مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی اثر روش سرخ کردن و فرمولاسیون خمیرابه بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ناگت مرغ

زلیخا فحیمی واجارگاهی[۱]، محسن اسمعیلی[۲*]، آرش قیطران‌پور[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه ارومیه _ ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه ارومیه، ارومیه – ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

خمیرابه بدون گلوتن،

ناگت مرغ،

سرخ کن عمیق،

سرخ کن هوای داغ،

ویژگی فیزیکوشیمیایی

DOI:10.22034/FSCT.22.159.316.

* مسئول مکاتبات:

m.esmaiili@urmia.ac.ir

چکیده

ناگت مرغ بعنوان یکی از پرطرفدارترین غذاهای آماده مصرف، به روش عمیق سرخ می شود. به دلیل غوطه وری محصول در روغن، محتوای چربی آن افزایش می یابد در نتیجه می تواند باعث ایجاد چاقی و بیماری های مرتبط با آن شود. به همین دلیل کاهش چربی محصول با حفظ خواص ارگانولپتیکی بسیار مورد توجه و بررسی محققاق قرار گرفته است. در این مطالعه ناگت های مرغ با فرمولاسیون متفاوت خمیرابه (آرد گندم، آرد برنج و آرد کینوا) به دو روش (عمیق و هوای داغ) سرخ شدند و از نظر محتوای رطوبت، محتوای روغن، کاهش وزن، میزان جذب خمیرابه، درصد چسبندگی، رنگ، بافت، قطر و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفتند. محتوای روغن، رطوبت و درصد چسبندگی پوشش به بستر محصول به روش سرخ کردن عمیق بیشتر از سرخ کردن هوای داغ بود. بافت ناگت های مرغ سرخ شده به روش عمیق دارای سفتی کمتری بودند. نتایج نشان داد که نمونه های پوشش داده شده با آرد کینوا محتوای رطوبت و جذب خمیرابه بالاتری نسبت به نمونه های پوشش داده شده با آرد برنج و گندم داشتند، در حالیکه محتوای روغن، کاهش وزن و چسبندگی پوشش به بستر آنها کمتر بود. از نظر رنگ، پوشش خمیرابه کینوا L*، b* ، زاویه Hue پایین‌تر و a* بالاتری را نشان داد. میزان سفتی ناگت‌های مرغ پوشش داده شده با خمیرابه کینوا پایین تر از دو نمونه دیگر بود. نتایج نشان داد که سرخ کردن هوای داغ به طور کلی روش سالمی برای تولید ناگت مرغ و جایگزین ارزشمندی برای تولید غذاهای پروتئینی سرخ شده است. خمیرابه آرد کینوا بعنوان غله ی فاقد گلوتن با ارزش تغذیه ای بالا می تواند جایگزینی برای گندم بوده و در کاهش محتوای روغن فراورده های سرخ شده موثر باشد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

۱-مقدمه

تغییر سبک زندگی امروزه منجر به تغییر الگوهای غذایی و استفاده از غذاهای آماده مصرف (Fast-food) به علت سرعت تهیه و عرضه شده است. غذاهای آماده مصرف جزء دسته‌ای از محصولات در نظر گرفته می‌شوند که دارای ویژگی‌های منحصر به فرد و پذیرش بالا هستند. این خواص به مواد اولیه متنوع و نوع تکنولوژی که ماده غذایی از آن تهیه می‌گردد، مرتبط می‌شوند [۱-۳]. ناگت مرغ یکی از قابل‌قبول‌ترین غذاهای آماده مصرف سرخ‌شده در جهان است که به روش سرخ کردن عمیق تهیه می‌شود و به عنوان یکی از اجزای اصلی رژیم غذایی تبدیل شده است [٤و٥]. سرخ کردن عمیق، یکی از محبوب‌ترین روش‌های فرآوری مواد غذایی در سراسر جهان است که ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای را در نتیجه فعل و انفعالات پیچیده بین غذا و روغن تغییر می‌دهد. معمولا غذاها در روش سرخ‌کردن عمیق با فرو بردن آنها در روغن/چربی تهیه می‌شوند. این امر منجر به محتوای چربی بالای محصول می‌شود. از آنجایی که مصرف غذاهای سرخ‌شده اجتناب ناپذیر است، بنابراین کاهش چربی و حفظ خواص ارگانولپتیکی غذاهای سرخ‌شده به دلیل افزایش نرخ چاقی و بیماری‌های قلبی و عروقی به یک ضرورت و یکی از رویدادهای تحقیقات کنونی در صنایع غذایی تبدیل شده است [۱۲-٦].

مطالعات انجام گرفته به دو روش مهم برای کاهش مقدار روغن در غذاهای سرخ شده اشاره دارد: اصلاح روش سرخ-کردن، تغییر ویژگی‌های سطح محصول [۱۲و۱۳]. در اصلاح روش سرخ‌کردن، مجموعه‌ای از گزینه‌ها با هدف جایگزینی فرآیند سرخ‌کردن عمیق با سیستم‌هایی که بتوانند کیفیت غذایی بالاتری را فراهم کنند، پیشنهاد شده است. بر اساس این ایده، فناوری سرخ‌کردن با هوای داغ در بازار ظهور کرد [۹]. در این روش روغن بر روی ماده غذایی پاشیده می‌شود و محصول به جای این که در روغن غوطه‌ور شود، هوای داغ آن را در بر می‌گیرد [۱۸-۱٤]. بعبارتی محصول نسبت به روش عمیق با محتوای روغن کمتری در تماس است. بنابراین، بعد از فرآیند سرخ شدن میزان ناچیزی روغن در سطح فرآورده باقی می‌ماند. در نتیجه جذب روغن در مرحله سرد کردن قابل چشم پوشی است [۱۰و۱۷]. بررسی ویژگی-های فیزیکوشیمیایی و طعم ناگت مرغ در طی سرخ کردن هوای داغ و عمیق نیز نتایج نشان داده‌اند که سرخ کردن در هوای داغ محتوای چربی کمتر نسبت به عمیق دارد اما نیاز به زمان بیشتری برای داشتن ویژگی‌های کیفی مشابه سرخ کردن عمیق خواهد داشت [۱۹و۲۰].

سرخ کردن یک پدیده سطحی است [۲۱]. بنابراین جذب روغن عمدتا در پوسته انجام می‌شود. به همین دلیل ویژگی-های پوسته ماده غذایی در جذب محتوای روغن تأثیر بسزایی خواهد داشت. استفاده از خمیرآبه قبل از سرخ کردن محصول به دلیل مزایایی مانند: هزینه کم، عملکرد ساده و نیاز به تجهیزات کم در دهه‌های گذشته مورد توجه قرار گرفته است [۱۲و۱۳]. آرد گندم اصلی‌ترین جزء تشکیل دهنده خمیرآبه و تعیین کننده خواص عملکردی آن می‌باشد. این خواص عملکردی به اجزاء و نسبت نشاسته و پروتئین آرد بستگی دارد. بنابراین هرگونه تغییر در میزان گلوتن یا افزودن پروتئین‌های دیگر می‌تواند باعث تغییر در رئولوژی خمیر و در نهایت کیفیت محصول گردد [۲۲].

گلوتن به دلیل خواص ویسکوالاستیک منحصربه فرد، نقش-های متعددی در اکثر محصولات پخته ایفا می‌کند. ولی خوردن غذاهای حاوی گلوتن برای بیماران سلیاک می‌تواند عوارض پزشکی جدی به همراه داشته باشد. بنابراین مطالعات اخیر به دنبال نوع خاصی از فرمولاسیون خمیرابه برای پوشش دهی است که علاوه بر فاقد گلوتن بودن دارای خصوصیات تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی شبیه همتایان حاوی گلوتن خود باشند [۲٦-۲۳].

کینوا بعنوان غله فاقد گلوتن به علت ارزش غذایی بالا (داشتن اسید آمینه‌های ضروری، داشتن کیفیت پروتئنی برابر با کازئین شیر) و همچنین سیرکنندگی به علت تخلخل بالا به عنوان جایگزینی مناسب برای گندم مورد استفاده محققان قرار گرفته است [۲۷]. مطالعه حاضر جهت افزایش تنوع

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

فرآوردهای بدون گلوتن به بررسی اثر فرمولاسیون خمیرابه و روش سرخ کردن بر ویژگی فیزیکوشیمیایی ناگت مرغ پرداخته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی خمیرابه و ناگت مرغ

مواد خشک برای خمیرابه هر فرمولاسیون (گندم، برنج، کینوا)، آرد (۹۸/۵ درصد وزنی/وزنی)، نمک (۱/۵درصد وزنی/وزنی) تهیه شد. ماده خشک با آب (دمای ۲۵ درجه سلسیوس) به نسبت ۳ به ۵ وزنی/وزنی مخلوط شدند. در تهیه ناگت مرغ، سینه مرغ با استفاده از دستگاه چرخ گوشت ناسیونال خرد شده و به ازای (۹۲ درصد وزنی/وزنی) گوشت، (٦درصد وزنی/وزنی) پیاز، (۱/۵درصد وزنی/وزنی) نمک و (۰/۵درصد وزنی/وزنی) چاشنی (فلفل قرمز، پودرسیر، پاپریکا) اضافه شد و به مدت دو دقیقه با هم مخلوط شدند. این مخلوط به شکل مکعب (۱×۲×٤) سانتیمتر شکل گرفته و تا دمای زیر۱۰- درجه سانتیگراد منجمد شد. قطعات یخ زده به مدت ۱۵ ثانیه در خمیرابه غوطه‌ور شدند. سپس به مدت ۳۰ ثانیه در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) قرار گرفتند تا خمیرابه اضافه از خمیر خارج شود. قطعات در سینی پلاستیکی قرار گرفته و تا زمان سرخ شدن در دمای ۱۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند [۲۸-۳۰].

۲-۲- عملیات سرخ کردن عمیق

در این تحقیق از روش سرخ کردنی که قبلا توسط Cao و همکاران (۲۰۲۰) و Faloye و همکاران (۲۰۲۱)، گزارش شده بود استفاده شد [۱۹و۳۱]. برای سرخ‌کردن عمیق از سرخ کن برقی (Princess,NL-5015BH,Tilburg) با توان ۱۸۰۰ وات استفاده شد. در ابتدا با حدود دو و نیم لیتر روغن مایع سرخ کردنی پر شده و به مدت یک ساعت حرارت داده شد تا به دمای مورد نیاز (۱۸۰ درجه سانتیگراد) برسد. بعد نمونه‌ها داخل توری در سبد داخل سرخ‌کن به مدت شش دقیقه قرار گرفتند تا سرخ شوند. در پایان بلافاصله از سرخ‌کن خارج و توسط کاغذ جاذب روغن، روغن موجود در سطح آنها گرفته شد. قبل از آنالیز به نمونه‌ها اجازه داده شد تا در دمای محیط خنک شوند.

۲-۳- عملیات سرخ کردن هوای داغ

برای سرخ‌کردن هوای داغ، از سرخ‌کن مدل (Philips, HD9248, China) با توان ۱۳۰۰ وات استفاده شد (شکل۳_۲) که قبل از آزمایش به مدت ۵ دقیقه در دمای۱۸۰درجه سانتیگراد بدون افزودن نمونه، گرم شد. ناگت‌های مرغ به محفظه هوا اضافه شده و بعد از ۱۸ دقیقه از سرخ‌کن خارج شد [۱۹].

۲-٤- تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی

۲-٤-۱- اندازه‌گیری محتوای روغن و رطوبت

از دست دادن آب WL[1] ناگت‌ها با روش خشک کردن آون با اندازه گیری مقادیر (گرم) آب همان ناگت‌ها قبل از سرخ کردن (W1) و بعد از آن (W2) تعیین شد. روش اندازه‌گیری میزان روغن طبق روش نگادی و همکاران، استخراج سوکسله بود. با اندازه‌گیری مقادیر (گرم) چربی همان ناگت-ها قبل از سرخ کردن (W1) و بعد از سرخ کردن (W2) بر اساس روش AOAC[2] تعیین شد [۲۸و۳۲].

1) $WL\ (g\ 100g^{-1}\ nugget) = (W_1 - W_2)/W * 100$

2) $OAC\ (g\ 100g^{-1}\ nugget) = (W_2 - W_1)/W * 100$

۲-٤-۲- کاهش وزن کل

ناگت‌های مرغ با ترازوی دیجیتالی مدل (HS-300S) قبل Wi و بعد Wf از سرخ کردن برای محاسبه کاهش وزن کل، وزن شدند.

کاهش وزن کل (LT[3]) با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد [۳۳]:

3) $LT = \frac{Wi-Wf}{Wi} * 100$

۲-٤-۳- جذب خمیرابه

1-Water Loss

2- Associciation of Official Analytical chemists

3- Total weight loss

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

اندازه‌گیری فاکتور جذب خمیرابه (به عنوان شاخصی از میزان چسبندگی و ویسکوزیته خمیر)، با استفاده از اختلاف وزن نمونه ناگت مرغ (Wn)، قبل و بعد از پوشش‌دهی (Wd) از رابطه ٤ محاسبه شد [٣٤و٣٥].

$$4)\quad \text{Wet Pickup} = \frac{coated\ chicken\ nugget - Non\ coated\ chicken\ nugget}{Non\ coated\ chicken\ nugget} * ۱۰۰$$

۲-٤-٤- درصد چسبندگی پوشش به سطح محصول

برای ارزیابی درصد چسبندگی (C.P)، ناگت‌های مرغ سرخ شده با استفاده از یک کارد از طول به دو قسمت تقسیم و با استفاده از دوربین از قسمت برش خورده عکس‌برداری گردید. درصد چسبندگی با استفاده از پردازش تصویر با نرم افزار ایمج جی و بر اساس فرمول (۵) ارائه شده توسط آلبرت و همکاران (2009) محاسبه شد [٣٦].

$$5)\ C.P = (A/T) \times 100$$

A: سطحی از ماده غذایی که توسط پوشش احاطه شده و T: سطح کل ماده غذایی.

۲-٤-۵- ارزیابی رنگ

یک رنگ سنج (CR400 Chroma Meter, Minolta Corporation; Ramsey, NJ, USA) برای اندازه‌گیری مقادیر رنگ با استفاده از سیستم (L*, a* and b*) استفاده شد که مقدار (L*) معیاری از روشنایی از سیاه (۰) به سفید (۱۰۰)، مقدار (a*)، رنگ قرمز (a*+) و سبز (a*–) و مقدار(b*)، زرد(b*+) و آبی (b*–) را توصیف می‌کند. تمام اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار انجام شد. علاوه بر این، کروما (C*)، زاویه Hue (بیانگر رنگ غالب است و هر چه این زاویه به صفر نزدیک تر باشد، بیانگر قرمز رنگ بودن نمونه است) و تغییر رنگ کلی (ΔE) با توجه به معادله ٦، ۷ و ۸ محاسبه شد [۳۷]:

$$6)\ C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$7)\ H^* = \arctan(b^*/a^*)$$

$$8)\quad \Delta E = \sqrt{(L^*_{Sample} - L^*_{Control})^2 + (b^*_{Sample} - b^*_{Control})^2 + (a^*_{Sample} - a^*_{Control})^2}$$

۲-٤-٦- ارزیابی بافت

از دستگاه سنجش بافت (مدل TAXTPLUS) برای اندازه‌گیری شاخص سفتی و فاصله شکست قطعات ناگت‌مرغ از جمله پوسته استفاده شد. حداکثر مقدار نیرو به عنوان شاخص سفتی در نظر گرفته شد. شیب منحنی به عنوان شاخص استحکام و فاصله از نقطه اولیه تا نقطه حداکثر نیرو به عنوان نشانگر جابجایی (فاصله شکست) استفاده شد [۳۸].

۲-٤-۷- تغییر حجم

تغییرات ابعاد ناگت‌های مرغ قبل و بعد از سرخ کردن با تصویر برداری و آنالیز تصویر با نرم افزار Image j اندازه‌گیری شد و

تغییرات حجم با استفاده از معادله ۹ محاسبه شد [۳۹و٤۰]:

$$9]\ \Delta V(\%) = \frac{V0 - Vt}{V0} * 100$$

۲-۵- تحلیل آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار یا بیشتر انجام گردید و به صورت میانگین بیان شد. داده‌های حاصله با طرح فاکتوریل مورد آنالیز قرار گرفتند. تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر آماری با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و (Paired sample T test) همراه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از SPSS 27 انجام شد. معنی‌داری آماری در سطح (P<0.05) بیان شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه و تحلیل فیزیکوشیمیایی

۳-۱-۱- اندازه‌گیری محتوای روغن و رطوبت

روش سرخ‌کردن و فرمولاسیون مختلف خمیرابه اثر معنی‌داری (P<0.05) بر محتوای رطوبت ناگت‌های مرغ داشتند (شکل ۱).

بیشترین محتوای رطوبت مربوط به ناگت‌های مرغ پوشش داده شده با آرد کینوا بود. این امر را می‌توان به ضخامت بیشتر پوسته ناگت‌های پوشش داده شده با آرد کینوا مرتبط دانست که باعث حفظ رطوبت ناگت‌های مرغ می‌شود. نتیجه مشابهی توسط Chayawat and Rumpagaporn (۲۰۲۰)، بر روی ناگت مرغ با پوشش سبوس برنج به دست آمد [۳۷]. همچنین El-Sohaimy و همکاران (۲۰۲۲) قابلیت جذب آب بالایی کینوا را مانع خروج محتوای رطوبت و در نتیجه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

حفظ رطوبت دانستند [۳۰]. ناگت‌های سرخ شده به روش عمیق نیز دارای رطوبت بیشتری بودند. نتیجه مشابه توسط Ghaitaranpour و همکاران (۲۰۱۸)، در سرخ کردن دونات به دست آمد [۴۰].

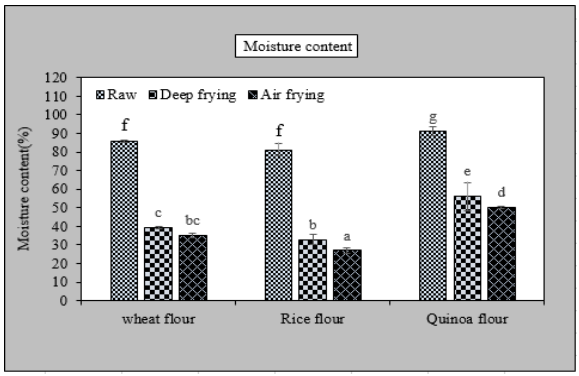

Figure 1: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on Moisture content (%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference (p< 0.05).

اما نتایج سایر پژوهشگران متفاوت با نتیجه حاضر بود. از جمله، Cao و همکاران (۲۰۲۰) که محتوای رطوبت ناگت‌های مرغ سرخ شده به روش هوای داغ را بیشتر گزارش کردند. آنها علت را نرخ انتقال حرارت کمتر در سرخ کردن هوا دانستند [۱۹]. Santos و همکاران (۲۰۱۷) و Teruel و همکاران (۲۰۱۵)، نیز در مطالعه‌ای بر روی سیب زمینی سرخ شده به نتیجه مشابه دست یافتند [۴۲و۴۳]. علت این اختلاف با پژوهش حاضر را می‌توان با توجه به مطالعه Castro-López و همکاران (۲۰۲۳)، به زمان بیشتر فرآیند سرخ کردن هوای داغ نسبت داد آنان از دست دادن رطوبت بیشتر را پس از ۱۲ دقیقه در ناگت‌های مرغ سرخ شده نشان دادند و بیان کردند که بعد از ۱۲ دقیقه محتوای رطوبت بیشتر کاهش می‌یابد [۲۰]. از آنجایی که زمان سرخ کردن در روش هوا داغ در مطالعه حاضر ۱۸ دقیقه می‌باشد، بنابراین می‌توان دلیل کاهش محتوای رطوبت را با این موضوع مرتبط دانست.

۳-۱-۲- محتوای روغن

شکل ۲ نشان می‌دهد که فرمولاسیون خمیرابه و روش سرخ کردن تاثیر معنی‌داری ($P<0.05$) بر محتوای روغن نیز دارند. محتوای روغن ناگت‌های مرغ سرخ شده هوای داغ به طور معنی‌داری کمتر از روش عمیق است.

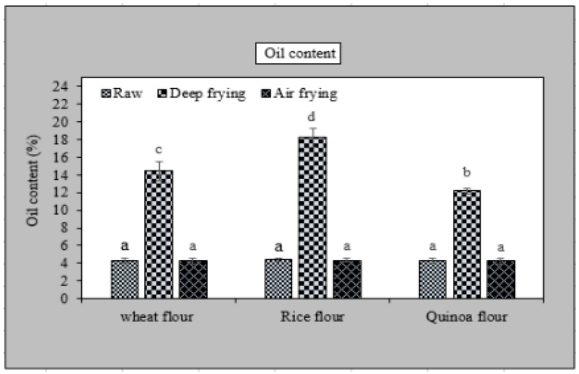

Figure 2: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat, Rice, quinoa) on Oil content (%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference (p< 0.05).

دلیل این امر تماس کمتر ناگت مرغ با روغن در طی سرخ کردن هوای داغ است که باعث عدم تجمع یا حضور بسیار ناچیز روغن در سطح ناگت مرغ می‌شود در نتیجه از جذب آن در مرحله سرد شدن چشم پوشی می‌شود [۱۷]. این نتیجه با نتایج مطالعات پیشین [۱۷، ۱۹، ۴۳و۴۵] مطابقت دارد. نمونه‌های پوشش داده شده با آرد کینوا نیز به طور معنی‌داری محتوای روغن کمتری داشتند (۱۲.۱٪). علت آن میزان رطوبت بالای نمونه‌های پوشش داده شده با آرد کینوا نسبت

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

داده شده است، زیرا میزان رطوبت ماده غذایی یک عامل مهمی در جذب روغن سرخ کردنی در فرآیند سرخ کردن می‌باشد. به طور کلی جذب روغن بیشتر در نمونه‌های با میزان رطوبت پایین‌تر مشاهده می‌شود. این نتایج رابطه‌ی بین حذف رطوبت و جذب روغن را تایید می‌کند. نتایج مشابهی توسط بسیاری از پژوهشگران از جمله Chayawat and Rumpagaporn (۲۰۲۰) و Pinkaew. and Naivikul (۲۰۱۹) به دست آمده است [۳٤و۳۷].

۳-۱-۳- کاهش وزن

شکل۳ روش سرخ کردن و فرمولاسیون‌های خمیرابه بر کاهش وزن را نشان می‌دهد. نمونه پوشش داده شده با آرد کینوا به صورت معنی‌داری ($P<0.05$) کاهش وزن کمتری دارد. دلیل این پدیده را می‌توان به ضخامت بیشتر و قابلیت جذب آب بالایی ناگت‌های پوشش داده شده با آرد کینوا نسبت داد که در هنگام سرخ کردن باعث نفوذ حرارت کمتر و در نتیجه مانع خروج رطوبت و در نهایت کاهش وزن پخت می‌گردد [۳۰].

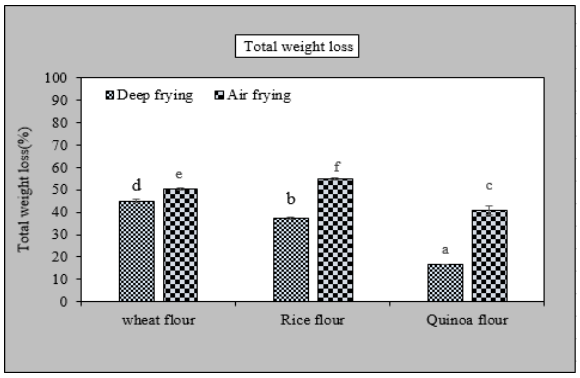

Figure 3: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on Total weight loss (%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference ($p< 0.05$).

روش سرخ کردن هوای داغ نیز اثر معنی‌داری بر افت پخت ناگت مرغ نشان می‌دهد. که خلاف نتایج Castro-López و همکاران (۲۰۲۳) است که بر روی ناگت مرغ سرخ شده به روش هوای داغ و عمیق داشتند [۲۰]. دلیل این اختلاف همانطور که در بخش محتوای رطوبت بیان شد می‌توان به زمان بیشتر فرآیند سرخ کردن هوای داغ نسبت داد. چون از دست دادن رطوبت بیشتر پس از ۱۲ دقیقه در ناگت‌های مرغ سرخ شده رخ می‌دهد. از آنجایی که زمان سرخ کردن در روش هوا داغ در مطالعه حاضر ۱۸ دقیقه می‌باشد، بنابراین می‌توان دلیل کاهش محتوای رطوبت و در نتیجه کاهش وزن بیشتر را با این موضوع مرتبط دانست.

۳-۱-٤- جذب خمیرابه

فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه به طور معنی‌داری ($P<0.05$) بر شاخص جذب پوشش بر سطح ناگت‌های مرغ تأثیرگذار بودند (شکل٤). خمیرابه آرد کینوا بیشترین جذب در پوشش ناگت مرغ داشت. دلیل آن را منطبق با مطالعه El-Sohaimy و

همکاران (۲۰۲۲)، می‌توان به ظرفیت جذب آب بالای کینوا نسبت داد که باعث افزایش ویسکوزیته خمیرابه و در نتیجه افزایش جذب خمیرابه می‌شود [۳۰].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

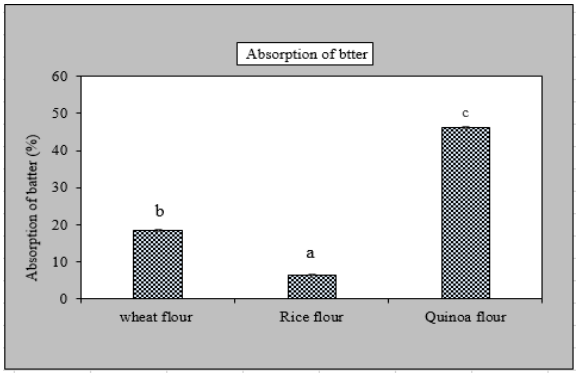

Figure 4: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on Absorption of batter (%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference ($p< 0.05$).

۳-۱-۵- درصد چسبندگی پوشش به سطح محصول

چسبندگی پوشش به سطح محصول یکی از عوامل کلیدی در ارزیابی کیفیت نهایی محصولات پوشش داده شده است. شکل۵ نتایج ارزیابی اثر فرمولاسیون مختلف خمیرابه و شرایط سرخ کردن بر درصد چسبندگی پوشش به سطح محصول که با استفاده از پردازش تصویر و معادله ۵ بدست آمده است را نشان می‌دهد. هر دو متغییر اثر معنی‌داری ($P<0.05$) بر درصد چسبندگی پوسته به سطح محصول دارند.

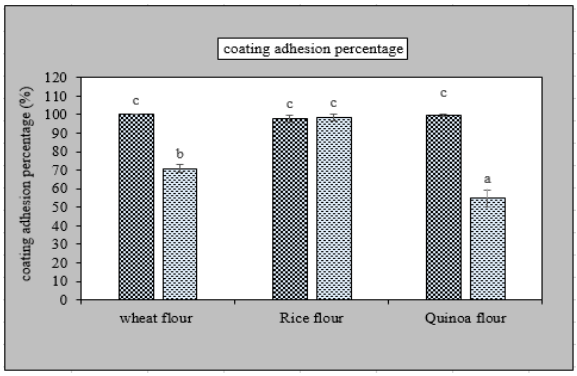

Figure 5: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat, Rice, quinoa) on coating adhesion percentage(%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference ($p< 0.05$).

به صورت کلی، روش سرخ کردن هوای داغ و استفاده از آرد کینوا در خمیرابه به طور قابل توجهی چسبندگی پوسته به هسته را کاهش داد (شکل ٦). دلیل این امر را می‌توان به ضخامت پوشش با آرد کینوا و حفظ رطوبت در نمونه‌ها نسبت داد. زیرا با توجه به مطالعه که Ghaitaranpour و همکاران (۲۰۲٤)، درباره تأثیر فرمولاسیون پوشش بر تغییرات ساختاری ناگت بوقلمون در حین سرخ کردن داشتند [٤٠] می‌توان چنین توضیح داد که لایه تشکیل شده توسط خمیرابه از خروج رطوبت در حین سرخ کردن ممانعت می‌کند این پدیده منجر به افزایش فشار بخار در لایه زیرین پوسته شده و باعث جدا شدن پوسته از سطح ماده غذایی و در نتیجه کاهش چسبندگی پوشش می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

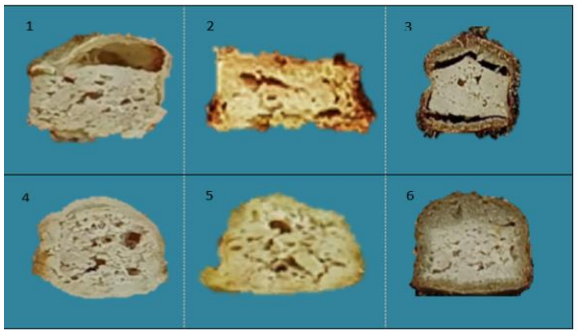

Figure 6: The effect of frying method (hot air and deep) and formulation batter (wheat flour, rice flour, quinoa (%). 1(hot air frying wheat), 2(hot air frying rice), 3(hot air frying flour) on coating adhesion percentage quinoa), 4(deep frying wheat), 5(deep frying rice), 6(deep frying quinoa).

۳-۱-٦- رنگ

رنگ محصول سرخ شده یکی از عوامل مهمی است که علاوه بر مقبولیت مصرف کننده نقش مهمی در تعیین کیفیت نهایی محصولات پخته شده دارد [٤٥]. تغییرات مختلفی مانند از دست دادن رطوبت، مهاجرت روغن، دمای سرخ کردن، زمان سرخ کردن و واکنش مایلارد، رنگ محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهند و در تغییر ظاهر اولیه غذا موثر هستند [۲۰]. اندازه‌گیری مقادیر رنگ با استفاده از سیستم (L*, a* and b*) به دست آمد. مقادیر L* که بین ۰ سیاه و ۱۰۰ سفید است عمدتاً با واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی مرتبط است [46] و مقادیر پایین L* نشانه‌ی تیرگی محصول است که اساساً با واکنش‌های قهوه‌ای شدن همبستگی دارد. پارامتر b* از مقادیر b*– به مقادیر b*+ بیانگر تغییر رنگ از آبی به زرد است. a* یکی دیگر از کانال‌های رنگی در فضایی رنگی L* a* b* است. مقادیر a* + و a* - به ترتیب بیانگر رنگ قرمز و سبز است. این پارامتر مستقیما تحت تأثیر فرآیند قهوه‌ای شدن است [٤٨-٤٦].

در مطالعه حاضر فرمولاسیون خمیرابه و روش سرخ کردن اثر معنی‌دار (P<0.05) بر پارامترها رنگ داشت (جدول۱). ناگت‌های پوشش داده شده با خمیرابه آرد کینوا L* ، b* ، زاویه Hue پایین‌تر و a*، ΔE بالاتری را نشان داد. که با توجه به نتیجه مطالعه Jan و همکاران (۲۰۱۸) می‌توان به محتوای پروتئین بالای کینوا نسبت داد زیرا محتوای پروتئین بالای کینوا باعث افزایش واکنش قندهای کاهنده و اسیدهای آمینه و در نتیجه تیره‌تر شدن محصول می‌گردد [٤٧و٤٩]. از نظر روش سرخ کردن نیز به طور کلی روش سرخ کردن هوای داغ با زمان ۱۸ دقیقه در مقایسه با روش عمیق با زمان ٦ دقیقه دارای L* ،a* ، زاویه Hue، ΔEبالاتر و b*، شاخص C* پایین‌تری بود که علت آن بر اساس مطالعه Castro-López و همکاران (۲۰۲۳)، زمان سرخ کردن بیشتر ناگت-های مرغ سرخ شده به روش هوای داغ مرتبط است [۲۰]، زیرا واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در طی سرخ کردن هوا بسیار کندتر از سرخ کردن عمیق رخ می‌دهد. Cao و همکاران (۲۰۲۰)، به نتایج مشابهی اشاره کردند [۱۹].

Table 1: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on color parameters of the chicken nuggets. The results were expressed as mean ± standard deviation. Different letters indicate significant difference (P< 0.05).

Frying method	Type of batter	L*	a*	b*	H*	C*	ΔE
Deep	wheat flour	57.61 ± 3.4^{b}	1.13 ± 1.9^{a}	30.62 ± 0.8^{d}	87.87 ± 3.6^{c}	30.68 ± 0.7^{c}	28.11 ± 3.1^{b}

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

	Rice flour	62.74±2.08^{b}	3.24±0.7^{abb}	30.62±0.7^{d}	83.96±1.2^{bc}	30.74±0.8^{c}	21.47±0.7^{ab}
	Quinoa flour	35.04±1.5^{a}	10.27±0.4^{c}	25.34±0.8^{bc}	67.08±1^{a}	27.34±1^{b}	65.93±0.4^{c}
hot air	wheat flour	63.52±7.8^{b}	1.25±0.3^{a}	30.49±2.9^{d}	92.67±9.6^{c}	20.53±2.9^{a}	21.03±9.5^{ab}
	Rice flour	55.14±7.6^{b}	7.07±4.6^{bc}	27.87±1.5^{cd}	76.21±8.6^{ab}	28.97±2.4^{bc}	18.96±1.4^{a}
	Quinoa flour	38.53±3.4^{a}	10.42±2.6^{c}	24.22±.6^{a}	68.81±6.6^{a}	26.44±1.2^{b}	64.71±3.7^{c}

۳-۱-۷- بافت

تبخیر آب، دناتوره شدن پروتئین، ژلاتینه شدن نشاسته و سایر واکنش‌ها عواملی هستند که بر تغییرات بافتی محصولات در طی فرآیند سرخ کردن تأثیر می‌گذارند [۱۹]. براساس جدول ۲، روش سرخ کردن و فرمولاسیون خمیرابه بر سختی و صمغیت بافت ناگت مرغ اثر معنی‌داری ($P<0.05$) داشتند. ناگت‌های سرخ شده با پوشش آرد کینوا و روش عمیق سفتی کمتری (0.30±0.1) را نشان دادند که این امر را در هر دو متغیر می‌توان به زمان سرخ کردن و مقدار رطوبت ناگت‌های مرغ در طی فرآیند سرخ کردن مرتبط دانست [۲۰و۴۳]. همچنین با توجه به مطالعه ای که Chayawat, & Rumpagaporn (۲۰۲۰)، بر روی ناگت مرغ با سبوس برنج داشتند می‌توان اینگونه بیان کرد که محصولاتی دارای پوشش ضخیم، بافت نرم‌تری به علت حفظ رطوبت دارند [۳۷].

Figure 7: The effect of frying method (deep fat-frying and air frying) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on Textural attributes of the chicken nuggets. The results were expressed as mean ± standard deviation. Different letters indicate significant difference ($P< 0.05$).

Frying method	Type of batter	Hardness	cohesiveness	Gumminess
Deep fat frying	wheat flour	1.17±0.3^{cd}	0.75±0.08^{b}	0.88±0.3^{bc}
	Rice flour	0.65±0.2^{abc}	0.80±0.07^{b}	0.52±0.2^{ab}
	Quinoa flour	0.30±0.1^{a}	0.84±0.03^{b}	0.25±0.3^{a}
Hot air frying	Wheat flour	1±0.3^{bcd}	0.54±0.1^{a}	0.55±0.2^{ab}
	Rice flour	1.45±0.5^{d}	0.80±0.04^{b}	1.19±0.5^{d}
	Quinoa flour	0.51±0.4^{ab}	0.86±0.02^{b}	0.44±0.2^{ab}

۳-۱-۸- تغییرات حجم

روش سرخ کردن و فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه اثر معنی‌داری ($p<0.05$) بر تغییرات حجم دارند (شکل۷). ناگت‌های سرخ شده به روش عمیق و پوشش داده شده با خمیرابه کینوا کمترین تغییرات حجم (٤.٥٪) را نشان می‌دهند علت را می‌توان به محتوای رطوبت ناگت‌های مرغ سرخ شده به روش عمیق و پوشش آرد کینوا ارتباط داد. Ghaitaranpour و همکاران (۲۰۲٤) در بررسی اثر پوشش بر روی ناگت مرغ نیز بیان کردند که در طی فرآیند سرخ کردن اندازه ماده غذایی به دلیل تبخیر رطوبت کاهش می‌یابد و این امر منجر به اختلال ساختاری و در نتیجه تغییرات ابعاد ماده غذایی می‌شود [٤٠].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

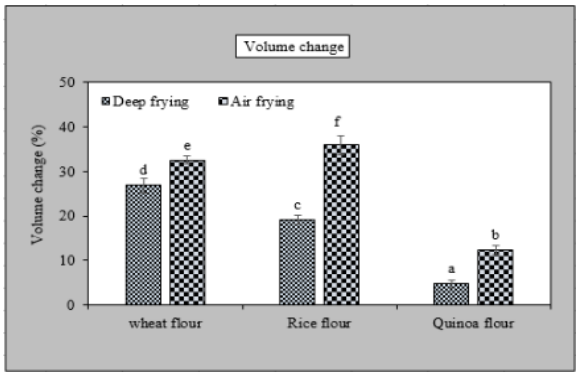

Figure 7: The effect of frying method (deep and hot air) and formulation batter (wheat,Rice,quinoa) on volume change (%) of the chicken nuggets, Different letters indicate significant difference (p< 0.05).

۳-۱-۹- ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی ماده غذایی مانند رنگ، شکل ظاهری، طعم، بافت در میزان پذیرش محصول سرخ شده توسط مصرف کننده مؤثر است. بنابراین، ارزیابی حسی نمونه‌ها بسیار ضرورت دارد. در مطالعه حاضر اثر روش سرخ کردن و فرمولاسیون خمیرابه بر ارزیابی حسی (رنگ، ظاهر، طعم، بافت و پذیرش کلی) ناگت مرغ مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که مشاهده می‌شود روش سرخ کردن و فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه اثر معنی‌داری (P<0.05) در ارزیابی ویژگی‌های حسی داشتند (شکل ۸).

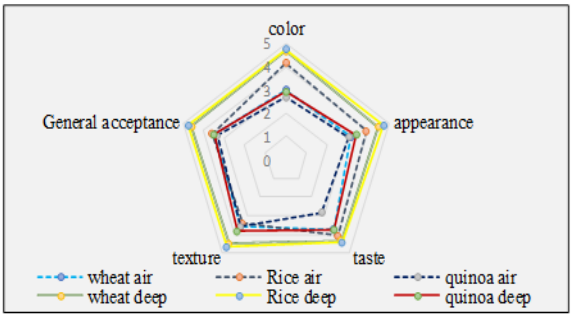

Figure 8:Effect of frying method (deep fat-frying and air frying) and different batter (wheat,Rice,quinoa) on chicken nuggets sensorial characteristics. Different letters indicate significant difference (p< 0.05).

ناگت‌های مرغ سرخ شده به روش عمیق پذیرش بیشتری را نشان دادند. به عبارت دیگر محتوای روغن در میزان پذیرش مصرف کننده مؤثر است. روغن باعث رنگ و ظاهری درخشنده، طعمی خوش، بافتی مطلوب و به صورت کلی پذیرش مثبت توسط مصرف کننده می‌گردد. این تغییرات در خواص محصولات از جمله ناگت‌های مرغ را می‌توان به تغییرات فیزیکی و شیمیایی که در طول فرآیند سرخ کردن عمیق رخ می‌دهد نسبت داد. نتایج مشابه توسط محققان دیگر به دست آمده است [۲۰، ۳۳و٤۳]. اثر معنی‌داری (P<0.05) فرمولاسیون بر رنگ، ظاهر و طعم نمونه‌های پوشش داده شده مشاهده شد. ناگت‌های پوشش داده شده با آرد کینوا کمترین پذیرش را داشت که این امر نیز می‌تواند به دلیل تیرگی محصول پوشش داده شده با آرد کینوا باشد. نتایج مشابه توسط محققان دیگر گزارش شده است [۵۰و۵۱].

٤- نتیجه گیری

نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر نشان داد اگرچه ناگت-های مرغ سرخ شده به روش هوای داغ محتوای روغن کمتری نسبت به عمیق داشتند اما برای داشتن ویژگی‌های کیفی مشابه سرخ کردن عمیق به زمان بیشتری نیاز خواهند داشت. همچنین این مطالعه نشان داد استفاده از فرمولاسیون خمیرابه بدون گلوتن (کینوا) علاوه بر فاقد گلوتن بودن توانست به طور چشمگیری محتوای روغن را نیز کاهش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

دهد. که این امر به علت تشکیل پوسته ضخیم ناگت مرغ توسط آرد کینوا و همچنین جذب بالای آب کینوا بود که باعث حفظ رطوبت و جلوگیری از ورود روغن می‌شود. از نظر ارزیابی حسی، کمترین پذیرش کلی در بین فرمولاسیون خمیرابه مربوط به ناگت‌های پوشش داده شده با آرد کینوا بود که این را می‌توان به استفاده کمتر مصرف کننده‌گان از محصولات حاوی کینوا مرتبط دانست که با آموزش و مصرف بیشتر محصولات بدون گلوتن از جمله کینوا در جامعه می‌توان ذائقه مصرف کنندگان را به سمت این محصول سوق داد. در روش سرخ کردن نیز سرخ کردن هوای داغ پذیرش کمتری داشت اما با توجه به تاثیری که بر روی جذب روغن دارد می‌تواند روش سالم‌تری برای تولید ناگت مرغ و جایگزین ارزشمندی برای تولید غذاهای پروتئینی سرخ شده باشد.

۵- قدردانی

بدینوسیله در پایان این پروژه، از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، به خاطر حمایت و همکاری در انجام این پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦-منابع

[1] Zasimova, L., 2022. The association between fast-food consumption and job-related factors among Russian adults. Economics & Human Biology, p.101147.
[2] Nemati, A., Matin, S., Sadegh-Hoseini, M., Alipanah-Moghadam, R. and Mohajeri, M., 2020. Is there any difference in fast food consumption between children with different obesity status in Ardabil-Iran? Obesity Medicine, 20, p.100293.
[3] Oniszczuk, T., Kasprzak-Drozd, K., Olech, M., Wójtowicz, A., Nowak, R., Rusinek, R., Szponar, J., Combrzyński, M. and Oniszczuk, A., 2021. The Impact of Formulation on the content of phenolic compounds in snacks enriched with Dracocephalum moldavica L. seeds: introduction to receiving a new functional food product. Molecules, 26(5), p.1245.
[4] Ozen, E. and Singh, R.K., 2020. Heat transfer in breaded and non-breaded chicken nuggets baked in a pilot-scale radiant wall oven. LWT, 124, p.109107.
[5] deShazo, R.D., Bigler, S. and Skipworth, L.B., 2013. The autopsy of chicken nuggets reads "chicken little". The American Journal of Medicine, 126(11), pp.1018-1019.
[6] Ağçam, E., 2022. Modeling of the changes in some physical and chemical quality attributes of potato chips during frying process. Applied Food Research, 2(1), p.100064.
[7] Pirsa, S. and Hafezi, K., 2023. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. Food Chemistry, 399, p.133967.
[8] Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M., Koocheki, A. and Ngadi, M.O., 2020. An agent-based coupled heat and water transfer model for air frying of doughnut as a heterogeneous multiscale porous material. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 61, p.102335.
[9] Zaghi, A.N., Barbalho, S.M., Guiguer, E.L. and Otoboni, A.M., 2019. Frying process: From conventional to air frying technology. Food Reviews International, 35(8), pp.763-777.
[10] Wang, Y., Wu, X., McClements, D.J., Chen, L., Miao, M. and Jin, Z., 2021. Effect of new frying technology on starchy food quality. Foods, 10(8), p.1852
[11] Oke, E.K., Idowu, M.A., Sobukola, O.P., Adeyeye, S.A.O. and Akinsola, A.O., 2018. Frying of food: a critical review. Journal of Culinary Science & Technology, 16(2), pp.107-127.
[12] Liberty, J.T., Dehghannya, J. and Ngadi, M.O., 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. Trends in Food Science & Technology, 92, pp.172-183.
[13] Xie, D., Guo, D., Guo, Z., Hu, X., Luo, S. and Liu, C., 2022. Reduction of oil uptake of fried food by coatings: A review. International Journal of Food Science & Technology, 57(6), pp.3268-3277.
[14] Dehghannya, J. and Ngadi, M., 2021. Recent advances in microstructure characterization of fried foods: Different frying techniques and process modeling. Trends in Food Science & Technology, 116, pp.786-801.
[15] Devi, S., Zhang, M., Ju, R. and Bhandari, B., 2021. Recent development of innovative methods for efficient frying technology. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(22), pp.3709-3724.
[16] Gouyo, T., Rondet, É., Mestres, C., Hofleitner, C. and Bohuon, P., 2021. Microstructure analysis of crust during deep-fat or hot-air frying to understand French fry texture. Journal of Food Engineering, 298, p.110484.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

[17] Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M. and Koocheki, A., 2021. An innovative model for describing oil penetration into the doughnut crust during hot air frying. Food Research International, 147, p.110458.
[18] Negara, B.F.S.P., Lee, M.J., Tirtawijaya, G., Cho, W.H., Sohn, J.H., Kim, J.S. and Choi, J.S., 2021. Application of deep, vacuum, and air frying methods to fry chub mackerel (Scomber japonicus). Processes, 9(7), p.1225.
[19] Cao, Y., Wu, G., Zhang, F., Xu, L., Jin, Q., Huang, J. and Wang, X., 2020. A comparative study of physicochemical and flavor characteristics of chicken nuggets during air frying and deep frying. Journal of the American Oil Chemists' Society, 97(8), pp.901-913.
[20] Castro-López, R., Mba, O. I., Gómez-Salazar, J. A., Cerón-García, A., Ngadi, M. O., & Sosa-Morales, M. E. (2023). Evaluation of chicken nuggets during air frying and deep-fat frying at different temperatures. International Journal of Gastronomy and Food Science, 31, 100631.
[21] He, D.B., Xu, F.E.I., Hua, T.C. and Song, X.Y., 2013. Oil absorption mechanism of fried food during cooling process. Journal of Food Process Engineering, 36(4), pp.412-417
[22] Fiszman, S.M. and Salvador, A., 2003. Recent developments in coating batters. Trends in food science & technology, 14(10), pp.399-407.
[23] Krupa-Kozak, U., Troszyńska, A., Bączek, N. and Soral-Śmietana, M., 2011. Effect of organic calcium supplements on the technological characteristic and sensory properties of gluten-free bread. European food research and technology, 232(3), pp.497-508.
[24] GIRI, N.A., Sheriff, J.T., Sajeev, M.S. and Pradeepika, C., 2016. Development and physico-nutritional evaluation of sweet potato flour based gluten free cookies. Journal of Root Crops, 42(1), pp.74-81.
[25] Gupta, M. and Bansal, V., 2021. Development of gluten free snacks using chickpea flour and flax seeds for celiac patients. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 8, pp.223-238.
[26] Puerta, P., Laguna, L., Villegas, B., Rizo, A., Fiszman, S. and Tárrega, A., 2020. Oral processing and dynamics of texture perception in commercial gluten-free breads. Food Research International, 134, p.109233
[27] Kahlon, T.S., Avena-Bustillos, R.J. and Chiu, M.C.M., 2016. Sensory evaluation of gluten-free quinoa whole grain snacks. Heliyon, 2(12), p.e00213.
[28] Sabikun, N., Bakhsh, A., Rahman, M.S., Hwang, Y.H. and Joo, S.T., 2021. Evaluation of chicken nugget properties using spent hen meat added with milk fat and potato mash at different levels. Journal of food science and technology, 58(7), pp.2783-2791.
[29] Pinkaew, P. and Naivikul, O., 2019. Development of gluten-free batter from three Thai rice cultivars and its utilization for frozen battered chicken nugget. Journal of food science and technology, 56(8), pp.3620-3626.
[30] El-Sohaimy, S.A., El-Wahab, A., Miral, G., Oleneva, Z.A. and Toshev, A.D., 2022. Physicochemical, Organoleptic Evaluation and Shelf Life Extension of Quinoa Flour-Coated Chicken Nuggets. Journal of Food Quality, 2022.
[31] Faloye, O.R., Sobukola, O.P., Shittu, T.A. and Bakare, H.A., 2021. Influence of frying parameters and optimization of deep fat frying conditions on the physicochemical and textural properties of chicken nuggets from FUNAAB-alpha broilers. SN Applied Sciences, 3(2), pp.1-17.
[32] AOAC (2000) Official methods of analysis of the association of analytical chemists. AOAC, Washington, DC
[33] Rahimi, D., Hasani, M. and Kashaninejad, M., 2021. Effects of Infrared cooking techniques and Balangu (Lallemantia royleana) gum concentration on quality characteristics and stress relaxation of chicken nugget. Journal of Food and Bioprocess Engineering, 4(1), pp.26-36.
[34] Pinkaew, P. and Naivikul, O., 2019. Development of gluten-free batter from three Thai rice cultivars and its utilization for frozen battered chicken nugget. Journal of food science and technology, 56(8), pp.3620-3626.
[35] Akdeniz, N., Sahin, S., Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. J Food Eng, 75:522–6.
[36] Albert, A., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman, S.M., and Hernando, I. 2009. Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as predusts using three cooking procedures. Food Hydrocolloids, 23: 1443–1448
[37] Chayawat, J. and Rumpagaporn, P., 2020. Reducing chicken nugget oil content with fortified defatted rice bran in batter. Food Science and Biotechnology, 29(10), pp.1355-1363.
[38] Udomkun, P., Niruntasuk, P. and Innawong, B., 2019. Impact of novel far-infrared frying technique on quality aspects of chicken nuggets and frying medium. Journal of Food Processing and Preservation, 43(5),p.e13931.
[39] Vélez-Ruiz, J. F., & Sosa-Morales, M. E. (2003). Evaluation of physical properties of dough of donuts during deep-fat frying at different temperatures. International Journal of Food Properties, 6(2), 341-353.
[40] Ghaitaranpour, A., Mohebbi, M., & Oleyaei, S. A. (2024). Effects of coating formulation on structural changes of turkey nugget during frying:

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

MRI evaluation. Journal of Future Foods, 4(2), 142-148.
[41] Ghaitaranpour, A., Koocheki, A., Mohebbi, M. and Ngadi, M.O., 2018. Effect of deep fat and hot air frying on doughnuts physical properties and kinetic of crust formation. Journal of Cereal Science, 83, pp.25-31.
[42] Santos, C. S., Cunha, S. C., & Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. European Journal of Lipid Science and Technology, 119(6), 1600375.
[43] Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjan, K. (2015). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. Journal of Food Science, 80(2), E349-E358.
[44] Andrés, A., Arguelles, A., Castelló, M. L., & Heredia, A. (2013) Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. Food and Bioprocess Technology, 6:1917–1924. https://doi.org/10.1007/s11947-012-0861-2.
[45] Conte, P., Pulina, S., Del Caro, A., Fadda, C., Urgeghe, P. P., De Bruno, A., ... & Piga, A. (2021). Gluten-free breadsticks fortified with phenolic-rich extracts from olive leaves and olive mill wastewater. Foods, 10(5), 923.
[46] Pan, G., Ji, H., Liu, S., & He, X. (2015). Vacuum frying of breaded shrimps. LWT-Food Science and Technology, 62(1), 734-739.
[47] Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). Textural, in vitro antioxidant activity and sensory characteristics of cookies made from blends of wheat-quinoa grown in I ndia. Journal of Food Processing and Preservation, 42(3), e13542.
[48] Sansano, M., Juan-Borrás, M., Escriche, I., Andrés, A., & Heredia, A. (2015). Effect of pretreatments and
[49] air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes. Journal of food science, 80(5), T1120-T1128.
[50] Manjunatha, S. S., Ravi, N., Negi, P. S., Raju, P. S., & Bawa, A. S. (2014). Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of Gethi (Dioscorea kamoonensis Kunth) strips. Journal of food science and technology, 51, 3061-3071.
[51] Moss, R., & McSweeney, M. B. (2022). Effect of quinoa, chia and millet addition on consumer acceptability of gluten-free bread. International Journal of Food Science & Technology, 57(2), 1248-1258.
[52] Gostin, A. I. (2019). Effects of substituting refined wheat flour with wholemeal and quinoa flour on the technological and sensory characteristics of salt-reduced breads. LWT, 114, 108412.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the effect of frying method and batter formulation on the physicochemical characteristics of chicken nuggets

Zoleykha Fahimi Vajargahi[1], Mohsen Esmaiili[2*], Arash Ghaitaranpour[2]

1_Master of science student, Department of food industry science and engineering, Urmia University - Iran
2_ Department of Science and Food Industry Engineering, University of Urmia, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/9/15

Accepted:2024/12/11

Keywords:

gluten-free batter,
chicken nuggets,
deep fryer,
hot air fryer,
physicochemical properties
.

DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316.

*Corresponding Author E-

m.esmaiili@urmia.ac.ir

ABSTRACT

As one of the most popular fried ready-to-eat foods in the world, chicken nuggets are deep fried. Due to the immersion of the product in this method, the oil content increases, thus causing obesity and related diseases. For this reason, reducing the fat of the product while maintaining the organoleptic properties has been given much attention and research. In this study, chicken nuggets with different batter formulations (wheat flour, rice flour, and quinoa flour) were fried by two methods (deep and hot air) in terms of moisture content, oil content, weight loss, batter absorption rate, and stickiness percentage, color, texture, viscosity, diameter and sensory evaluation were investigated. The oil content, moisture content and percentage of adhesion of the coating to the core were higher in deep frying than in hot air frying. Texture, deep fried chicken nuggets had less firmness and gumminess. The results also showed that the samples coated with quinoa flour had higher moisture content, batter pickup and oil content while they experienced lower cooking loss and coating adhesion to the core. In terms of color, the coating of quinoa dough showed lower L*, b*, and higher a*. The hardness of the nuggets coated with quinoa paste was lower than the other two samples. The results show that hot air frying is generally a healthy method for producing chicken nuggets and a valuable alternative for producing fried protein foods. As a gluten-free grain with high nutritional value, quinoa flour paste can be a good substitute for wheat in reducing the oil content of fried products.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-03-13]

[DOI: 10.22034/FSCT.22.159.316]