Iranian Food Science and Technology Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 1, Mar.-Apr., 2024, p. 47-62

Evaluation of the Quantitative and Qualitative Characteristics of Gluten-free Chicken Nuggets Containing Quinoa Flour and Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC)

Gh. Shekari[1], E. Milani[2*], E. Azarpazhooh[3]

1- M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
2- Associate Professor, Food Research Institute, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR), Central Jihad Organization of Khorasan Razavi University, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: e.milani@jdm.ac.ir)
3- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

Received: 11.06.2022
Revised: 08.11.2022
Accepted: 05.12.2022
Available Online: 05.12.2022

How to cite this article:
Shekari, Gh., Milani, E., & Azarpazhooh, E. (2024). Evaluation of the quantitative and qualitative characteristics of gluten-free chicken nuggets containing quinoa flour and hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC). *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *20*(1), 47-62. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.75369.1149

Introduction

Celiac disease is one of the most common digestive disorder. Chicken nugget is one of the most popular instant and ready-to-eat foods, and wheat flour is one of its main coating ingredients, which contains approximately 60% gluten. Quinoa is a gluten-free grain, as a good source of dietary fiber, has various applications in the meat products processing system as a stabilizer, fat substitute, structural components, etc. The addition of hydrocolloids also helps to improve the rheological properties of gluten-free products. The purpose of this research was to evaluate the effect of quinoa-corn mixed flour in the preparation of nugget batter as a gluten-free combination as an alternative to wheat flour, and also to investigate the effect of adding HPMC hydrocolloid on the final product characteristics. In this research, a rotatable central composite design was used to investigate the effect of two independent variables including different proportions of quinoa-corn flour (0-100, 50-50, 100-0%) and different levels of hydrocolloid (0.5-1-1.5%) on the quality characteristics of nugget. With the increase of quinoa replacement level, moisture content (0.60), batter pick up (138) and redness level 5.5 (a*) increased, and oil content (11), hardness (7.5), brightness level 41(L*), yellowness level 20(b*) decreased. The increase of HPMC also caused an increase in moisture content (0.59), brightness level (L*) of 0.39, batter pick up (137) and decrease in oil content (10) and hardness (7). Optimum conditions for the production of gluten-free nugget were determined by considering the optimal amounts for the production of high quality and healthy products, contained 90% quinoa and HPMC at a level of about 1%.

Materials and Methods

Corn flour was purchased from the pilot of Ferdowsi University of Mashhad. The de-saponified quinoa was prepared from Kashmir and then ground. In order to make the grains more uniform, both flours were sieved using a 30 mesh. Hydrocolloid hydroxypropyl methylcellulose was also prepared from Kian Shimi Mashhad. Oyla frying oil was used for frying the samples.

The chicken nugget formulation was a mixture of 86% minced chicken, 10% onion, 1.5% garlic powder, 1% salt and 1.5% pepper. After complete mixing, these materials were poured into a freezer bag until a homogeneous and uniform mixture was obtained, and they were flatted until they reached the desired thickness (1 cm). Plastics containing chicken paste were stored in the freezer for 2 hours to facilitate cutting. Then molding was done with a circular mold with a

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.75369.1149

diameter of 4 cm (Dehghan Nasiri et al., 2012).The batter formulation consisted of flour, water, baking powder, salt and hydrocolloids. In order to investigate the effect of quinoa and corn flours, and hydrocolloids, these substances were added to nugget water paste in different percentages (quinoa-corn ratio: 0-100, 50-50, 0-100 and hydrocolloids at the level of 1-1 / 5 -0.5%) and then mixed with water by mixer for 1 minute. The molded samples were first coated with flour and then immersed in the batter for 60 seconds and dripped for 30 seconds. Finally, deep frying was performed in the fryer at 170 ° C for 3.5 minutes. The fried samples were taken out of the fryer basket and the excess oil on the surface of the nuggets was removed with absorbent paper. The oil was changed after twice frying. After cooling the samples at room temperature, the tests such as moisture content, oil content, texture (hardness), color, batter pick up, peroxide and overall acceptance were performed.

In this study, Design Expert 10.0.7 software and a rotatable central composite design to investigate the effect of two independent variables including different ratios of quinoa-corn flour (0-100, 50-50, 0-100%) and hydrocolloid (0.5-1-1.5%), Was used on the quality characteristics of the nugget. Finally, different models were fitted to the data obtained from the experiments and the best model was selected according to the results of analysis of variance.

Results and Discussion

With increasing quinoa replacement level, moisture content, redness (a*) and pH increased and oil content, batter pick up, texture (hardness), brightness (L*), yellowness (b*) and cooking loss decreased. Increasing the HPMC also increased the moisture content, brightness (L*), cooking loss, batter pick up, and decreased oil content and hardness. Optimum condition for production of gluten-free chicken nuggets, considering the appropriate properties was found to be 90% quinoa flour and 1% HPMC.

Conclusion

In general, it can be concluded that the addition of quinoa and HPMC leads to the production of high quality products with high moisture and low oil content and high nutritional value.

Keywords: Celiac, Chicken nugget, Gluten free, HPMC, Quinoa

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۰، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۳، ص. ۶۲-۴۷

ارزیابی ویژگی‌های کمی و کیفی ناگت مرغ بدون گلوتن حاوی آرد کینوا و هیدروکسی‌پروپیل متیل سلولز (HPMC)

غزاله شکاری[۱]- الناز میلانی[۲*]- الهام آذرپژوه[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

چکیده

بیماری سلیاک از شایع‌ترین بیماری‌های مرتبط با تغذیه می‌باشد. ناگت مرغ از غذاهای فوری و آماده مصرف بسیار پرطرفدار است که از اصلی‌ترین ترکیبات پوشش‌دهنده در فرمول آن، آرد گندم است که تقریباً ۶۰ درصد گلوتن دارد. کینوا شبه‌غله‌ای فاقد گلوتن است که به‌عنوان منبع خوبی از فیبر رژیمی، کاربردهای متنوعی در سیستم فرآوری فرآورده‌های گوشتی به‌عنوان تثبیت‌کننده، جایگزین چربی، اجزای ساختاری و غیره دارد. افزودن هیدروکلوئیدها نیز به بهبود خصوصیات رئولوژیکی محصولات فاقد گلوتن کمک می‌کند. هدف از این تحقیق ارزیابی اثر آرد مخلوط کینوا-ذرت در تهیه خمیرآبه ناگت به‌عنوان ترکیبی فاقد گلوتن و جایگزین آرد گندم و همچنین بررسی اثر افزودن هیدروکلویید HPMC بر ویژگی نهایی فرآورده بود. در این پژوهش طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر به‌منظور بررسی تأثیر ۲ متغیر مستقل شامل نسبت‌های مختلف آرد کینوا-ذرت (۱۰۰-۰، ۵۰-۵۰، ۰-۱۰۰ درصد) و سطوح مختلف هیدروکلویید (۱/۵-۱-۰/۵ درصد) بر ویژگی‌های کیفی ناگت استفاده شد. با افزایش درصد جایگزینی کینوا، رطوبت (۰/۶۰)، جذب خمیرآبه (۱۳۸) و میزان قرمزی ۵/۵ (a*) افزایش، و میزان روغن (۱۱)، سفتی بافت (۷/۵)، میزان روشنایی ۴۱ (L*)، میزان زردی ۲۰ (b*) کاهش یافت. افزایش HPMC نیز سبب افزایش محتوای رطوبت (۰/۵۹)، میزان روشنایی ۰/۳۹ (L*) و جذب خمیرآبه (۱۳۷) و کاهش میزان روغن (۱۰) و سفتی بافت (۷) شد. شرایط بهینه تولید ناگت فاقد گلوتن با در نظر گرفتن مقادیر مطلوب جهت تولید فرآورده‌ای با کیفیت بالا و سالم شامل ۹۰ درصد کینوا و HPMC در سطح حدودا ۱ درصد تعیین گردید.

واژه‌های کلیدی: امولسیفایر، سلیاک، کینوا، ناگت، هیدروکلویید

مقدمه

توسعه تکنولوژی و زندگی ماشینی، منجر به تغییرات زیادی در الگوهای غذایی مردم شده است که در این بین مصرف فرآورده‌های نیمه‌آماده سوخاری و خمیری خصوصا ماهی، مرغ، فرآورده‌های دریایی و ماکیان در چند سال گذشته بسیار رایج شده است (Salvador *et al.*, 2005).

یکی از این فرآورده‌ها ناگت‌ها هستند که رایج‌ترین آن‌ها ناگت مرغ می‌باشد. مرغ و به‌طور کلی گوشت سفید یکی از محبوب‌ترین محصولات در بسیاری از کشورها می‌باشد که دلیل عمده محبوبیت آن طعم بی‌نظیر و بافت منحصر به فرد آن است. از نظر تغذیه‌ای گوشت سفید منبع غنی از پروتئین، مواد معدنی، اسیدهای چرب غیراشباع خصوصا اسیدهای چرب دارای باند سه‌گانه و ویتامین‌ها می‌باشد. با این

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران
۲- دانشیار، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: e.milani@jdm.ac.ir)
۳- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.75369.1149

حال انواع پروسه شده آن بسیار فسادپذیر و حاوی مقادیر بالای نمک است (Baixauli *et al.*, 2003). بنابراین یافتن روش‌هایی در جهت کاهش ریسک ناشی از عوامل فوق و بکارگیری آن‌ها در جهت افزایش ماندگاری، ارزش تغذیه‌ای و مقبولیت نهایی مصرف‌کننده بسیار مفید و موثر خواهد بود (Chen *et al.*, 2009). پوشش‌دهی ناگت مرغ با خمیرآبه موجب بهبود پذیرش کلی محصول، افزایش ارزش تغذیه‌ای، بهبود رنگ و ایجاد بافتی دلپذیر با پوسته‌ای ترد و مرکزی آبدار در محصولات سرخ‌کردنی می‌شود (Fiszman *et al.*, 2003).

خمیرآبه از آب و آرد با سایر اجزاء جزئی (طعم دهنده‌ها، پروتئین‌ها و صمغ‌ها و مواد حجم دهنده) تشکیل شده است. آرد گندم نقش مهمی در فرآورده‌های خمیری و سیستم خمیر داشته که دلیل آن حضور پروتئین (گلوتن) قابل ملاحظه‌ای است که در تشکیل خصوصیات خمیری الاستیک و پلاستیک لازم است. مصرف گلوتن در برخی از افراد ازجمله بیماران سلیاکی، سبب التهاب روده کوچک شده که درنتیجه موجب جذب ناقص مواد ضروری مانند آهن، کلسیم و ویتامین های محلول در چربی می‌شود (Korus *et al.*, 2009). مهم‌ترین روش درمان سلیاک، استفاده از رژیم غذایی فاقد گلوتن می‌باشد. ضمن آن که باید مشتقات غلاتی نظیر گندم و جو از رژیم غذایی آن‌ها حذف و با غلاتی مانند ذرت، برنج و آرد سایر غلات فاقد گلوتن جایگزین گردد (Haboubi *et al.*, 2006). کینوا شبه غله بدون گلوتن است و جایگزین جذابی برای افراد مبتلا به بیماری سلیاک و یا حساسیت به گلوتن می‌باشد. کیفیت پروتئین کینوا برابر با پروتئین شیر، کازئین است. درواقع پروتئین کینوا حاوی بیش از ۱۰ اسیدآمینه ضروری نظیر لایزین، ترئونین، متیونین است که ازلحاظ تغذیه، تعادل مناسبی دارند. هم‌چنین دارای لیپیدهای حاوی اسیدهای چرب اشباع‌نشده لینولئیک، لینولنیک می‌باشد (Angeli *et al.*, 2020). کینوا حاوی ویتامین‌هایی نظیر B2 و E و مواد معدنی نظیر آهن، مس، منگنز، پتاسیم و دیگر فیتوشیمیایی نظیر استروئیدها، فنولیک اسید و فلاونوئید می‌باشد (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2010). آرد ذرت نیز یکی از جایگزین‌های مناسب آرد گندم در تهیه محصولات پخت بوده که از ارزش غذایی بالایی برخوردار است و به دلیل فقدان گلوتن، برای مبتلایان به سلیاک مناسب می‌باشد (Shukla, 2001). بدلیل تولید رنگ جذاب زرد و تعادل رنگ کینوا پس از سرخ کردن، و مقرون به صرفه بودن فرمولاسیون از آرد ذرت در این پژوهش استفاده شد.

دواتکال و همکاران (Devatkal *et al.*, 2010) از آرد سورگوم به عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم در ناگت مرغ بدون گلوتن استفاده و ویژگی‌های کیفی آن را بررسی کردند. نتایج نشان داد آرد سورگوم سبب افزایش میزان فیبر رژیمی و بهبود معنی‌دار بافت محصول نهایی شد.

در تحقیقی که توسط نصیری و همکاران (Nasiri *et al.*, 2012) انجام شده در لایه خمیرآبه ناگت میگو درصدهای مختلفی از آرد سویا و ذرت، جایگزین آرد گندم گردید. نتایج نشان داد که آرد سویا بالاترین ویسکوزیته، بیشترین میزان حفظ رطوبت و کمترین جذب روغن را در طول سرخ کردن نشان می‌دهد و ۵ درصد آرد ذرت اضافه شده به خمیرآبه کمترین ویسکوزیته، کمترین میزان حفظ رطوبت و بالاترین جذب چربی را در میان تمام فرمولاسیون‌ها نشان داد.

ساهین و همکاران (Sahin *et al.*, 2005) اثر خمیرآبه‌های دارای هیدروکلوییدهای مختلف را بر کیفیت ناگت مرغ ارزیابی کردند. آن‌ها از چهار نوع هیدروکلویید زانتان، گوار، صمغ عربی و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) استفاده کردند. نمونه‌ها در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در چهار زمان ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دقیقه سرخ شدند. محققان مشاهده کردند که افزودن زانتان و HPMC کاهش قابل توجهی در میزان جذب روغن دارد و نمونه دارای صمغ عربی بیشترین جذب روغن را نشان داد. زمان سرخ کردن نیز بر کلیه پارامترها به جز حجم توده اثر قابل توجهی داشت.

آلتوناکار و همکاران (Altunakar *et al.*, 2006) اثر پنج هیدروکلویید گوار، صمغ عربی، زانتان، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز را بر ویسکوزیته ظاهری و کیفیت ناگت مرغ بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که HPMC کم‌ترین میزان جذب روغن را دارد و نرم‌ترین بافت ناگت سرخ شده مربوط به زانتان و HPMC بود.

باگداتلی (Bagdatli, 2018) از آرد کینوا (تا ۷/۵ درصد) درکوفته گوشت گاو بعنوان جایگزین آرد سوخاری استفاده کرد و دریافت که محتوای پروتئین افزایش یافته‌است (در مقایسه با گروه شاهد که از پودر سوخاری استفاده می‌کردند) و هیچ تأثیر منفی بر خواص حسی نداشت و آنها را به این نتیجه رساند که این آرد پتانسیل بالایی به‌عنوان یک ماده بدون گلوتن برای این نوع فرآورده‌های گوشتی دارد.

ورما، راجکومار و کومار (Verma *et al.*, 2019) از آرد کینوا (تا ۳ درصد) (به‌عنوان جایگزینی برای آرد گندم تصفیه شده) در ناگت‌های گوشت بز استفاده کردند و دریافتند که خواص رئولوژیکی و بافتی خمیر گوشت تحت تأثیر قرار گرفته است و ترکیب آرد کینوا برای توسعه ناگت‌های گوشت بز با پذیرش بالا و غنی از رژیم غذایی بدون گلوتن امیدوار کننده است.

زامبرانو و همکاران (Zambrano *et al.*, 2019) استفاده از آرد کینوا (تا ۵ درصد) رابرای جایگزینی آرد سویا در مورتادلا، ارزیابی دماها و زمان‌های مختلف پخت برای انطباق فرآیند با شرایط بهینه ژلاتینه شدن آرد کینوا مورد مطالعه قرار داد. دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲/۵ ساعت و جایگزینی ۸۶ درصد از آرد سویا با آرد کینوا، محصولی با کیفیتی قابل مقایسه با یک محصول تجاری به‌دست آورد. این سطح

بالای کینوا تأثیر نامطلوبی بر پذیرش آن توسط مصرف‌کنندگان بالقوه نداشت.

بلخکانلو و همکاران (Sabzi Belekhkanlu *et al*., 2016) از آرد دانه آمارانت (تاج خروس) به‌عنوان جایگزین پروتئین سویا و آرد سوخاری در همبرگر معمولی استفاده کردند. آن‌هانتیجه گرفتند که جایگزینی ۵۰ درصد آرد دانه آمارانت باعث افزایش معنی‌داری در میزان رطوبت، pH و کاهش افت وزنی شد. هم‌چنین بیان کردند افزودن این آرد ضمن حفظ خواص ارگانولپتیک، سبب بهبود کیفیت پروتئین فرآورده می‌گردد.

برگرهای گوشت گاو نیز توسط اوزر و سچن (ÖZER & Secen, 2018) برای افزودن آرد کینوا (تا ۱۰ درصد) (به‌جای پودر سوخاری) انتخاب شدند. این نویسندگان پیشرفت‌های مشابهی را در کیفیت برگر و خواص پخت گزارش کردند، اما همچنین دریافتند که آرد کینوا از اکسیداسیون لیپیدها در طول ذخیره‌سازی منجمد در همبرگرهای خام و پخته جلوگیری می‌کند.

هدف از این تحقیق ارزیابی کاربرد آرد مخلوط کینوا- ذرت (با نسبت‌های ۱۰۰-۰، ۵۰-۵۰، ۰-۱۰۰ درصد) در تهیه خمیرآبه ناگت به عنوان ترکیبی فاقد گلوتن و جایگزین آرد گندم و هم‌چنین بررسی اثر افزودن سطوح مختلف هیدروکلوئید هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (۱/۵-۱-۰/۵ درصد) بر ویژگی نهایی فرآورده بود. پس از تهیه ناگت‌ها، آن‌ها را سرخ کرده و آزمون‌های رطوبت، روغن، رنگ، سفتی بافت و میزان جذب خمیرآبه روی نمونه‌ها انجام گرفت، سپس باتوجه به نتایج نمونه بهینه تعیین گردید.

با توجه به بررسی منابع انجام شده، تاکنون هیچ پژوهش مدونی درخصوص استفاده از آرد کینوا، بصورت تک یا مخلوط، در تهیه ناگت مرغ بدون گلوتن مناسب برای بیماران سلیاکی صورت نگرفته است. نوآوری این پژوهش، شامل استفاده از مخلوط آرد کینوا، حذف کامل آرد گندم (در اکثر مقالات درصدی از آرد گندم جایگزین شده) و استفاده از هیدروکلوئید همزمان با جایگزینی آرد جهت توسعه ویژگی‌های تکنولوژیکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد اولیه

آرد ذرت کامل از پایلوت دانشگاه فردوسی مشهد خریداری شد. کینوا سفید ساپونین‌زدایی شده از کاشمر تهیه و توسط آسیاب معمولی و آسیاب سایشی، خرد و یکنواخت گردید. به‌منظور یکنواختی بیشتر دانه‌ها، هر دو آرد با استفاده از مش ۳۰ الک شدند. هیدروکلوئید هیدروکسی پروپیل متیل سلولز نیز از کیان‌شیمی مشهد تهیه شد. برای سرخ کردن نمونه‌ها از روغن سرخ کردنی ویژه اویلا استفاده شد.

تهیه ناگت

به‌منظور تولید ناگت، ابتدا مرغ منجمد به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. گوشت مرغ پس از جداسازی از استخوان با چرخ گوشت، خرد شده و سایر ترکیبات به آن اضافه شد. فرمولاسیون ناگت مرغ مخلوطی از ۸۶ درصد گوشت مرغ چرخ شده، ۱۰ درصد پیاز، ۱/۵ درصد پودر سیر، ۱ درصد نمک و ۱/۵ درصد فلفل بود. این مواد پس از اختلاط کامل تا رسیدن به یک مخلوط همگن و یکنواخت در کیسه فریزر ریخته شد و تا رسیدن به ضخامت ۱ سانتی‌متر نازک گردید. به‌منظور سهولت در عمل برش زدن، پلاستیک‌های حاوی خمیر ناگت به مدت ۲ ساعت در فریزر نگهداری شد. سپس قالب‌زنی با قالب دایره‌ای شکل به قطر ۴ سانتی‌متر انجام شد (Altunakar *et al*., 2006).

فرمولاسیون خمیرآبه شامل آرد، آب، بیکینگ پودر، نمک و هیدروکلوئید بود. به‌منظور بررسی اثرآردهای کینوا و ذرت، و هیدروکلوئید، این مواد در درصدهای متفاوت به خمیرآبه ناگت افزوده شده (نسبت کینوا- ذرت: ۱۰۰-۰، ۵۰-۵۰، ۰-۱۰۰ و هیدروکلوئید در سطح ۱/۵-۱-۰/۵ درصد) و سپس با آب توسط همزن به مدت ۱ دقیقه مخلوط شدند. نمونه‌های قالب زده شده هر یک ابتدا آردزنی شده و سپس به‌مدت ۶۰ ثانیه در خمیرآبه غوطه‌ور گردید و به‌منظور حذف مواد اضافی به مدت ۳۰ ثانیه به حالت عمودی نگه داشته شدند (مرحله چکانیدن). در انتها عملیات سرخ کردن عمیق در سرخ‌کن، با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳/۵ دقیقه انجام گرفت. نمونه‌های سرخ شده از سبد خارج و توسط کاغذ جاذب، روغن اضافی سطح ناگت‌ها گرفته شد (Altunakar *et al*., 2006). روغن، هرروز، پس از دو مرتبه سرخ کردن تعویض شد. بعد از خنک شدن نمونه‌ها در دمای اتاق، آزمون‌ها انجام‌گرفت.

روش آزمون

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مواد اولیه

میزان رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر آرد گندم، آرد ذرت و آرد کینوا اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000).

میزان رطوبت

میزان رطوبت ناگت سرخ شده مطابق AOAC (2000) توسط آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت انجام شد.

میزان روغن

مقدار روغن ناگت پس از سرخ شدن با استفاده از استاندارد AOAC (2000) توسط دستگاه سوکسله انجام شد.

ارزیابی سفتی بافت ناگت مرغ (تست نفوذ)

سفتی عبارت است از حداکثر نیروی لازم برای فشردن نمونه. برای ارزیابی سفتی بافت ناگت مرغ سرخ شده توسط دستگاه بافت‌سنج TA Plus از هر تیمار ۲ نمونه به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب شد. پروب استوانه‌ای با قطر ۶ میلی‌متر و با سرعت ۱۰ میلی‌متر در دقیقه به ۳۰ درصد از ناگت مرغ سرخ شده نفوذ کرد. تمام اندازه گیری‌ها برای سه بار انجام شد. به‌محض رسیدن پروب به عمق موردنظر، پروب از نمونه خارج و نمودار نیرو برای نفوذ پروب در فرآورده رسم گردید (Chayawat & Rumpagaporn, 2020).

اندازه‌گیری میزان جذب خمیرآبه (batter pick up)

میزان چسبندگی خمیرآبه به نمونه طی غوطه‌وری در پوشش قبل از سرخ کردن و توسط تعیین وزن پوشش جذب شده توسط یک ناگت (کاهش وزن سوسپانسیون خمیرآبه پس از پوشش یک تکه مرغ و ۳۰ ثانیه چکه کردن) به وزن ناگت بدون پوشش، محاسبه گردید (Altunakar *et al.*, 2006).

رنگ ناگت مرغ

رنگ سطح نمونه ناگت با استفاده از دستگاه هانترلب اندازه‌گیری شد (Tamsen *et al.*, 2018). در این آزمون مقادیر L*، a* و b* تعیین گردید. مقادیر L* که بین صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است، شاخص روشنی، مقادیر مثبت a* شاخص قرمزی و مقادیر منفی آن شاخص سبزی محصول می‌باشد. همچنین مقادیر مثبت b* شاخص زردی و مقادیر منفی آن شاخص میزان آبی بودن محصول است.

پراکسید

اندازه‌گیری پراکسید نمونه بهینه طبق روش دکر (Shanthaand Decker, 1994) انجام شد.

پذیرش کلی

برای ارزیابی حسی نمونه‌های ناگت از ۱۰ ارزیاب استفاده شد. بدین منظور نمونه‌بهینه ناگت و نمونه شاهد (نمونه تهیه شده از آرد گندم، مشابه نمونه‌های تجاری) پس از پخت، در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفت. ارزیاب‌ها از بین دانشجویان انتخاب شدند. پس از کدگذاری نمونه‌ها در اختیار هر ارزیاب قرار گرفته و از آن‌ها خواسته شد که نظر خود را در مورد پذیرش کلی (شامل پارامترهای رنگ، ظاهر، عطروطعم و بافت با ضریب اهمیت یکسان) بر اساس مقیاس‌های توصیفی هدونیک پنج نقطه‌ای بیان کنند (۱= خیلی بد، ۵= خیلی خوب).

طرح آماری و روش آنالیزداده‌ها

در این پژوهش طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر به‌منظور بررسی تأثیر ۲ متغیر مستقل شامل نسبت‌های مختلف آرد کینوا-ذرت (۱۰۰-۰، ۵۰-۵۰، ۰-۱۰۰ درصد) و هیدروکلویید (۱/۵-۱-۰/۵ درصد)، بر ویژگی‌های کیفی ناگت مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). در نهایت مدل‌های مختلفی بر داده‌های حاصل از آزمایش‌ها برازش داده شده و بهترین مدل با توجه به نتایج آنالیز واریانس انتخاب گردید. از نرم افزار Design Expert 10.0.7 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی ترکیبات شیمیایی مواد اولیه در جدول ۲ آورده شده است:

نتایج آنالیز واریانس برای تمامی آزمون‌ها در جدول ۳ و ۴ قابل مشاهده می‌باشد.

اثر کینوا و HPMC بر محتوای رطوبت ناگت

شکل ۱ نشان می‌دهد افزایش درصد کینوا در فرمولاسیون خمیرآبه، سبب افزایش میزان رطوبت ناگت شد. این نتایج مربوط به محتوای پروتئین و فیبر آرد کینوا، انعقاد پروتئین‌ها و توانایی فیبرها در نگهداری آب است. هم‌چنین، ژلاتینه شدن نشاسته در ساختار آرد نیز عامل مهمی در این نتایج است.

جدول ۱- سطوح متغیرهای مستقل

Table 1- Levels of independent variables

Independent variables متغیرهای مستقل	Code کد	Sample level سطح نمونه ها		
		+1	0	-1
کینوا-ذرت Quinoa-Corn (w/w)	A	0-100	50-50	0-100
HPMC	B	1.5	1	0.5

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی آرد کینوا، ذرت و گندم

Table 2- Chemical compounds of quinoa flour, corn and wheat

Title عنوان	Moisture % رطوبت	Fat % چربی	Protein % پروتئین	Ash % خاکستر	Fiber % فیبر
Quinoa کینوا	6.522	5.768	17.142	2.651	13.1
Corn ذرت	9.821	5.135	7	1.465	4.4
Wheat گندم نول	10.248	1.218	9.4	0.529	1.2

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ برای آزمون‌ها

Table 3- Results of analysis of variance of response surface methodology for experiments

Source منبع	Sum ofSquares مجموع میانگین	Df درجه آزادی	MeanSquare میانگین مربعات	F Value احتمالF	p-value احتمالP
محتوای رطوبت(Moisture content)					
مدل (Model)	8.203E-004	5	1.641E-004	10.13	<0.0042
A	2.40E-004	1	2.407E-004	14.86	<0.0063
B	2.282E-004	1	2.282E-004	14.09	<0.0071
A^2	2.667E-004	1	2.667E-004	16.47	<0.0048
B^2	2.077E-004	1	2.077E-004	12.82	
ضعف برازش (Lack of Fit)	5.058E-005	3	1.686E-005	1.07	0.4545^{ns}
خطای خالص (Pure Error)	6.280E-005	4	1.570E-005		
میزان روغن(Oil content)					
مدل (Model)	0.56	6	0.094	73.08	<0.0001
A	0.047	1	0.047	36.64	<0.0001
B	0.043	1	0.043	33.79	<0.0001
AB	0.22	1	0.022	174.83	<0.0001
ضعف برازش (Lack of Fit)	0.011	8	1.347E-003		4347^{ns}.0
خطای خالص (Pure Error)	5.670E-003	5	1.134E-003		
سفتیبافت(Hardness)					
مدل (Model)	28.23	2	14.11	71.10	<0.0001
A	21.74	1	21.74	109.50	<0.0001
B	6.49	1	6.49	32.69	<0.0002
ضعف برازش (Lack of Fit)	0.89	6	0.15	0.54	0.7600^{ns}
خطای خالص (Pure Error)	1.09	4	0.27		
جذب خمیرآبه (Batter pick up)					
مدل (Model)	10792.93	5	2158.59	181.21	<0.0001
A	5520.67	1	5520.67	463.46	<0.0001
B	3952.67	1	3952.67	331.83	<0.0001
AB	72.25	1	72.25	6.07	<0.0001
A^2	1015.22	1	1015.22	85.23	<0.0001
ضعف برازش (Lack of Fit)	46.18	3	15.39	1.66	0.3120^{ns}
خطای خالص (Pure Error)	37.20	4	9.30		

ns به معنی عدم معنی‌داری است.

ns means not significant.

جدول ٤- نتایج آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ برای شاخص‌های *L، *a و *b

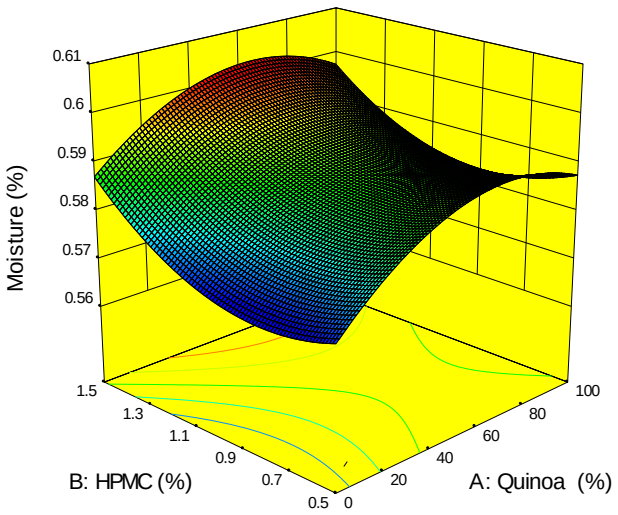
Table 4- Results of analysis of variance ofof response surface methodology for L *, a * and b *

Source منبع	p-value (L*) احتمال P (L*)	p-value (a*) احتمال P (a*)	p-value (b*) احتمال P(b*)
مدل Model	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A	<0.0001	<0.0001	<0.0001
B	0.0280	<0.0001	0.0008
AB		0.0022	0.0015
A^2	<0.0001	<0.0001	0.0015
B^2		0.0422	
ضعف برازش Lack of Fit	0.7607 ns	0.0672ns	0.0590ns

ns به معنی عدم معنی‌داری است.

ns means not significant.

علاوه بر این، در بسیاری از مطالعات تأکید شده است که حفظ رطوبت در نمونه‌های تهیه شده با آرد غلات و حبوبات مشهود است و این به دلیل ساختار قوی ناشی از برهمکنش پروتئین-پروتئین و ساختار قوی ایجاد شده توسط نشاسته ژلاتینه شده‌است (Alakali *et al.*, 2010). بلخکانلو و همکاران (Sabzi Belekhkanlu *et al.*, 2016) گزارش کردند که جایگزینی آرد دانه آمارانت در فرمولاسیون همبرگر موجب افزایش درصد رطوبت شد. علت افزایش رطوبت را می‌توان به میزان جذب بیشتر آب توسط نشاسته و فیبر آرد دانه آمارانت موجود در فرمولاسیون همبرگر نسبت داد. علاوه بر این گاملو همکاران (Gamel *et al.*, 2006) آرد آمارانت را به‌عنوان یک عامل اتصال دهنده و جاذب آب در محصولات گوشتی گزارش نموده‌اند. همچنین سانزو همکاران (Sanz-Penella *et al.*, 2013) میزان فیبرهای نامحلول بیشتر در آرد دانه آمارانت و نیز بزرگ بودن اندازه ذرات نشاسته دانه آمارانت و جذب بیشتر آب توسط فیبرهای نامحلول و نشاسته آمارانت را عامل افزایش درصد رطوبت گزارش دادند. شکری (Shokry, 2016) از آرد کینوا (تا ۱۵درصد) (به‌عنوان جایگزین آرد سویا) در همبرگرهای گوشت گاو استفاده کرد، این محقق گزارش کرد که آرد کینوا رطوبت و محتوای چربی را در همبرگرهای خام و پخته بهبود بخشید.



شکل ۱- تأثیرات کینوا و HPMC بر محتوای رطوبت

Fig. 1. Effects of quinoa and HPMC on moisture content

با افزایش درصد HPMC نیز محتوای رطوبت ناگت‌ها افزایش یافت. HPMC مقادیر ویسکوزیته خمیرآبه را افزایش می‌دهد و همچنین باعث افزایش ثبات پخت می‌شود، چسبندگی خمیرآبه را روی سطوح غذا تسهیل می‌کند و در نتیجه کیفیت کلی محصول سرخ شده

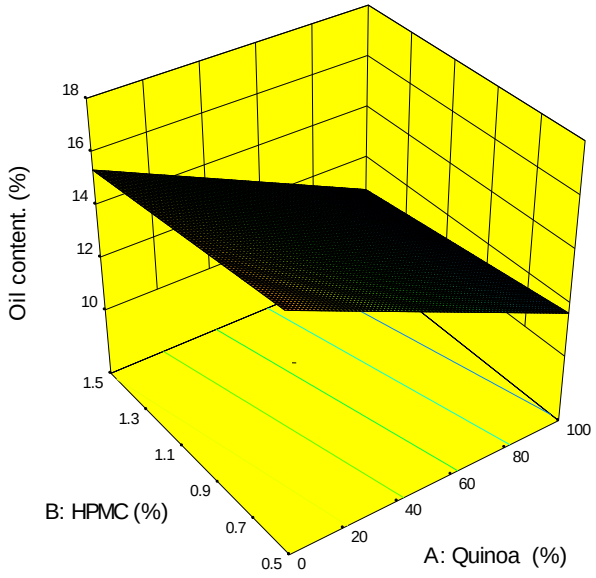
را بهبود می‌دهد (Naruenartwongsakul *et al.*, 2008). از آنجا که ژل HPMC خاصیت ویسکوز و چسبناکی را ارائه می‌دهد، می‌تواند اتصال بین خمیرآبه و مواد غذایی را افزایش دهد (Sanz *et al.*, 2004). HPMC بدلیل داشتن خواص تشکیل فیلم و قابلیت ژل شدن حرارتی به‌عنوان یک مانع در برابر از دست‌دادن رطوبت عمل می‌کند و مولکول‌های تبخیر شده را حفظ می‌کند (Sahin *et al.*, 2005). چن و همکاران (Chen *et al.*, 2008) از هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) به‌منظور بهبود تردی پوسته ناگت ماهی استفاده کردند. نتایج نشان داد که تردی پوسته در محصولات خمیری و سوخاری ارتباط نزدیکی با میزان آب باقیمانده پس از سرخ کردن دارد و HPMC مانند یک سد عمل کرده و سبب حفظ رطوبت، کاهش جذب روغن و بهبود تردی پوسته ناگت ماهی می‌شود. نتایج این آزمون با نتایج (Sahin *et al.*, 2005) نیز که تأثیر خمیرآبه دارای انواع صمغ را بر کیفیت ناگت مرغ بررسی کردند، تطابق داشت.

کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2015) پس از استفاده از HPMC در ناگت سویا بدون گلوتن گزارش کردند که میزان رطوبت خمیر گندم پس از سرخ کردن حدود ۹ درصد کاهش یافت، اما افزودن HPMC به خمیرهای سویا، رطوبت را تنها ۴-۳ درصد پس از سرخ کردن کاهش داد. HPMC به دلیل خواص ژل‌سازی در دمای بالا و همچنین ظرفیت بالای نگهداری آب، عنصر کلیدی برای طراحی لایه‌های مانع است (Hamdy & White, 1969).

اثر کینوا و HPMC بر محتوای روغن

نتایج نشان داد با افزایش کینوا، میزان روغن روند کاهشی داشت (شکل ۲). حذف رطوبت و جذب روغن دو فرآیند اصلی انتقال جرم طی سرخ کردن عمیق مواد غذایی محسوب می‌شوند (Ngadi *et al.*, 2001). دمای بالای روغن منجر به تبخیر بخشی از آب موجود در ماده غذایی می‌شود که از ماده غذایی به سمت روغن اطراف حرکت می‌کند و مقدار مشخصی روغن نیز توسط ماده غذایی جذب می‌گردد (Moyano *et al.*, 2006) علاوه بر این، پریمو-مارتین و همکاران (Primo-Martin *et al.*, 2010) دریافتند که مکانیسم‌های دیگر، به غیر از جایگزینی آب، مسئول پدیده جذب روغن هستند. جذب روغن یک پدیده سطحی است و جذب و توزیع آن توسط ریزساختار پوسته نیز تعیین می‌شود (Dana & Saguy, 2006). بنابراین با توجه به میزان فیبر و پروتئین بالای کینوا که سبب حفظ بیشتر رطوبت شد، روغن کمتری نیز جذب شد و درنتیجه با افزایش کینوا محتوای روغن ناگت‌ها کاهش یافت. دناتوراسیون حرارتی پروتئین‌ها در حین سرخ کردن سدی ایجاد می‌کند که جذب روغن را به تأخیر می‌اندازد (Kim *et al.*, 2015). از آرد کینوا (تا ۱۰ درصد) به‌عنوان جایگزین جزئی چربی در همبرگرهای گوشت گاو استفاده و گزارش شد که بدون اثر منفی بر ارزیابی حسی منجر به تولید همبرگرهای سالم‌تر (کم چربی‌تر و محتوای پروتئین و فیبر بیشتر) می‌شود (Baioumy *et al.*, 2021). پنا و همکاران (Pena *et al.*, 2015) نیز از آرد کینوا به‌عنوان جایگزین جزئی چربی در سوسیس‌های پخته شده استفاده کردند. آنها چندین ترکیب را با آرد کینوا و چربی گوشت خوک امتحان کردند و دریافتند که بهترین نتایج با استفاده از ۵ درصد کینوا + ۸ درصد چربی پشتی خوک (۶۸ درصد کاهش چربی) به‌دست آمد.

افزایش HPMC نیز سبب کاهش میزان روغن ناگت شد. افزودن HPMC می‌تواند خواص سد طبیعی پروتئین را از طریق تشکیل فیلم در دمای بالاتر از دمای ژل شدن اولیه آنها تسهیل کند (Mellema, 2003). به این معنا که استفاده از صمغ یا مشتقات سلولز در فرمولاسیون با تشکیل یک لایه مانع روغن بر روی سطح محصول به طور فیزیکی از مهاجرت روغن به پوسته جلوگیری می‌کند، بنابراین جذب روغن در طول سرخ کردن کاهش می‌یابد (Shih *et al.*, 2005). بعبارت دیگر سطوح هیدروفوبی بواسطه هیدروکلویید افزایش می‌یابد. التوناکار و همکاران (Altunakar *et al.*, 2006) اثر هیدروکلویدهای مختلف را بر کیفیت ناگت مرغ بررسی کردند و گزارش کردند ناگت حاوی HPMC کمترین محتوای چربی را داشت. در پژوهشی اثر HPMC بر جذب روغن و بافت دونات سویای بدون گلوتن بررسی شد. نتایج نشان داد که در طی فرآیند سرخ کردن، دونات شاهد گندم دارای بالاترین میزان چربی (۳۵/۰۱ گرم چربی / ۱۰۰ گرم دونات) بود. همه دونات‌های سویا ۲۸-۱۶ درصد چربی کمتری نسبت به گندم داشتند (Kim *et al.*, 2015) که با مطالعه دیگری توسط محمد و همکاران مطابقت دارد (Mohamed *et al.*, 1995). اساساً مکانیسم‌هایی که تشکیل لایه‌های مانع روغن را امکان‌پذیر می‌کنند یا ظرفیت نگهداری آب را افزایش می‌دهند، ممکن است جذب روغن را کاهش دهند (Dana & Saguy, 2006).



شکل ۲- تأثیرات کینوا و HPMC بر میزان روغن
Fig. 2. Effects of quinoa and HPMC on oil content

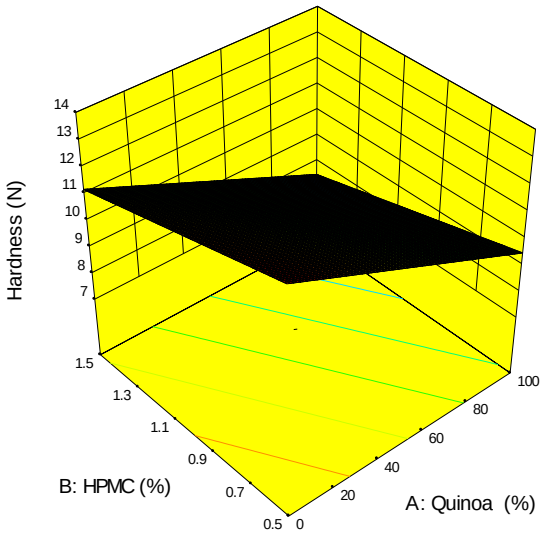
اثر کینوا و HPMC بر سفتی بافت

بافت غذا یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده کیفیت غذا است، در حالیکه مورد قبول بودنیک محصول با ترکیب و خواص رئولوژیکی آن تعیین می‌شود (Boren & Waniska, 1992). اطلاعات مربوط به رئولوژی، عملکرد و ترکیب مواد تشکیل دهنده برای توسعه فرمولاسیون مواد غذایی از جمله محصولات گوشتی مهم است. این پارامترها به کنترل کیفیت، کنترل فرآیند وطراحی تجهیزات پردازش کمک می‌کند (Ofoli *et al.*, 1987).

نتایج آزمون سفتی (سختی) بافت نشان داد که با افزایش سطح کینوا، سفتی کاهش پیدا کرد (شکل ۳). تامسن و همکاران (Tamsen *et al.*, 2018) بیان کردند که حضور تاج خروس در خمیرآبه ناگت می‌تواند محصولی با رطوبت بیشتر تولید کند که این امر سبب آبدار بودن بیشتر و نرمی بافت محصول نهایی می‌شود. بهمنیار و همکاران (Bahmanyar *et al.*, 2021) گزارش کردند که بالا بودن سطح پروتئین در نمونه منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب و جذب بیشتر روغن طی فرآیند پخت می‌شود و درنهایت سفتی بافت همبرگر را کاهش می‌دهد. اکوتیو همکاران (Akwetey & Knipe, 2012) به مطالعه بررسی ویژگی‌های حسی و بافتی همبرگر حاوی Gari (که از فرآوری ریشه کازاوا به‌دست می‌آید و بیشتر در کشورهای غربی آفریقا کشت می‌شود) پرداخته و گزارش کردند که در نمونه‌های حاوی Gari کمترین میزان سفتی، انسجام، کشسانی، صمغی بودن و قابلیت جویدن مشاهده شد که می‌تواند به‌دلیل افزایش جذب رطوبت و ظرفیت نگهداری آب با افزایش درصد Gari باشد که درنتیجه سبب کاهش سفتی نمونه‌ها شد. افزایش HPMC نیز سبب کاهش سفتی شد. کیم و همکاران (Kim *et al.*, 2015) بیان کردند که افزودن HPMC در دونات سویا منجر به کاهش قابل توجهی در مقدار سفتی آن شد. نتایج مشابهی با افزودن HPMC در غذاها قبلاً گزارش شده است (Sabanis & Tzia, 2011; Shin *et al.*, 2013). مقادیر سفتی پایین‌تر می‌تواند مربوط به ظرفیت بالای اتصال آب HPMC باشد که منجر به رطوبت بالای محصول می‌شود (Sabanis & Tzia, 2011).

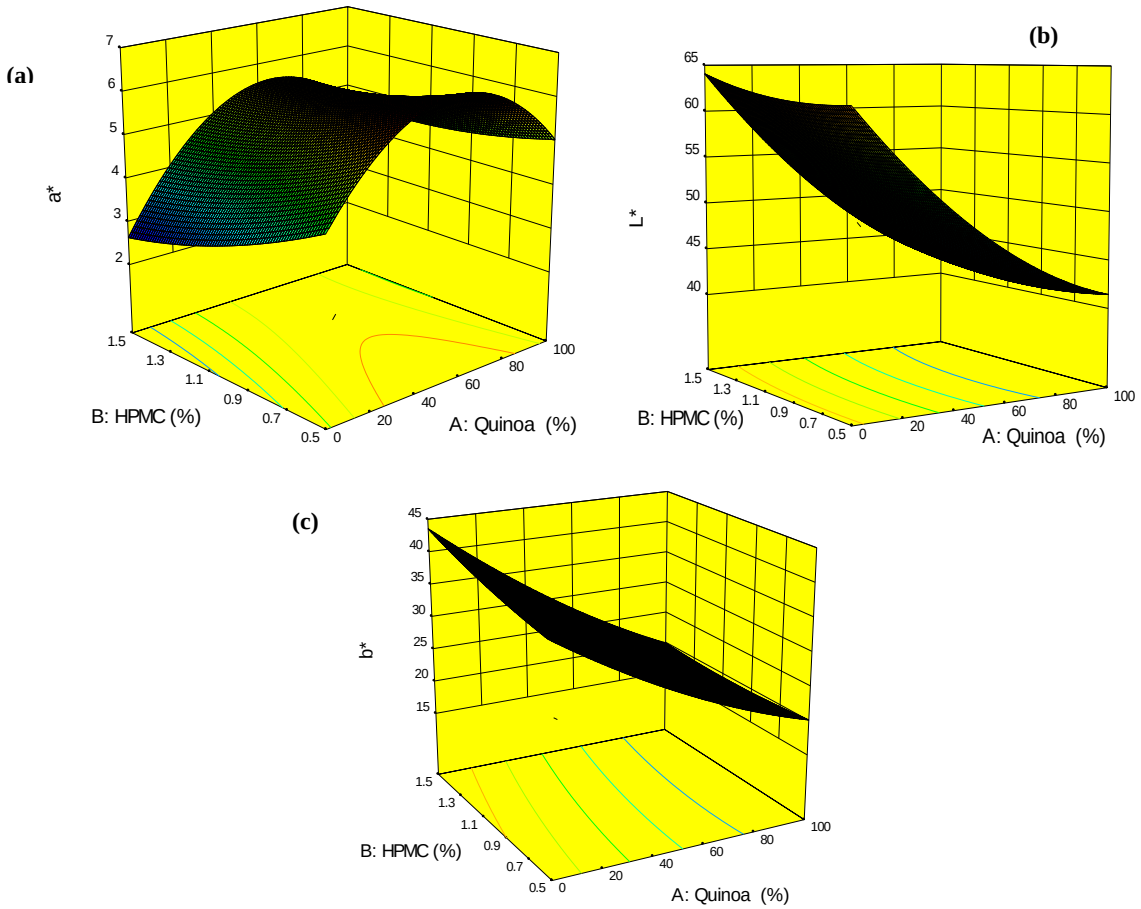
تأثیر متغیرهای مستقل بر رنگ

در شکل ۴، اثر متغیرهای مستقل بر رنگ مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش سطح کینوا شاخص L* که مربوط به میزان روشنایی نمونه است، کاهش یافته است. هم‌چنین افزایش سطح HPMC سبب افزایش روشنایی نمونه شده است. شاخص a* که بیانگر قرمزی نمونه است، با افزایش کینوا، بطور کلی افزایش یافت. افزایش سطح HPMC سبب افزایش جزئی a* شد که این اثر معنی‌دار نبود. شاخص b* که نشان‌دهنده زردی نمونه است، با افزایش HPMC، کاهش یافت. کینوا اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشت. رنگ یکی از شاخص‌های مهم کیفیت در محصولات سرخ شده می‌باشد. تغییر رنگ میزان واکنش‌های قهوه‌ای شدن مانند واکنش میلارد، کاراملیزه شده و درجه پخت و احتمالاً تخریب رنگ‌دانه که در طول عملیات حرارتی انفاق می‌افتد، را نشان می‌دهد (Danbaba *et al.*, 2019).



شکل ۳- تأثیرات کینوا و HPMC بر سختی

Fig. 3. Effects of quinoa and HPMC on hardness



شکل ٤- تأثیرات کینوا و HPMC بر شاخص L* (الف)، a* (ب) و b* (ج)

Fig. 4. Effects of quinoa and HPMC on L * (a), a * (b) and b * (c)

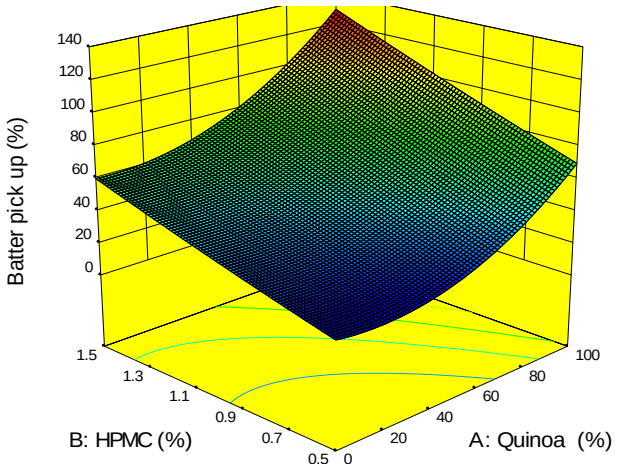
اسیدآمینه لایزین و سایر آمینواسیدهایی که در ماده اولیه وجود دارند ممکن است با قندهای احیاکننده واکنش دهند و با وقوع واکنش میلارد سبب تیره‌تر شدن رنگ محصولات شوند (Hagenimana *et al.*, 2006). کالتر ولورنز (Coulter & Lorenz, 1991) دریافتند که به دلیل تیره بودن کینوا نسبت به ذرت می‌توان انتظار داشت که زمانی که کینوا به مخلوط اضافه می‌گردد محصول تیره‌تر شده و شاخص روشنایی آن کاهش یابد. در تحقیقی که توسط بهمنیار و همکاران (Bahmanyar *et al.*, 2021) صورت گرفت، مشاهده شد در نمونه‌های همبرگر پخته‌شده میزان a* نمونه‌ها افزایش و L*, b* نمونه‌ها کاهش یافت.

ورما و همکاران (Verma *et al.*, 2019) اثر کینوا و تاج خروس را بر ناگت گوشت بز بررسی کردند و دریافتند میزان قرمزی تیمار QI (۱/۵ درصد کینوا) به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار QII (۳ درصد کینوا) بود. میزان قرمزی تحت تأثیر محتوای میوگلوبین گوشت و همچنین مواد غیر گوشتی است .تغییرات مشاهده شده در مقدار قرمزی ممکن است به آرد آمارانت و کینوا اضافه شده نسبت داده شود، زیرا مقدار محتوا و فرمولاسیون گوشت/میوگلوبین در تیمارها ثابت بود.

تأثیر متغیرهای مستقل بر جذب خمیرآبه

جذب خمیرآبه یک شاخص مهم در صنایع غذایی است، زیرا می‌تواند بر کیفیت نهایی غذا و بازده فرآیند تأثیر بگذارد (Hsia *et al.*, 1992). جذب پوشش، ظرفیت نگهداری آب و جذب روغن به‌طور مستقیم با ویسکوزیته خمیرآبه مرتبط است (Taşbaş *et al.*, 2016). قبلاً نیز گزارش شده بود که با افزایش ویسکوزیته، خمیر بیشتری روی نمونه باقی می‌ماند (Nasiri *et al.*, 2012). این امر را می‌توان به توانایی گلوتن گندم در جذب آب و ساختمان ویسکوزیته نسبت داد که منجر به کاهش آب آزاد در سیستم خمیر می‌شود. دوگان و همکاران (Dogan *et al.*, 2005) گزارش کردند که توسعه ویسکوزیته اجزای خشک به توانایی اتصال آب در فرمولاسیون خمیرآبه مربوط می‌شود. تاسباس و همکاران (Taşbaş *et al.*, 2016) بیان کردند که استفاده از پروتئین آب پنیر در فرمولاسیون باعث افزایش قابل توجه ($p<0.05$) در جذب پوشش در مقایسه با آرد گندم بدون گلوتن شد. پروتئین‌های موجود در خمیرآبه ساختار و قوام خمیرآبه‌های خام را افزایش می‌دهند و این با افزایش ویسکوزیته، مقادیر جذب پوشش و بازده نهایی در محصولات سرخ شده منعکس می‌شود (Fiszman & Salvador, 2003; Nasiri *et al.*, 2012). با توجه به تمامی این مطالب، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش پروتئین در فرمولاسیون خمیرآبه سبب افزایش میزان جذب خمیرآبه می‌شود. مطابق انتظار با افزایش درصد کینوا، جذب خمیرآبه نیز افزایش یافت.

افزایش سطوح HPMC نیز سبب افزایش جذب خمیرآبه شد (شکل ۵). التوناکار و همکاران (Altunakar *et al.*, 2006) گزارش کردند که جذب پوشش همبستگی زیادی با قوام خمیرآبه دارد. زمانی که پروتئین‌های مختلف (Dogan *et al.*, 2005a) یا آردهای مختلف (Dogan *et al.*, 2005b) به فرمول خمیرآبه اضافه شد، جذب پوشش مستقیماً با ویسکوزیته خمیر متناسب بود. مطالعات قبلی گزارش کرده‌اند که افزودن متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ، نشاسته اصلاح شده و پروتئین در سیستم‌های خمیری به‌طور موفقیت‌آمیزی باعث کاهش جذب روغن و افزایش جذب خمیرآبه در محصولات سرخ شده پوشش‌دار مانند قطعات مرغ، ماهی، سبزیجات، پنیر و محصولات غلات شده است (Fiszman & Salvador 2003; Akdeniz *et al.*, 2006).



شکل ۵- تأثیرات کینوا و HPMC بر جذب خمیرآبه

Fig. 5. Effects of quinoa and HPMC on batter pick up

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های نمونه شاهد و نمونه بهینه

Table 5- Comparison of control sample and optimal sampleaverages

تیمار Treatment	رطوبت Moisture	روغن Oil	جذب خمیرآبه Batter pick up	پراکسید Proxide	L*	a*	b*	پذیرش کلی Overall acceptance
Optimal بهینه	0.605[a]	10.78[a]	25[b]	10.4[a]	47[b]/43	95[a]/6	25.60[a]	4/2[a]
Control شاهد	0.495[b]	9.65[b]	55[a]	10.7[a]	15[a]/64	26[b]/0	24.86[a]	3/2[b]

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است ($p<0/05$).

Different letters in each column indicate a significant difference ($p<0.05$)

بهینه‌یابی

شرایط عملیاتی بهینه با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی عددی[1] جستجو شد. این بهینه‌سازی به‌منظور رسیدن به محصولی با ویژگی‌های مطلوب برای کاربرد در فراورده غذایی می‌باشد که پس از انجام تمامی آزمون‌ها و با توجه به نتایج، فرمولاسیون نمونه بهینه توسط نرم‌افزار تعیین گردید. با توجه به فرمولاسیون تعیین شده، نمونه بهینه تولید شد و آزمون‌های ذکر شده در جدول ۵ روی آن انجام شد. ویژگی‌هایی که در شرایط بهینه مورد توجه قرارگرفت، شامل بیشینه محتوای رطوبت، کمینه میزان روغن و سفتی بافت بودند. نمونه بهینه شامل ۹۰ درصد آرد کینوا و ۱/۱ درصد HPMC تحت این شرایط تولید شده و مورد آزمون قرار گرفت و نتایج آزمون‌های آن با نمونه شاهد که با آرد گندم نول تولید شده بود، توسط نرم‌افزار Minitab 16 به روش ANOVA1-Tukey مقایسه گردید. نتایج در جدول ۵ آورده شده است.

نتایج نشان داد که رطوبت نمونه بهینه و نمونه شاهد، تفاوت معنی دار داشتند (بدلیل محتوای پایین رطوبت آرد گندم)، اما نمونه بهینه به علت بالا بودن میزان چربی کینوا نسبت به گندم (جدول ۲) روغن بیشتری داشت. جذب خمیرآبه در نمونه شاهد بیشتر از نمونه بهینه بود. نمونه شاهد بیشترین میزان روشنایی را داشت. از نظر شاخص قرمزی نمونه بهینه با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشت، اما در شاخص زردی تفاوتی نداشتند. در میزان پراکسید نیز دو نمونه با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند. بطور کلی در ارزیابی حسی نمونه بهینه پذیرش بیشتری توسط مصرف‌کنندگان داشت و تفاوتش با نمونه شاهد معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری

بیماری سلیاک در جهان روند رو به افزایشی را نشان می‌دهد. امروزه تنها راه حل برای این بیماری، رژیم سخت و دائمی بدون گلوتن است. علاوه بر این، نه تنها بیماران سلیاک، بلکه کسانی که مایل به مصرف محصولات بدون گلوتن هستند نیز این رژیم را ترجیح می‌دهند. با توجه به تنوع کم محصولات گوشتی بدون گلوتن در بازار، توسعه استراتژی‌های جدید در این فراورده‌ها برای مصرف‌کنندگان با حساسیت به گلوتن برای افزایش مصرف این محصولات در رژیم غذایی این افراد مهم است. در این پژوهش از آرد کینوا و ذرت به‌عنوان جایگزین آرد گندم در ناگت مرغ استفاده شد. هم‌چنین هیدروکلوئید HPMC با هدف بهبود کیفیت و خواص رئولوژیکی فرآورده در سه سطح بکار گرفته شد. نتایج نشان داد با افزایش کینوا، رطوبت، جذب خمیرآبه و میزان قرمزی (a*) افزایش و میزان روغن، سفتی بافت، میزان روشنایی (L*) و میزان زردی (b*) کاهش یافت. افزایش HPMC نیز سبب افزایش محتوای رطوبت، میزان روشنایی (L*) و جذب خمیرآبه و کاهش میزان روغن و سفتی بافت شد. میزان پراکسید نمونه بهینه و نمونه شاهد با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت و از نظر پذیرش کلی، نمونه بهینه امتیاز بالاتری نسبت به نمونه شاهد گرفت. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که افزودن کینوا و HPMC سبب تولید فرآورده‌ای با کیفیت مانند رطوبت زیاد و محتوای روغن کم (ویژگی‌های مهم در محصولات سرخ کردنی) و دارای پذیرش بالا برای مصرف‌کنندگان می‌شود.

1- Numerical optimization

References

1. Akdeniz, N., Sahin, S., & Sumnu, G. (2006). Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, *75*(4), 522-526. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.035
2. Akwetey, W.Y., & Knipe, C.L. (2012). Sensory attributes and texture profile of beef burgers with gari. *Meat Science*, *92*(4), 745-748. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.06.032
3. Alakali, J.S., Irtwange, S.V., & Mzer, M.T. (2010). Quality evaluation of beef patties formulated with bambara groundnut (*Vigna subterranean* L.) seed flour. *Meat Science*, *85*(2), 215-223. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.12.027
4. Altunakar, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2004). Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets. *European Food Research and Technology*, *218*(4), 318-322. https://doi.org/10.1007/s00217-003-0854-5
5. Altunakar, B., Sahin, S., & Sumnu, G. (2006). Effects of hydrocolloids on apparent viscosity of batters and quality of chicken nuggets. *Chemical Engineering Communications*, *193*(6), 675-682. https://doi.org/10.1080/00986440500194069
6. Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M.W., Hamar, A., Khajehei, F., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the "Golden Grain" and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, *9*(2), 216. https://doi.org/10.3390/foods9020216
7. AOAC, (2000). Official Methods of Analysis *"Association of Official Analytical Chemists*, Washington, DC".
8. Bagdatli, A. (2018). The influence of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour on the physicochemical, textural and sensorial properties of beef meatball. *Italian Journal of Food Science*, *30*, 280-288. https://doi.org/10.14674/IJFS-945
9. Bahmanyar, F., Hosseini, S. M., Mirmoghtadaie, L., & Shojaee-Aliabadi, S. (2021). Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. *Meat Science*, *172*, 108305. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108305
10. Baioumy, A. A., Bobreneva, I. V., Tvorogova, A. A., & Abedelmaksoud, T. G. (2021). Effect of quinoa seed and tiger nut mixture on quality characteristics of low-fat beef patties. *International Food Research Journal*, *28*(5).
11. Baixauli, R., Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S.M. (2003). Effect of the addition of dextrin of dried egg on the rheological and texture properties of batters for fried foods. *Food Hydrocolloids*, *17*, 305–310. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(02)00091-7
12. Baliga, B.R., & Madaiah, N. (1970). Quality of sausage emulsion prepared from mutton. *Journal of Food Science*, *35*(4), 383-385. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb00937.x
13. Boren, B., & Waniska, R.D. (1992). Sorghum seed color as an indicator of tannin content. *Journal of Applied Poultry Research*, *1*(1), 117-121. https://doi.org/10.1093/japr/1.1.117
14. Chayawat, J., & Rumpagaporn, P. (2020). Reducing chicken nugget oil content with fortified defatted rice bran in batter. *Food Science and Biotechnology*, *29*(10), 1355-1363. https://doi.org/10.1007/s10068-020-00782-y
15. Chen, C.L., Li, P.Y., Hu, W.H., Lan, M.H., Chen, M.J., & Chen, H.H. (2008). Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC. *Food Hydrocolloids*, *22*(7), 1337-1344. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.07.003
16. Chen, S.D., Chen, H.H., Chao, Y.C., & Lin, R.S. (2009). Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering*, *95*(2), 359-364. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.016
17. Coulter, L.A., & Lorenz, K. (1991). Extruded corn grits—quinoa blends: II. Physical characteristics of extruded products. *Journal of Food Processing and Preservation*, *15*(4), 243-259. https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1991.tb00170.x
18. Dana, D., & Saguy, I.S. (2006). Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Advances in Colloid and Interface Science*, *128*, 267-272. https://doi.org/10.1016/j.cis.2006.11.013
19. Danbaba, N., Nkama, I., Badau, M. H., & Idakwo, P.Y. (2019). Influence of extrusion conditions on nutritional composition of rice-bamabara groundnut complementary foods. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology*, 559-582.
20. Devatkal, S.K., Kadam, D.M., Naik, P.K., & Sahoo, J. (2011). Quality characteristics of gluten-free chicken nuggets extended with sorghum flour. *Journal of Food Quality*, *34*(2), 88-92. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00367.x
21. Dogan, S.F., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005). Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets. *European Food Research and Technology*, *220*(5), 502-508. (a) https://doi.org/10.1007/s00217-004-1099-7

22. Dogan, S.F., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, *71*(1), 127-132. (b) https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.028
23. Fernández-López, J., Jiménez, S., Sayas-Barberá, E., Sendra, E., & Pérez-Alvarez, J.A. (2006). Quality characteristics of ostrich (*Struthio camelus*) burgers. *Meat Science*, *73*(2), 295-303. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.12.011
24. Fiszman, S.M., & Salvador, A. (2003). Recent developments in coating batters. *Trends in Food Science & Technology*, *14*(10), 399-407. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00153-5
25. Gamel, T.H., Linssen, J.P., Mesallam, A.S., Damir, A.A., & Shekib, L.A. (2006). Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(7), 1095-1102. https://doi.org/10.1002/jsfa.2463
26. Haboubi, N.Y., Taylor, S., & Jones, S. (2006). Coeliac disease and oats: a systematic review. *Postgraduate Medical Journal*, *82*(972), 672-678. https://doi.org/10.1136/pgmj.2006.045443
27. Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T. (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, *43*(1), 38-46. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.09.003
28. Hamdy, M., & White, H. (1969). Edible coating composition.
29. Hsia, H., Smith, D., & Steffe, J. (1992). Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken Nuggets as affected by three Hydrocolloids. *Journal Food Science*, *57*, 16-18. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb05414.x
30. Kim, J., Choi, I., Shin, W.K., & Kim, Y. (2015). Effects of HPMC (Hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-food Science and Technology*, *62*(1), 620-627. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.039
31. Korus, J., Witczak, M., Ziobro, R., & Juszczak, L. (2009). The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*, *23*(3), 988-995. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.07.010
32. Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, *14*(9), 364-373. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00050-5
33. Mohamed, S., Lajis, S.M.M., & Hamid, N.A. (1995). Effects of protein from different sources on the characteristics of sponge cakes, rice cakes (apam), doughnuts and frying batters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *68*(3), 271-277. https://doi.org/10.1002/jsfa.2740680303
34. Moyano, P.C., & Pedreschi, F. (2006). Kinetics of oil uptake during frying of potato slices:: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, *39*(3), 285-291. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.01.010
35. Naruenartwongsakul, S., Chinnan, M.S., Bhumiratana, S., & Yoovidhya, T. (2008). Effect of cellulose ethers on the microstructure of fried wheat flour-based batters. *LWT-Food Science and Technology*, *41*(1), 109-118. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.004
36. Nasiri, F.D., Mohebbi, M., Yazdi, F.T., & Khodaparast, M.H.H. (2012). Effects of soy and corn flour addition on batter rheology and quality of deep fat-fried shrimp nuggets. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(4), 1238-1245. https://doi.org/10.1007/s11947-010-0423-4
37. Ngadi, M.O., Kassama, L.S., & Raghavan, G.S.V. (2001). Porosity and pore size distribution in cooked meat patties containing soy protein. *Canadian Biosystems Engineering*, *43*, 3-17.
38. Ofoli, R.Y., Morgan, R.G., & Steffe, J.F. (1987). A generalized rheological model for inelastic fluid foods 1. *Journal of Texture Studies*, *18*(3), 213-230. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1987.tb00899.x
39. ÖZER, C.O., & Secen, S.M. (2018). Effects of quinoa flour on lipid and protein oxidation in raw and cooked beef burger during long term frozen storage. *Food Science and Technology*, *38*, 221-227. https://doi.org/10.1590/fst.36417
40. Peña, M., Méndez, B., Guerra, M., & Peña, S. (2015). Development of functional meat products: use of quinoa flour. *Alimentos, Ciencia e Investigación*, *23*, 21-36
41. Primo-Martín, C., Sanz, T., Steringa, D.W., Salvador, A., Fiszman, S. M., & Van Vliet, T. (2010). Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids*, *24*(8), 702-708. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.013
42. Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (Chenopodium quinoa), kañiwa (Chenopodium pallidicaule) and kiwicha (Amaranthus caudatus). *Food Chemistry*, *120*(1), 128-133. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087
43. Sabanis, D., & Tzia, C. (2011). Selected structural characteristics of HPMC-containing gluten free bread: A response surface methodology study for optimizing quality. *International Journal of Food Properties*, *14*(2), 417-431. https://doi.org/10.1080/10942910903221604
44. Sabzi Belekhkanlu, A., Mirmoghtadayi, L., Hosseini, H., Hosseini, M., Ferdosi, R., & Shojaee Aliabadi, S. (2016). Effect of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed flour as a Soya protein and bread crumbs on

physicochemical and sensory properties of a typical meat hamburger. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *11*(3), 115-122.

45. Sahin, S., Sumnu, G., & Altunakar, B. (2005). Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*(14), 2375-2379. https://doi.org/10.1002/jsfa.2258
46. Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S.M. (2005). Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*, *19*, 703-708. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.07.003
47. Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S.M. (2004). Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters application to battered, fried seafood. *Food Hydrocolloids*, *18*(1), 127-131. https://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00050-X
48. Sanz-Penella, J.M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food Science and Technology*, *50*(2), 679-685. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031
49. Shantha, N.C., & Decker, E.A. (1994). Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, *77*(2), 421-424. https://doi.org/10.1093/jaoac/77.2.421
50. Shih, F.F., Bett-Garber, K.L., Daigle, K.W., & Ingram, D. (2005). Effects of rice batter on oil uptake and sensory quality of coated fried okra. *Journal of Food Science*, *70*(1), S18-S21. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09058.x
51. Shin, D. J., Kim, W., & Kim, Y. (2013). Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry*, *141*(1), 517-523. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.005
52. Shokry, A.M. (2016). The usage of quinoa flour as a potential ingredient in production of meat burger with functional properties. *Middle East Journal Applied Science*, *6*, 1128-1137.
53. Shukla, R., & Cheryan, M. (2001). Zein: the industrial protein from corn. *Industrial Crops and Products*, *13*(3), 171-192. https://doi.org/10.1016/S0926-6690(00)00064-9
54. Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, *91*, 580-587. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.001
55. Taşbaş, H., Osanmaz, E., Özer, C.O., & Kiliç, B. (2016). Quality characteristics and storage stability of gluten-free coated chicken nuggets. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, *8*(4).
56. Verma, A. K., Rajkumar, V., & Kumar, S. (2019). Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets. *Journal of food Science and Technology*, *56*(11), 5027-5035. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03975-4
57. Zambrano, P.V., González, G.R., & Viera, L.C. (2019). Quinoa as gelling agent in a mortadella formulation. *International Food Research Journal*, *26*(3), 1069-1077.