهده می‌باشد. در هیچیک از تیمارها، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که دلیل آن را می‌توان به ترکیبات پوست دانه هندوانه مرتبط دانست ازآنجایی‌که پودر پوست هندوانه جایگزین چربی در فرمولاسیون همبرگر شده است و تفاوت چندانی در درصد رطوبت پوست پودر هندوانه و چربی وجود ندارد. پژوهش سردراغلو و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که استفاده از آرد حبوبات (هندوانه، پوست هندوانه و لوبیا چشم سیاه) به میزان ۱۰ درصد، در کوفته کم‌چرب، تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد رطوبت نمونه‌ها نسبت به شاهد ایجاد نکرد. پژوهش شرف و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که بکار بردن آرد مورینگا در پتی گوشت گاو تأثیر معنی‌داری بر درصد رطوبت نمونه‌های تولیدی نسبت به شاهد نداشت (۱۵، ۱۶) نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان مطابقت دارد.



شکل۲- میزان رطوبت در نمونه‌های مختلف همبرگر

پروتئین

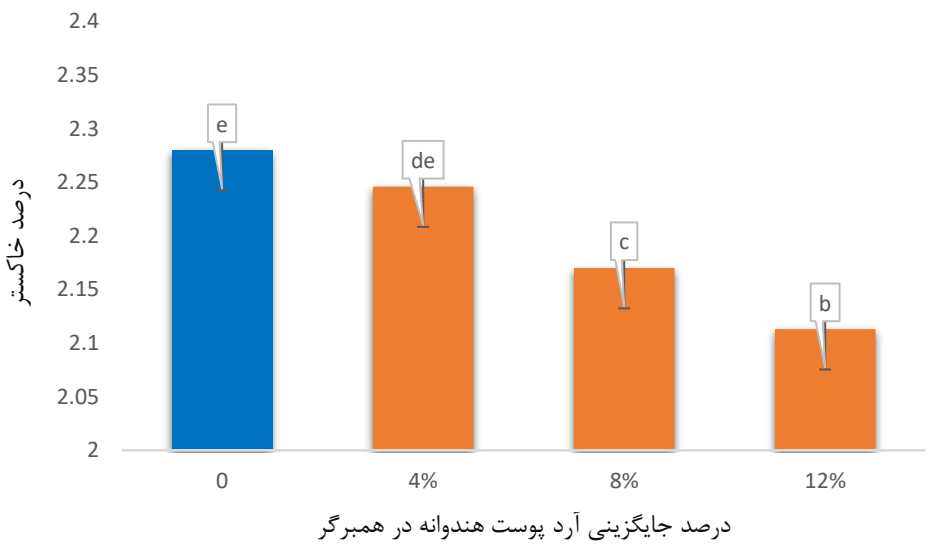
میزان پروتئین در نمونه‌های مختلف همبرگر در شکل (۳)، قابل‌مشاهده می‌باشد. تمام تیمارهای پودر پوست هندوانه دارای تفاوت معنی‌دار با هم بودند و در تمام نمونه‌ها با افزایش درصد جایگزینی, پروتئین هم افزایش یافته بود که علت آن ترکیبات موجود در پودر پوست هندوانه طبق آنالیز انجام شده و محتوای پروتئین موجود در آن است که طبیعتاً با افزایش درصد پودر پوست هندوانه در فرمولاسیون مقدار پروتئین در نمونه‌ها افزایش یافته داشت. پژوهش جوکار و همکاران (۱۳۹۱)، نشان داد که با جایگزین کردن آرد لوبیاچیتی جوانه‌زده به‌جای آرد گندم به‌طور معنی‌داری مقدار پروتئین سوسیس آلمانی نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. پژوهش گوک و همکاران (۲۰۱۱)، مشخص ساخت که با جایگزین کردن آرد دانه خشخاش به‌عنوان یک ترکیب جایگزین چربی در نمونه‌های همبرگر، در سطح ۲۰ درصد مقدار پروتئین نسبت به نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری، افزایش یافت (۱۷-۱۹). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



شکل ۳- مقدار پروتئین در نمونه‌های مختلف همبرگر.
(آبی: شاهد، نارنجی: پودر پوست هندوانه) نشان از اختلاف معنی‌دار است.

خاکستر

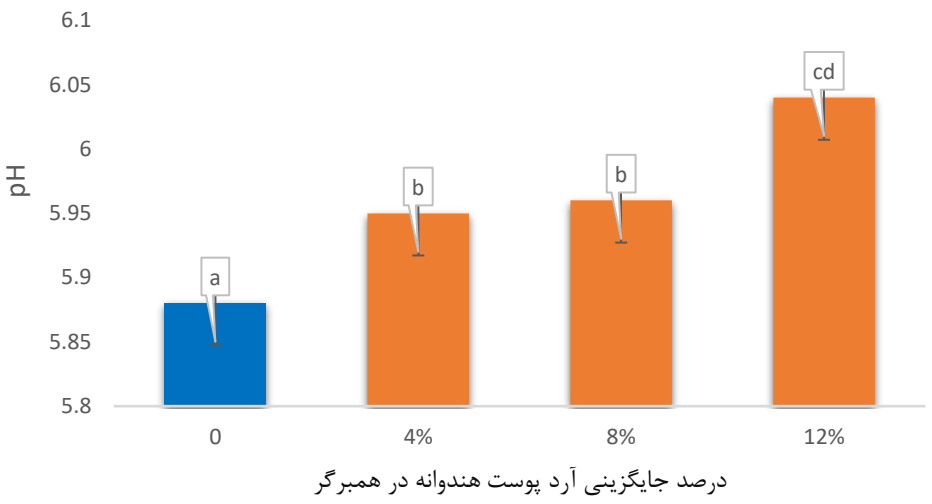
میزان خاکستر در نمونه‌های مختلف همبرگر در شکل (۴)، قابل‌مشاهده می‌باشد. نمونه شاهد بیشترین میزان خاکستر را دارا بوده است که این میزان با پودر پوست هندوانه ۴ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت اما با سایر موارد تفاوت معنی‌داری داشت ازآنجایی‌که در تهیه همبرگر شاهد از آرد سوخاری با مقدار خاکستر ۳/۴ درصد (بر اساس آنالیز انجام شده)، استفاده شد، بدیهی است که با جایگزینی آن با آرد پوست هندوانه با درصد خاکستر پایین‌تر مقدار خاکستر نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه شاهد کاهش یابد. پژوهش شرف و همکاران (۲۰۰۵)، مشخص ساخت بکار بردن آرد مورینگا در پتی‌های گوشت گاو به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میزان خاکستر محصول در سطح ۳ درصد نسبت به نمونه شاهد شد. پژوهش عمار (۲۰۱۲)، نشان داد که استفاده از آرد خردل زرد و قهوه‌ای در فرمولاسیون همبرگر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش خاکستر نسبت به نمونه شاهد در سطح ۳ درصد شد (۱۶، ۲۰). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



شکل ۴- میزان خاکستر در نمونه‌های مختلف همبرگر.
(آبی: شاهد، نارنجی: پودر پوست هندوانه). حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

pH

نتایج pH نمونه‌های مختلف همبرگر تولید شده در شکل (۵)، آورده شده است. pH نمونه شاهد از همه نمونه‌ها به‌صورت معنی‌دار کمتر بود. در نمونه حاوی ۴ درصد پودر پوست هندوانه , pH بیش از شاهد بود. پودر پوست هندوانه ۸ درصد با نمونه ۴ درصد، تفاوت معنی‌داری نداشت. پودر هندوانه ۸ درصد با پودر پوست هندوانه ۱۲ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت هرچند که پودر هندوانه ۸ درصد از سایر تیمارها به‌جز پودر هندوانه ۱۲ درصد به‌صورت معنی‌دار بیشتر بود که دلیل آن را می‌توان به افزایش حضور ترکیبات آمینی در نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه و افزایش سطح جایگزینی آن در فرمولاسیون و کاهش پروتئین دانست. پژوهش پانسینگ و همکاران (۲۰۱۰)، نشان داد که افزودن آرد سیب‌زمینی در سوسیس گوشت بوفالو به‌طور معنی‌داری سبب افزایش pH در نمونه‌های سوسیس تولید شده نسبت به نمونه شاهد شد. همچنین پژوهش دزادی و همکاران (۲۰۰۲)، مشخص نمود که جایگزین کردن آرد لوبیا به‌جای گوشت در سوسیس به‌طور معنی‌داری سبب افزایش pH نمونه‌ها در سطح ۵ درصد و سطوح بالاتر نسبت به نمونه شاهد، شد (۲۱-۲۳)، نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.

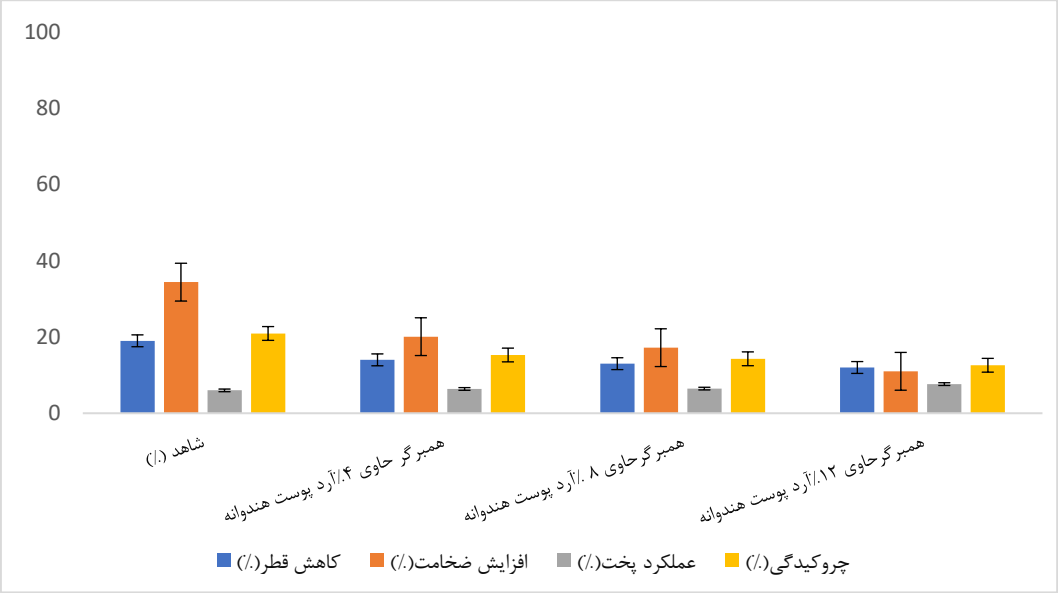


شکل ۵- میزان pH در نمونه‌های مختلف همبرگر.
(آبی: شاهد، نارنجی: پودر پوست هندوانه). حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

ویژگی‌های پخت همبرگر

کاهش قطر، افزایش ضخامت و چروکیدگی

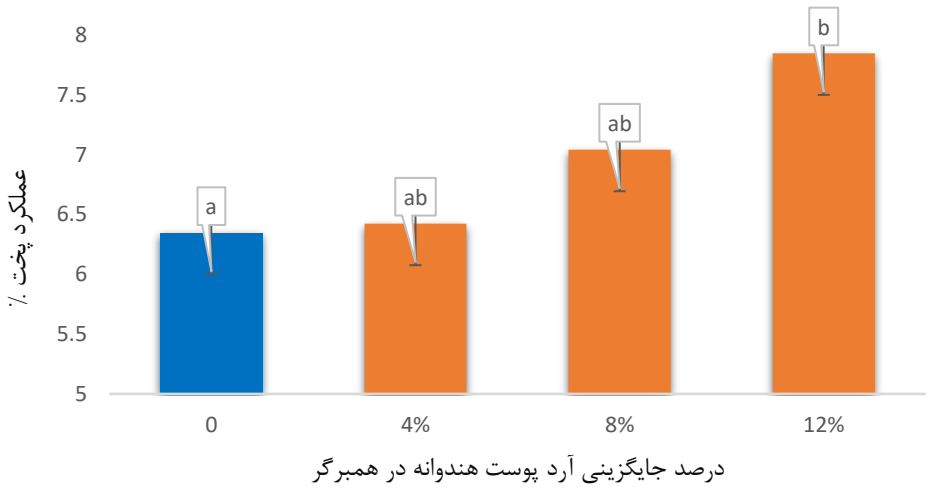
نتایج کاهش قطر،افزایش ضخامت و چروکیدگی در شکل (۶)، آورده شده است. نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه به‌طور میانگین دارای کمترین درصد کاهش قطر و افزایش ضخامت و چروکیدگی در مقایسه با نمونه شاهد بودند. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بیشترین کاهش قطر، افزایش ضخامت و درصد چروکیدگی مربوط به نمونه شاهد و کمترین میزان کاهش قطر، افزایش ضخامت و درصد چروکیدگی مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه بود که دلیل آن بالا بودن درصد آرد پوست هندوانه و تأثیر بیشتر نسبت به نمونه شاهد، می‌باشد. پژوهش ترهن و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد که استفاده از آرد پوسته مغز فندق در همبرگر کم‌چرب به‌طور معنی‌داری سبب کمتر شدن کاهش قطر محصول در سطح ۲ و ۳ درصد نسبت به نمونه شاهد شد. پژوهش آلکالی و همکاران (۲۰۱۰)، نشان داد که افزودن آرد دانه بادام‌زمینی بامبر در فرمولاسیون پته گاو به‌طور معنی‌داری در سبب کاهش چروکیدگی نمونه‌ها نسبت به شاهد شد (۲۵،۲۴). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان مطابقت دارد.



شکل۶ – نتایج کاهش قطر،افزایش ضخامت، عملکرد پخت و چروکیدگی

عملکرد پخت

نتایج میزان عملکرد پخت در شکل (۷)، نشان داده شده است. یافته‌ها نشان داد که اثر افزودن آرد پوست هندوانه بر نمونه‌های همبرگر سبب کاهش عملکرد پخت شد که این کاهش در نمونه‌های حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه به‌صورت معنی‌دار ارزیابی شد ($p<۰/۰۵$). بالاترین میزان عملکرد پخت در نمونه‌های ۱۲ درصد، یافت شد که به‌طور معنی‌داری از سایر نمونه‌ها بیشتر بودند شاید بتوان علت کاهش عملکرد پخت را به افزایش مقدار رطوبت و چربی در نمونه‌های همبرگر دانست. پژوهش سردراغلو و اوزلم (۲۰۰۵) مشخص ساخت که استفاده توأم آرد ذرت و چربی در کوفته بالاترین عملکرد پخت مربوط به نمونه ۵ درصد چربی همراه با ۴ درصد آرد ذرت و کمترین عملکرد پخت مربوط به نمونه حاوی ۲۰ درصد چربی بود (۱۵). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با یافته‌های تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



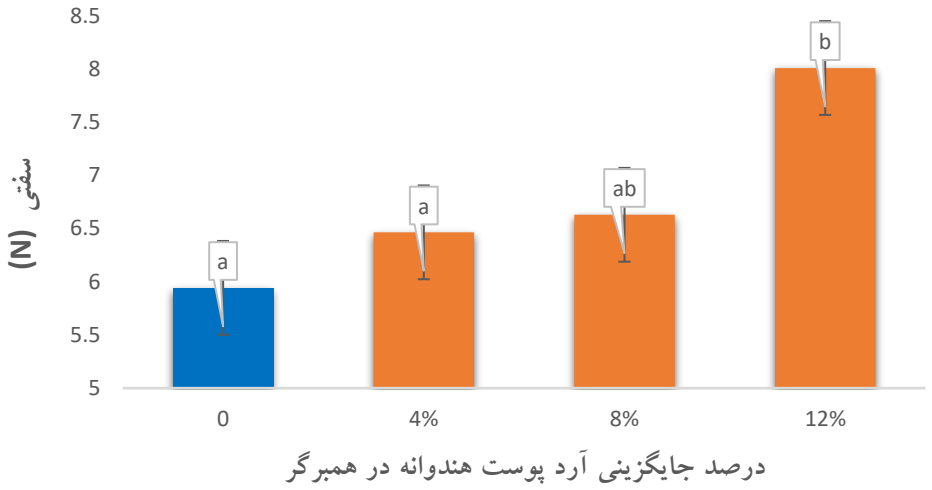
شکل ۷– میزان عملکرد پخت در نمونه‌های مختلف همبرگر.

(آبی: شاهد، نارنجی: پودر پوست هندوانه). حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

بافت سنجی نمونه‌های همبرگر

میزان سفتی

میزان سفتی در نمونه‌های مختلف همبرگر در شکل (۸)، قابل‌مشاهده می‌باشد. سفتی نمونه‌های ۱۲ درصد به‌طور معنی‌دار از ۴ درصد و شاهد بیشتر بود اما تفاوت معنی‌داری با ۸ درصد نداشت علت آن حضور فیبر بوده که باعث سفتی نمونه می‌شود (۲۶). پژوهش هانگ و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد که افزودن آرد سبوس برنج در فرمولاسیون کوفته خوک به‌طور معنی‌داری سبب افزایش مقدار سفتی محصول نسبت به نمونه شاهد شد. تحقیق انجام شده توسط چوی و همکاران (۲۰۱۳)، مشخص ساخت که استفاده از مخلوط پوست خوک و فیبر گندم به‌عنوان جایگزین چربی در سوسیس فرانکفورتر، به‌طور معنی‌داری در سطح ۱۵ و ۲۰ درصد سبب افزایش میزان سفتی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شد (۲۸،۲۷). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.

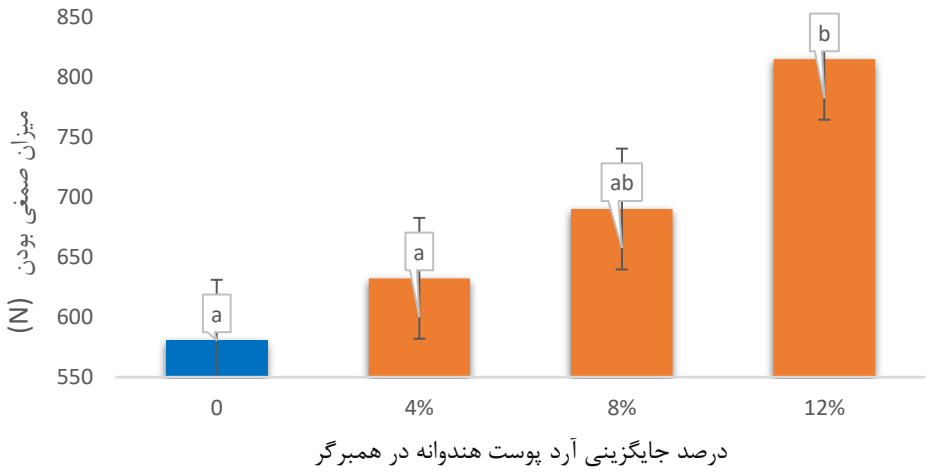


شکل ۸- میزان سفتی در نمونه‌های مختلف همبرگر.
(آبی: شاهد، نارنجی: پودر پوست هندوانه). حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

صمغی بودن

نتایج صمغی بودن نمونه‌ها ،در شکل (۹)، نشان داده شده است. صمغی بودن نشان‌دهنده میزان چسبندگی نمونه در برابر کشیدگی می‌باشد که برحسب نیوتن بیان می‌شود این پارامتر از حاصل‌ضرب سفتی با میزان پیوستگی به دست می‌آید ازآنجایی‌که میزان سفتی نمونه‌ها با افزایش سطح جایگزینی آرد پوست هندوانه افزایش یافت، لذا بدیهی است که مقدار این پارامتر نیز افزایش یابد. نتایج تجزیه واریانس، نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان صمغی بودن نمونه‌های همبرگرهای تولید شده در سطح ۱۲ درصد نسبت به نمونه شاهد شد ($p<۰/۰۵$). در سطح جایگزینی ۴ درصد و ۸ درصد آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). به‌طوری‌که کمترین میزان صمغی بودن مربوط به نمونه شاهد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه بود (۱۷). پژوهش هانگ و همکاران (۲۰۰۵)، نشان داد که افزودن آرد سبوس برنج در فرمولاسیون کوفته خوک به‌طور معنی‌داری مقدار صمغی بودن محصول نسبت به نمونه شاهد را افزایش داده است. تحقیق چوی و همکاران (۲۰۱۳)، مشخص ساخت استفاده از مخلوط پوست خوک و فیبر گندم به‌عنوان جایگزین چربی در

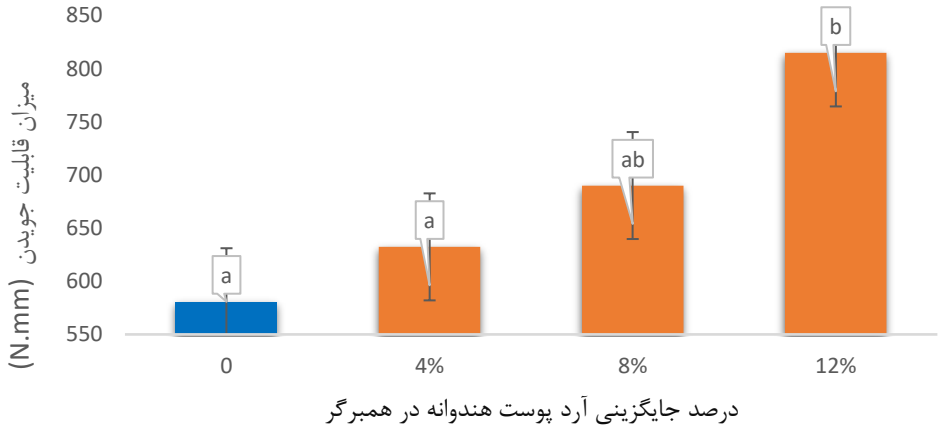
سوسیس فرانکفورتر، به‌طور معنی‌داری مقدار صمغی بودن محصول نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (۲۷). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



شکل ۹- میزان صمغی بودن در نمونه‌های مختلف همبرگر. حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

قابلیت جویدن

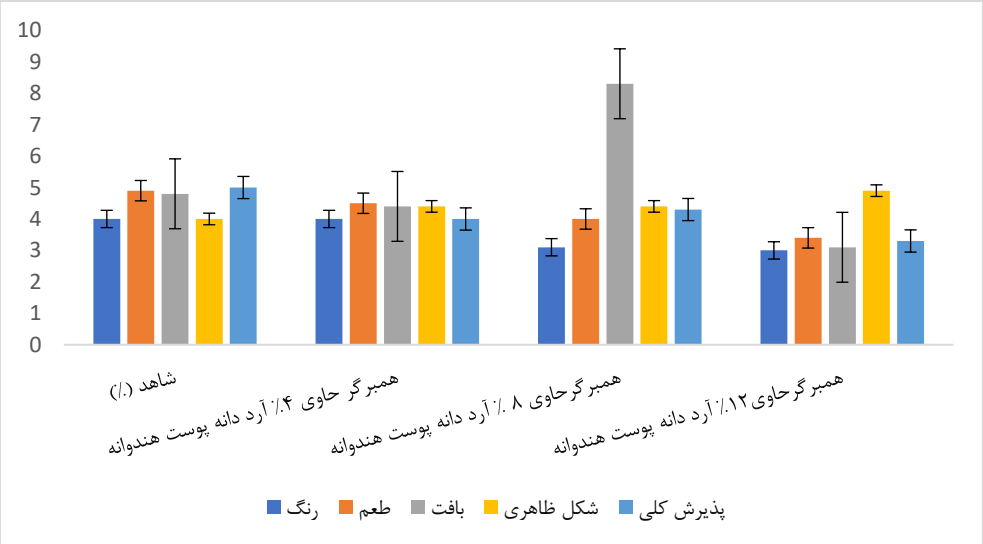
نتایج قابلیت جویدن در شکل (۱۰)، نشان داده شده است نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اضافه کردن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان قابلیت جویدن نمونه‌های همبرگر تولید شده نسبت به نمونه شاهد شد ($p<۰/۰۵$). این پارامتر از حاصلضرب قابلیت ارتجاعی با میزان صمغی بودن به دست می‌آید ازآنجایی‌که میزان صمغی بودن نمونه‌های تیمار شده با آرد پوست هندوانه افزایش یافته است ، لذا افزایش مقدار قابلیت جویدن نیز قابل پیش‌بینی بود. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، بالاترین مقدار قابلیت جویدن مربوط به نمونه حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه بود (۲۶). پژوهش محققین دیگر، مشخص ساخت استفاده از مخلوط پوست خوک و فیبر گندم به‌عنوان جایگزین چربی در سوسیس فرانکفورتر، مقدار قابلیت جویدن محصول به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت (۲۸). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



شکل ۱۰- میزان قابلیت جویدن در نمونه‌های مختلف همبرگر. حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

آزمون‌های حسی همبرگر

نتایج آزمون حسی نمونه‌های همبرگر در شکل (۱۱)، آورده شده است. همبرگر شاهد بالاترین امتیاز و نمونه حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه کمترین امتیاز رنگ و پذیرش کلی را نسبت به نمونه شاهد به خود اختصاص دادند. در سطح جایگزینی ۴ درصد آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(p>۰/۰۵) علت کاهش امتیاز رنگ نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه را می‌توان به رنگ زرد روشن آرد پوست هندوانه دانست، چرا که رنگ زرد روشن (هندوانه) باعث روشن شدن رنگ محصول نسبت به نمونه شاهد شد ازآنجایی‌که مصرف‌کنندگان رنگ روشن را برای همبرگر و کالباس نمی‌پذیرند، لذا امتیاز رنگ این نمونه‌ها کاهش یافت. پژوهش سول یانگ و همکاران (۲۰۰۷)، مشخص ساخت که افزودن آرد بلغور جو دوسر هیدراته و توفو (خمیر سویا) در سوسیس کم‌چرب به‌طور معنی‌داری سبب کاهش امتیاز رنگ نسبت به نمونه شاهد شد (۲۹). بالاترین امتیاز حسی بافت مربوط به نمونه شاهد و کمترین امتیاز مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه بود نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه با افزایش سطح جایگزینی به علت فیبر بیشتر بافت سفت‌تری از نمونه شاهد بوده که خود نیز گواهی بر این امر می‌باشد پژوهش سرداروغلو و همکاران (۲۰۰۵)، مشخص ساخت که در بین آرد حبوبات مورد استفاده (هندوانه، پوست هندوانه و لوبیا چشم سیاه) به میزان ۱۰درصد در کوفته کم‌چرب، کمترین امتیاز بافت مربوط به کوفته حاوی آرد هندوانه بود (۱۵). بالاترین امتیاز طعم مربوط به نمونه شاهد و کمترین امتیاز مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۲ درصد آرد پوست هندوانه بود. بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، در سطح جایگزینی ۴ درصد آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری در طعم نمونه‌ها مشاهده نشد(p<۰/۰۵).. اما با افزایش سطح جایگزینی از امتیاز طعم نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شد دلیل این موضوع را می‌توان به بروز واضح‌تر طعم آرد پوست هندوانه و احتمالاً پوشاندن طعم مطلوب گوشت در همبرگرهای تیمار شده نسبت داد که ازنظر داوران حسی چندان خوشایند، نبود. افزودن آرد پوست هندوانه، بر پذیرش کلی نمونه‌های همبرگر نسبت به نمونه شاهد ازنظر داوران حسی معنی‌دار مورد ارزیابی قرار گرفت (p<۰/۰۵). در پژوهش جوکار و همکاران (۱۳۹۱)، مشخص شد که با جایگزینی آرد لوبیا جوانه‌زده به‌طور معنی‌داری امتیاز طعم نسبت به نمونه شاهد کاهش‌یافته است (۱۸). نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایشات با نتایج تحقیقات این محققان، مطابقت دارد.



شکل ۱۱ – نتایج آزمون حسی نمونه‌های همبرگر. حروف متفاوت نشان از اختلاف معنی‌دار است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر، نشان داد به‌کارگیری پودر پوست هندوانه به‌عنوان منبع فیبر رژیمی می‌تواند در فرمولاسیون همبرگر به کار گرفته شود و بدین ترتیب فرآورده‌ای جدید، با ارزش غذایی قابل‌توجه، خواص بافتی و حسی قابل‌قبول، تولید گردد. به‌کارگیری آرد پوست هندوانه در فرمولاسیون همبرگر سبب کاهش معنی‌دار مقدار پروتئین و چربی در نمونه‌های همبرگر و کاهش میزان خاکستر آن، شد. همچنین تأثیر معنی‌داری بر روی رطوبت محصول نداشت($p\geq$۰/۰۵). مقایسه نتایج میانگین داده‌ها نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب افزایش پارامترهای سفتی، قابلیت جویدن نمونه‌های تولید شده گردید (۸). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که افزودن آرد پوست هندوانه به‌طور معنی‌داری سبب کاهش میزان درصد چروکیدگی پخت، کاهش قطر و افزایش ضخامت محصول نسبت به نمونه شاهد شد. همچنین در سطح ۱۲ درصد سبب افزایش میزان افت پخت محصول گردید (۳۰). نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها نشان داد که با افزایش سطح جایگزینی به‌جز شکل ظاهری به‌طور معنی‌داری از امتیاز خواص حسی کاسته شد (۳۱). با توجه به نتایج تجزیه داده‌ها، اثر اضافه شدن آرد پوست هندوانه بر نمونه‌های همبرگر، سبب افزایش میزان pH نسبت به نمونه شاهد شد و این افزایش به‌صورت معنی‌دار، ارزیابی شد (۳۲).

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافعی ندارند.

References

1. Smith NW, Fletcher AJ, Hill JP, McNabb WC. Modeling the Contribution of Meat to Global Nutrient Availability. Frontiers in Nutrition. 2022;9(1):1-16.
2. Katz DL. Knowing Well, Being Well: well-being born of understanding: Where's the Beef? At the Juncture of Flora, Fauna, and Food. American Journal of Health Promotion. 2022;36(5):894-900.
3. Murimi M. What is the Place of Beef in a Healthful Sustainable Homo sapiens Diet? American Journal of Health Promotion. 2022;36(5):898-900.
4. Ali S, Alsayeqh AF. Review of major meat-borne zoonotic bacterial pathogens. Frontiers in Public Health. 2022;10(1):1-15.
5. Xie Y, Ma Y, Cai L, Jiang S, Li C. Reconsidering Meat Intake and Human Health: A Review of Current Research. Molecular Nutrition & Food Research. 2022;66(9):2101066.
6. Namir M, Siliha H, Ramadan MF. Fiber pectin from tomato pomace: characteristics, functional properties and application in low-fat beef burger. Journal of Food Measurement and Characterization. 2015;9(3):305-12.
7. Liu J-G, Yang X-J, Geng L-L, Fan Y-R, Yan X-Z. Fundamental analysis of the time fractional coupled Burgers-type equations. Journal of Geometry and Physics. 2021;169(1):104334.
8. Rahman A, Alaei M, Salehifar M. The Effect of Partial Fat Replacement by Amaranth Flour on the Physicochemical, Sensory and Textural Properties of Low-Fat Burgers. Food Engineering Research. 2023;22(1):67-80.
9. Bis-Souza CV, Henck JMM, Barretto ACDS. Performance of low-fat beef burger with added soluble and insoluble dietary fibers. Food Science and Technology. 2018;38(3):522-9.
10. Domínguez R, Pateiro M, Purriños L, Munekata PES, Lorenzo JM. 2 - Necessary considerations for sensory evaluation of meat products: Quality indicators of meat products. In: Lorenzo JM, Pateiro M, Saldaña E, Munekata PES, editors. Sensory Analysis for the Development of Meat Products: Woodhead Publishing; 2022. p. 31-50.
11. Ibrahium M, Hegazy A, El-Waseif M. Effect of replacing beef fat with flaxseed oil and rice bran on nutritional quality criteria of beef burger patties. Sciences. 2015;5(03):645-55.

12. Grasso S, Rondoni A, Bari R, Smith R, Mansilla N. Effect of information on consumers' sensory evaluation of beef, plant-based and hybrid beef burgers. Food Quality and Preference. 2022;96(1):104417.

13. Badr S, El-Waseif M. Influence of caper (*Capparis spinosa* L) seeds powder addition as source of bioactive phytochemicals on quality attributes and shelf life extension of beef burger patties. Middle East J Agric Res. 2017;6(4):1243-1.

14. Hegazy A, Hegazy A. Influence of using fenugreek seed flour as antioxidant and antimicrobial agent in the manufacturing of beef burger with emphasis on frozen storage stability. World Journal of Agricultural Sciences. 2011;7(4):391-9.

15. Serdaroğlu M, Yıldız-Turp G, Abrodímov K. Quality of low-fat meatballs containing legume flours as extenders. Meat Science. 2005;70(1):99-105.

16. Sharaf A, Ebrahium M, Ammar M, El-Ghany M. Influence of using moringa meal flour as meat extender on quality characteristics of beef burger patties during frozen storage. World Journal of Dairy & Food Sciences. 2009;4(1):32-40.

17. Ho L-H, Che Dahri N. Effect of watermelon rind powder on physicochemical, textural, and sensory properties of wet yellow noodles. CyTA-Journal of Food. 2016;14(3):465-72.

18. Jokar A, Nasab AH, Ghanaatzade L, Farahnaky A, Hosseini M. Using germinated pinto bean flour instead of wheat flour in producing sausage. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology. 2012;7(1):111-8.

19. Gök V, Akkaya L, Obuz E, Bulut S. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. Meat Science. 2011;89(4):400-4.

20. Ammar M. Influence of using mustard flour as extender on quality attributes of beef burger patties. World Journal of Agricultural Sciences. 2012;8(1):55-61.

21. Naknaen P, Itthisoponkul T, Sondee A, Angsombat N. Utilization of watermelon rind waste as a potential source of dietary fiber to improve health promoting properties and reduce glycemic index for cookie making. Food Science and Biotechnology. 2016;25(1):415-24.

22. Ponsingh R, Babu RN, Ruban SW, Rao VA. Value added buffalo meat sausage with potato flour as binder. Buffalo Bulletin 2010;29(2):121-8.

23. Dzudie T, Scher J, Hardy J. Common bean flour as an extender in beef sausages. Journal of food engineering. 2002;52(2):143-7.

24. Alakali J, Irtwange S, Mzer M. Quality evaluation of beef patties formulated with bambara groundnut (Vigna subterranean L.) seed flour. Meat science. 2010;85(2):215-23.

25. Turhan S, Sagir I, Ustun NS. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. Meat Science. 2005;71(2):312-6.

26. Al-Sayed HM, Ahmed AR. Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. Annals of Agricultural Sciences. 2013;58(1):83-95.

27. Huang S, Shiau C, Liu T, Chu C, Hwang D-F. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. Meat science. 2005;70(4):613-9.

28. Choe J-H, Kim H-Y, Lee J-M, Kim Y-J, Kim C-J. Quality of frankfurter-type sausages with added pig skin and wheat fiber mixture as fat replacers. Meat science. 2013;93(4):849-54.

29. Yang H-S, Choi S-G, Jeon J-T, Park G-B, Joo S-T. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. Meat science. 2007;75(2):283-9.

30. López-Vargas JH, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JÁ, Viuda-Martos M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (Passiflora edulis var. flavicarpa) co-products. Meat science. 2014;97(2):270-6.

31. Soltanizadeh N, Ghiasi-Esfahani H. Qualitative improvement of low meat beef burger using Aloe vera. Meat science. 2015;99(1):75-80.

32. Vidal AR, Prestes RC. Effects of Addition of Wheat Fiber on Color and pH of Hamburger. Journal of Health Sciences. 2014;16(3):1-14.