مطالعه تأثیر پرتو مادون‌قرمز بر ویژگی‌های کیفی ناگت مرغ پوشش‌دهی شده با خمیرابه حاوی صمغ بالنگو

دل‌آسا رحیمی[1]، مهدی کاشانی‌نژاد[2*]، مهدیه حسنی[3]، علیرضا اسدی امیرآبادی[4]

1-دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
2-استاد، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
3-دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
4-دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: 98 /07/29 تاریخ پذیرش: 99/02/13)

چکیده

ناگت مرغ یکی از انواع غذاهای آماده پرطرفدار در سطح دنیا است. به علت محتوای چربی بالا در آماده‌سازی ناگت به روش‌های معمول و ایجاد چاقی و بیماری‌های مرتبط با آن، روش‌های مختلف از جمله پیش تیمار صمغ و خشک کردن مورد توجه قرار گرفتند. در این پژوهش ناگت مرغ پوشش دهی شده با خمیرابه حاوی صمغ بالنگو با غلظت 0/25 و 0/5 درصد به روش مادون‌قرمز-سرخ کردن سه شار حرارتی $18/5 kW/m^2$، 21/6، 24/7 و زمان 12 دقیقه پخته شده و تأثیر فرآیند بر محتوای رطوبت، روغن، کاهش وزن کل، پارامترهای رنگی (a*، b* و L*) و همچنین ویژگی‌های بافتی این محصول نیز بررسی شد. بیشترین محتوای رطوبت (51/80%) در نمونه حاوی 0/5% صمغ بوده و با افزایش توان لامپ مادون‌قرمز محتوای رطوبت کاهش یافت. همچنین کمترین محتوای روغن نیز در نمونه تیمار شده با شار حرارتی $24/7 kW/m^2$ و حاوی 0/5% صمغ بالنگو است. با کاهش درصد صمغ و کاهش توان لامپ مادون‌قرمز محتوای روغن افزایش یافت. شاخص رنگی L* که بیانگر روشنایی است نیز در نمونه شاهد به دلیل حرارت بیشتر طی فرآیند پخت کمترین میزان را داشت. همچنین سختی بافت ناگت مرغ در تیمارهای مختلف تفاوت زیادی نداشتند که از نظر پذیرش مصرف کننده می‌تواند دارای اهمیت باشد اما شاخص چسبندگی در تیمارهای مادون‌قرمز-صمغ با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشت ($P<0/05$).

کلید واژگان: ناگت مرغ، مادون‌قرمز، سرخ کردن، صمغ بالنگو

* مسئول مکاتبات: kashani@gau.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

1- مقدمه

امروزه مصرف غذاهای آماده به دلیل تغییرات فرهنگی و اجتماعی رو به افزایش است و در میان آن‌ها فرآورده‌های سرخ‌شده و سوخاری به دلیل ویژگی‌های حسی مطلوب، بسیار مورد توجه می‌باشند. برای پخت غذاهای آماده اغلب از روش سرخ کردن استفاده می‌شود. مطبوعیت عطر و طعم غذاهای سرخ‌شده، تنوع محصولات سرخ‌کردنی، سرعت بالای این روش پخت و از سوی دیگر کمبود وقت برای تهیه غذا به‌واسطه افزایش سطح تحصیل و مشغله خانواده‌ها باعث افزایش روز افزون مصرف سرخ‌کردنی‌ها شده است [1]. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی به‌منظور کاهش میزان چربی در مواد غذایی سرخ‌شده ضمن حفظ ویژگی‌های کیفی انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به بهینه‌سازی شرایط آماده‌سازی و فرایند، تغییر فرمولاسیون مواد غذایی و استفاده از انواع پیش تیمارها اشاره کرد.

یکی از این روش‌ها فرموله کردن مواد غذایی با ترکیباتی است که باعث کاهش جذب روغن در حین فرایند سرخ کردن عمیق می‌شوند. ترکیباتی که خاصیت آب‌گریزی کمتری دارند مانند آرد برنج و یا به‌صورت فیزیکی اجازه نفوذ روغن به درون محصول را نمی‌دهند مانند صمغ متیل سلولز، در مواد غذایی سرخ‌شده، مورد استفاده قرار گرفته اند [2]. یکی از روش‌های پوشش دهی، غوطه‌ور کردن یک محصول خام در یک سوسپانسیون پوششی برای یک زمان کوتاه پیش از سرخ کردن است. این تیمار سطحی، تخلخل سطحی را کم می‌کند و یک مانع در مقابل جذب روغن می‌سازد. [3]. وقتی قطعات مواد غذایی پوشش‌دار شده سرخ می‌شوند این پوشش‌ها مانع جذب روغن شده و باعث بهبود کیفیت تغذیه‌ای و کاهش مقدار چربی و کالری در محصول نهایی می‌گردند [4]. آلتوناکار و همکاران در سال 2004 از نشاسته‌های مختلف را در پوشش ناگت مرغ مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که این پوشش تردی ناگت مرغ را طی فرآیند سرخ کردن عمیق بهبود می‌بخشد [5].

در میان افزودنی‌های مختلف مورد استفاده در پوشش که میزان روغن را در مواد غذایی سرخ‌شده کاهش می‌دهند، صمغ‌ها توجه زیادی را به خود جلب کردند. صمغ‌ها قابلیت اتصال به آب دارند که ویژگی مهمی در کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن است زیرا ارتباط قوی بین جذب روغن و کاهش رطوبت در طول سرخ کردن وجود دارد [6]. در دهه اخیر، مطالعات بسیاری در زمینه کارایی صمغ‌ها در پوشش دهی انجام شده است [7]. صمغ‌های غذایی از نظر ساختاری ترکیبات پیچیده‌ای هستند که در شرایط مختلف ویژگی‌های رئولوژیکی متفاوتی از خود نشان می‌دهند [8]. صمغ بالنگو یکی از صمغ‌های بومی است که می‌تواند در صنایع غذایی مورد استفاده قرار بگیرد. دانه بالنگو یک گیاه موسیلاژی است که در مناطق مختلفی از آسیا، خاورمیانه و ایران رشد می‌کند. صمغ دانه بالنگو وزن مولکولی و ویسکوزیته ذاتی بالایی دارد [9]. این دانه آب را به سرعت جذب می‌کند و مایعی کدر، چسبناک و بدون مزه ایجاد می‌کند. دانه بالنگو به صورت گسترده در محصولاتی که به صورت سنتی و صنعتی تولید می‌شوند، مانند نوشیدنی تخم شربتی و نان مورد استفاده قرار می‌گیرند [10]. ویژگی‌های ساختاری و شیمیایی صمغ دانه بالنگو اثر آن بر جمعیت پاتوژن‌ها و خصوصیات حسی گوشت به عنوان پوشش خوراکی در طول مدت زمان نگهداری توسط علیزاده بهبهانی و ایمانی فولادی (2018) مطالعه شده است [11].

همچنین خشک کردن پیش از سرخ کردن یک سطح سفت و خشک‌شده را اطراف ماتریکس مواد محصول ایجاد می‌کند. این تکنیک مقدار آب کل محصول را کاهش و جذب روغن را محدود می‌کند [12]. علاوه براین، چروکیدگی که طی خشک شدن رخ می‌دهد سطح کل را کاهش داده و متعاقباً انتقال جرم کم می‌شود. نهایتاً این پیش‌فرآیند به دلیل کاهش جذب روغن و بهبود ویژگی‌های ارگانولپتیک محصول از طریق افزایش تردی مورد توجه قرار گرفته است [13].

پرتو مادون‌قرمز بخشی از طیف الکترومغناطیسی است [14]. حرارت‌دهی با مادون‌قرمز برای پاستوریزاسیون، خشک‌کردن، انجماد زدایی و پخت محصولات خمیری مورد استفاده قرار گرفته است [15].

استفاده از حرارت مادون‌قرمز منجر به کاهش محتوای رطوبت و چربی زیب زمینی می‌شود و نیروی مورد نیاز برای سوراخ کردن بافت آن نیز با افزایش دما و زمان حرارت‌دهی افزایش می‌یابد [16]. لوید (2003) روشی برای استفاده از حرارت‌دهی مادون‌قرمز که پروفایل شار حرارتی مشابه فرایند سرخ کردن دارد را به وجود آورد و فرنچ فرایزی تولید کرد که از نظر حسی و دستگاهی مشابه نمونه کاملاً سرخ‌شده بود. به‌علاوه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

این محصول نیمه سرخ‌شده که پخت نهایی آن با مادون‌قرمز صورت گرفت محتوای چربی پایین‌تری نسبت به نمونه سرخ‌شده داشت (13% در برابر 19/2%) [17].

ترپ و همکاران (2016) از پرتو مادون‌قرمز به‌منظور تکمیل فرآیند پخت کوفته گوشتی پیش پخت شده با فرآیند اهمیک استفاده کردند و به مطالعه تأثیر پارامترهای مختلف (شار حرارتی، فاصله از منبع حرارتی و زمان) بر ویژگی‌های بافتی، رنگ و ویژگی‌های پختی پرداختند [18]. در مطالعه‌ای دیگر نیز تأثیر استفاده از امواج مادون‌قرمز در پخت نهایی دونات‌های نیمه سرخ‌شده بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن ارزیابی شد [19].

مهدویان‌مهر و همکاران در سال 2016 کارایی صمغ قدومه شیرازی در غلظت‌های مختلف را بر ویژگی‌های ناگت مرغ مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که استفاده از این صمغ با سطح 1% در پوشش ناگت مرغ بالاترین محتوای رطوبت و کمترین محتوای چربی را دارا بود [20]. شان و همکاران در سال 2018 صمغ زانتان و فیبر سویا را به خمیرابه ناگت ماهی پوشش دهی شده افزودند و دریافتند که ترکیبی از نسبت‌های مختلف آن منجر به کاهش جذب روغن در ناگت ماهی می‌شود و نمونه حاوی بیشترین محتوای رطوبت، کمترین محتوای روغن را داشت [21]. همچنین در پژوهشی دیگر محققان به بررسی تأثیر درصدهای مختلف صمغ گوار و ژلان به کار برده شده در پوشش خلال‌های سیب‌زمینی بر محتوای روغن و ضریب انتقال حرارت در آن پرداختند و پی بردند که استفاده از صمغ موجب کاهش ضریب انتقال حرارت و به دنبال آن کاهش محتوای روغن می‌شود [22].

با توجه به اینکه برهمکنش میان صمغ بالنگو و پرتو مادون‌قرمز در تهیه و پخت ناگت مرغ تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است، در این پژوهش به مطالعه تأثیر صمغ بالنگو به کار رفته در پوشش ناگت مرغ بر ویژگی‌های فیزیکی.شیمیایی مانند محتوای روغن و رطوبت، افت وزن کل، شاخصه‌های رنگی و ویژگی‌های بافتی آن خواهیم پرداخت.

2- مواد و روش‌ها

2-1-تهیه مواد اولیه

مواد اولیه تهیه ناگت مرغ شامل گوشت سینه مرغ، ادویه، نمک و پیاز و پوشش ناگت مرغ شامل آرد، پودر سوخاری، بیکینگ پودر از بازار محلی سطح شهر گرگان تهیه شد.

دانه بالنگو از سطح شهر گرگان خریداری شده و صمغ آن طبق روش بهینه معرفی شده به‌وسیله صالحی و کاشانی‌نژاد (2014) استخراج شد. در این روش ابتدا دانه‌های بالنگو به مدت 20 دقیقه در آب مقطر با نسبت 20:1 خیسانده شده و سپس صمغ آن به‌وسیله یک استخراج کننده[1] (MJ-J176P، پاناسونیک[2]، ژاپن) از دانه جدا شد. صمغ خام در دمای 60°C به مدت 48 ساعت خشک شد و پس از آن به‌وسیله آسیاب تبدیل به پودر شده و پس از گذراندن از صافی با مش 35 بسته‌بندی و تا زمان استفاده در یخچال نگه‌داری شدند [23].

2-2-تهیه ناگت مرغ

هسته ناگت مرغ شامل 88% گوشت چرخ شده سینه مرغ، 10% پیاز چرخ شده، 1/5% نمک و 0/5% ادویه بوده که با یک همزن دستی (SHM-450S، ساپر[3]، چین) کاملاً باهم مخلوط شدند. همچنین خمیرابه شامل 98% آرد گندم، 1/5% نمک، 0/5% بیکینگ پودر و دو سطح صمغ (0/25 و 0/5) بوده که با همان مقدار از آرد جایگزین شده و سپس با نسبت 3:5 وزنی-حجمی با آب مخلوط گردیدند. بعد از تهیه مواد اولیه مخلوط یکنواخت هسته با ضخامت 1/5 سانتی‌متر در قالب ریخته شده و به مدت 3 ساعت در فریزر (UW8F2CXBIN، ویرپول[4]، آمریکا) نگهداری شده و پس از خرج از فریزر با یک قالب دستی به ابعاد (3/5×3/5) سانتی‌متر جدا شده و در خمیرابه قرار داده شد و بعد از چکاندن خمیرابه اضافی طی 10 ثانیه بر روی یک توری مشبک، به مدت 30 ثانیه در پودر سوخاری غلطانیده شد. سپس ناگت‌های تولیدی بسته‌بندی شده و تا زمان پخت و انجام آزمایش‌ها در فریزر 18°C- نگه‌داری شدند [24].

2-3-فرآیند پخت

نمونه‌های ناگت مرغ طی 7 ساعت (4°C) یخ‌زدایی شده و سپس تحت تیمار مادون‌قرمز با شارهای حرارتی kW/m^2 18/5، 21/6، 24/7 (مساحت سطح نگهدارنده نمونه برحسب متر مربع/ توان مورد استفاده برحسب وات) به مدت 12 دقیقه

2 Extractor
2 Panasonic
3 Sapor
4 whirlpool

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

قرار گرفتند و سپس به مدت 30 ثانیه در 180°C به‌صورت عمیق در سرخ‌کن (SDF555، سرجیو[1]، ایتالیا) سرخ شدند. همچنین نمونه شاهد به مدت 4 دقیقه در دمای 180°C به‌صورت عمیق سرخ شد. آون مادون‌قرمز مورد استفاده در این پژوهش به‌وسیله گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طراحی شده و مطابق شکل یک، دو لامپ مادون‌قرمز استوانه‌ای (نور[2]، ایران) در بالا و پایین محفظه دستگاه و به فاصله 5 سانتی‌متر از یک نگه‌دارنده نمونه در مرکز قرار داشتند. همچنین توان دستگاه با استفاده از واریابل (LS-1P-3K-V، گلد استار[3]، کره جنوبی) و فاصله لامپ از نگهدارنده نمونه نیز توسط قاب کشویی قابل تنظیم است. ابعاد دستگاه نیز شامل طول 50 سانتی‌متر، عرض 25 سانتی‌متر و ارتفاع 45 سانتی‌متر می باشد.

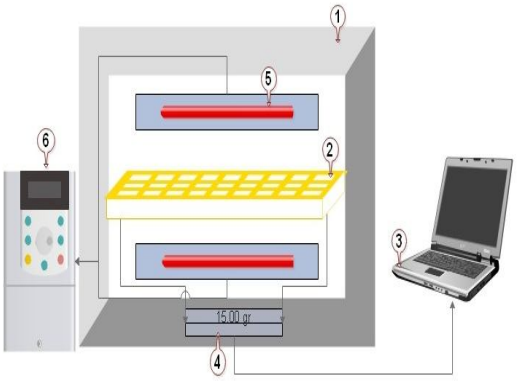

Fig 1 Schematic diagram of designed IR heating oven used for cooking the chicken nuggets: 1) cooking chamber; 2) sample holder; 3) computer; 4) electronic balance; 5) IR lamp; 6) variable.

2-4-ارزیابی محتوای رطوبت ناگت مرغ

نمونه‌های 5 گرمی ناگت مرغ پس از آماده‌سازی و توزین متوالی به‌وسیله ترازو (سارتوریوس[4]، آلمان) با دقت 0/001 گرم جهت تعیین مقدار رطوبت توسط آون (200VO، ممرت[5]، آلمان) در دمای 2 ± 105درجه سانتی گراد به مدت 24 ساعت خشک شدند. به‌طوری که تغییر وزنی بین دو بار توزین مشاهده نشد و سپس درصد رطوبت بر مبنای مرطوب (MC) طبق رابطه زیر محاسبه شد [25]. در این رابطه M1 و M2 به‌ترتیب وزن نمونه قبل و بعد از قرار دادن در آون می‌باشد.

$$MC\,(wb) = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

2-5-ارزیابی محتوای روغن ناگت مرغ

محتوای روغن مطابق با روش استاندارد اندازه‌گیری شد [25]. بدین منظور، 4-2 گرم از نمونه‌های خشک‌شده در کارتوش قرار گرفت. استخراج روغن با استفاده از هگزان (مرک[6]، آلمان) و به روش سوکسله (PSU-500SI، پکو فود سیستم[7]، ایران) در طی 6 ساعت بازچرخش حلال انجام گرفت. بعد از پایان استخراج، ظرف‌های سوکسله به‌مدت یک ساعت جهت حذف حلال در آون 105°C قرار گرفتند. محتوای روغن نیز بر مبنای وزن خشک محاسبه با استفاده از رابطه زیر گردید. که در این رابطه Fc بیانگر محتوای روغن نمونه بر پایه خشک و W1 وزن بالن سوکسله بعد از حذف حلال در اتمام فرآیند سوکسله و W2 وزن بالن سوکسله خالی می‌باشد. همچنین W3 وزن نمونه رطوبت گیری شده مورد استفاده برای چربی‌گیری است.

$$Fc(db) = \frac{W1 - W2}{W3} \times 100$$

2-6-ارزیابی بافت

ارزیابی بافت ناگت مرغ یک ساعت پس از اتمام فرآیند پخت به‌وسیله یک دستگاه آنالیز بافت (Stable Micro Systems, UK) صورت گرفت. بدین منظور ناگت مرغ به قطعات ($1/5\times1/5\times1/5\ cm^3$) بریده شده و به‌وسیله یک پروب استوانه‌ای (قطر 3/6 سانتی‌متر) و ظرفیت بارگذاری 5 کیلوگرمی تحت آزمون آنالیز پروفایل بافت (TPA) قرار گرفت. آزمون آنالیز پروفایل بافت طی دو مرحله فشردن نمونه با تأخیر 15 ثانیه‌ای بین دو مرحله و با سرعت حرکت پروب 1mm/s انجام گرفت. در پایان پارامترهای مختلفی همچون سختی، فنریت، قابلیت جویدن (صمغی بودن×فنریت)، صمغی بودن و خاصیت ارتجاعی با نمایش یک نمودار نیرو-زمان توسط دستگاه تعیین شد.

2-7-ارزیابی کاهش وزن کل

به منظور تعیین کاهش وزن کل، ناگت مرغ به‌وسیله یک ترازو الکترونیکی قبل و بعد از فرآیند پخت توزین و با استفاده از

1 Sergio
2 Noor
3 Gold star
4 Sartorius
5 Memmert

6 Merck
7 Peco-food system

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

معادله زیر درصد آن محاسبه شد [26]. در این معادله W_i و W_f به ترتیب وزن نمونه‌های ناگت مرغ بر حسب گرم قبل و بعد از فرآیند حرارتی هستند.

$$L_T = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

2-8-ارزیابی رنگ

تصویربرداری از نمونه‌ها درون جعبه سیاه مجهز به دو لامپ فلوئورسنت و با استفاده از دوربین کنون[1] (SX-150، ژاپن) ، انجام شده و آنالیز عکس‌ها (شامل برش تصویر و از بین بردن نویز) نیز با استفاده از نرم‌افزار ImageJ (version 1.42e, USA) صورت گرفت و مقادیر a* (قرمز/سبز محدوده +100 -100-)، b* (زرد/آبی محدوده +100 -100-) و L* (روشنایی/تاریکی محدوده 100-0) به‌وسیله نرم‌افزارتعیین شد.

2-9-تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور بررسی اثر شارهای حرارتی مختلف حاصل از لامپ مادون‌قرمز ($18/5\ kW/m^2$، 21/6، 24/7) و درصدهای مختلف صمغ (0/25 و 0/5 درصد) بر ویژگی‌های کیفی ناگت‌های مرغ پخته شده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. در هنگام مشاهده معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان 95 درصد انجام شد. در این پژوهش، نرم‌افزارهای Microsoft Excel (2013) و SAS نسخه 9.0 مورد استفاده قرار گرفت.

3-نتایج و بحث

3-1-محتوای رطوبت، روغن و افت وزنی کل

شکل 2 محتوای رطوبت ناگت‌های مرغ پیش تیمار شده با مادون‌قرمز و پوشش دهی شده با خمیرابه حاوی صمغ بالنگو را نشان می‌دهد. بیشترین محتوای رطوبت 51/80% نمونه حاوی 0/5% تیمار شده با شار حرارتی $18/5\ kW/m^2$ است. هرچه توان لامپ مادون‌قرمز افزایش می‌یابد به دلیل بالا رفتن دما، از محتوای رطوبت ناگت مرغ کاسته می‌شود که با نتایج ملیتو فارکاس (2013) مطابقت دارد [19]. افزایش غلظت صمغ در خمیرابه منجر به افزایش میزان رطوبت شده است که نتایج مهدویان‌مهر و همکاران (2016) مبین این موضوع است [20].

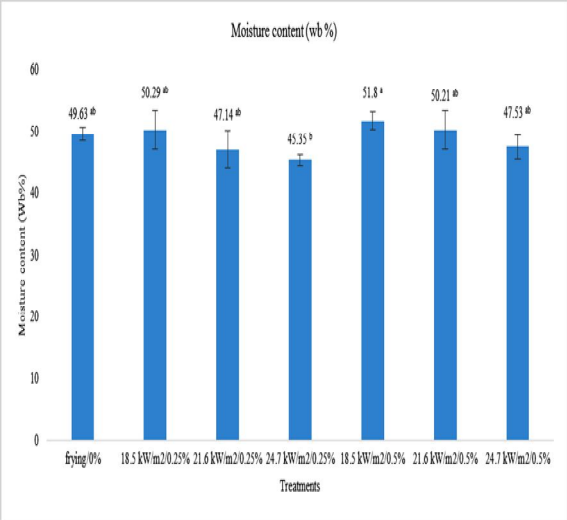

Fig 2 The effect of IR and gum pretreatments on moisture content (Wb %) of the chicken nuggets, same letters in each column indicate no significant difference (P >0.05).

مطابق شکل 3 بیشترین محتوای روغن مربوط به نمونه شاهد است که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها دارد (p<0/05) و کمترین محتوای روغن مربوط به تیمار دارای 0/5% صمغ بالنگو و پخته شده با شار حرارتی $24/7\ kW/m^2$ است که تقریباً 50% کاهش نسبت به نمونه شاهد نشان داده است.

طبق یافته‌های تحقیقات پیشین توان بالای لامپ مادون‌قرمز به دلیل تولید حرارت بیشتر سطح ناگت را خشک کرده و از جذب بالای روغن طی فرآیند سرخ کردن به دلیل ایجاد پوسته ضخیم و یکنواخت جلوگیری می‌کند [27].

هم‌چنین درصد بیشتر از صمغ بالنگو به دلیل ایجاد یک لایه محافظتی ژله‌ای طی فرآیند حرارتی، از جذب روغن بیشتر طی سرخ کردن جلوگیری می‌کند و مانعی برای مهاجرت رطوبت از مرکز به سطح ایجاد می‌کند [28 و 29]، هم‌چنین به احتمال

1 Canon

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

زیاد و طبق تحقیقات گذشته گروه‌های هیدروکسیل صمغ نیز به مولکول‌های آب حاضر در حفره‌های سطح ناگت مرغ متصل شده و از تبخیر آن جلوگیری می‌کنند [29 و 5].

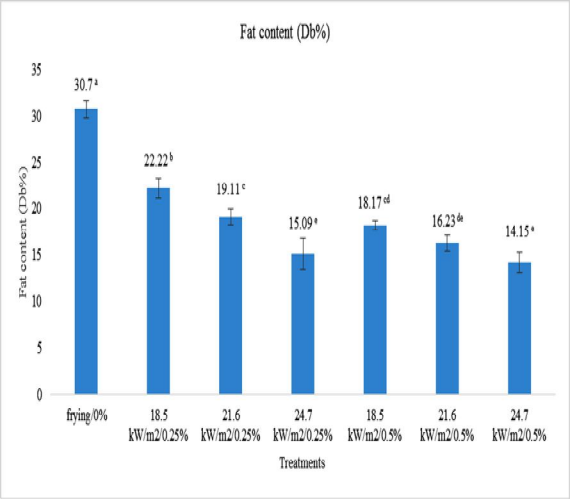

Fig 3 The effect of IR and gum pretreatments on fat content (Db %) of the chicken nuggets, same letters in each column indicate no significant difference (P >0.05).

نتایج پژوهشگران دیگر نیز نشان می‌دهد که افزایش توان لامپ مادون‌قرمز و افزایش درصد صمغ منجر به کاهش محتوای روغن می‌شود [19 و 20].

شکل 4 بیانگر کاهش افت وزن کل در تیمارهای مختلف شار حرارتی و درصدهای صمغ متفاوت است.کاهش افت وزن کل نیز در نمونه شاهد بیشترین مقدار را دارد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها دارد (p<0/05). همان‌طور که در جدول یک دیده می‌شود با افزایش توان میزان افت کل افزایش می‌یابد که به دلیل کاهش بیشتر محتوای رطوبت است. در واقع دمای بالای حاصل از افزایش توان لامپ مادون‌قرمز باعث دناتوره شدن پروتئین‌های موجود در بافت ناگت مرغ شده که موجب خروج بیشتر رطوبت و چربی می‌شود [30 و 31].

در پژوهشی بیان شده است که بازده پخت کوفته گوشتی که نقطه مقابل افت وزن کل است در توان‌های بالای مادون‌قرمز کاهش می‌یابد [18]. روند تغییرات رطوبت، روغن و افت وزن کل با افزایش توان لامپ مادون‌قرمز با نتایج قبلی ما نیز هم‌خوانی دارد [27].

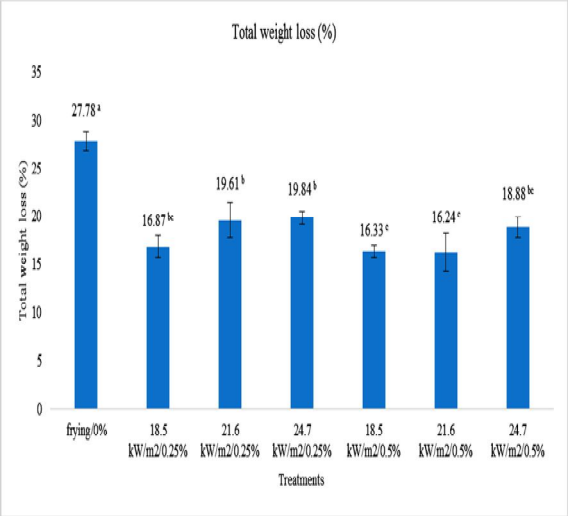

Fig 4 The effect of IR and gum pretreatments on total weight loss (%) of the chicken nuggets, same letters in each column indicate no significant difference (P >0.05).

3-2-ارزیابی رنگ ناگت مرغ

جدول 1 فاکتورهای رنگی ناگت مرغ تیمار شده با شرایط مختلف را نشان می‌دهد. مقادیر L* که بیانگر روشنایی است با افزایش توان و به دنبال آن افزایش حرارت تولیدی به‌وسیله لامپ مادون‌قرمز، میزان روشنایی کاهش می‌یابد [32]. همچنین میزان a* که قرمزی/زردی را نشان می‌دهد طی این روند افزایش یافته است و تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف با نمونه شاهد وجود دارد (p<0/05). میزان b* نمونه شاهد که به‌صورت عمیق سرخ‌شده و در فرمولاسیون خمیرابه آن از صمغ استفاده نشده است، کمترین میزان را دارد. اما طی تیمارهای مختلف روند مشخصی از خود نشان نمی‌دهد. احتمالاً و طبق تحقیقات پیشین، تولید رنگدانه قهوه‌ای طی فرآیند به دلیل واکنش میلارد گروه‌های کربوکسیل پلی‌ساکاریدها با گروه آمین آمینواسیدهای پروتئین و کاراملیزاسیون قندها در دمای بالای فرایند باشد [33]. طی سرخ کردن ناگت مرغ در دماهای بالاتر a* که نمایانگر قرمزی است افزایش بیشتری می‌یابد [32]. کاهش روشنایی و b* و افزایش a* در پخت دونات با افزایش توان لامپ مادون‌قرمز گزارش شده است [19]. همچنین پژوهشگران نشان دادن که ناگت ماهی با پوشش حاوی درصد صمغ کمتر دارای b* و L* کمتر و a* بیشتر بوده که نشانگر کاهش روشنایی و زردی و بهبود رنگ قرمز پوسته است که با نتایج ما مطابقت دارد [21].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]
[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

Table 1 The effect of IR and gum pretreatments on color attributes of the chicken nuggets.

Gum percentage	Cooking conditions		Color attributes		
	Treatment	Heat flux (kW/m^2)	L*	a*	b*
0%	control	--	46.23 ± 3.57[f]	25.62 ± 4.19[a]	49.78 ± 4.55[d]
	IR-PF	18.5	65.11 ± 0.17[b]	7.69 ± 0.48[d]	65.11 ± 0.18[a]
0.25%	IR-PF	21.6	61.27 ± 0.77[c]	11.13 ± 0.81[c]	61.27 ± 0.35[ab]
	IR-PF	24.7	55.61 ± 0.22[e]	14.53 ± 1.41[b]	55.61 ± 0.81[c]
	IR-PF	18.5	70.09 ± 0.02[a]	2.43 ± 0.76[e]	57.41 ± 3.46[bc]
0.50%	IR-PF	21.6	58.31 ± 0.02[d]	10.45 ± 0.13[c]	59.21 ± 0.24[abc]
	IR-PF	24.7	57.54± 0.8[d]	11.56 ± 0.45[c]	56.48 ± 0.19[c]

Same letters in each column indicate no significant difference (P >0.05).

3-3-ارزیابی ویژگی‌های بافتی ناگت مرغ

جدول 2 ویژگی‌های بافتی ناگت‌های مرغ پخته شده با شرایط مختلف را نشان می‌دهد. میزان سختی نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با مادون‌قرمز تفاوت زیادی نداشته و روند افزایشی به‌صورت کلی با افزایش توان لامپ مادون‌قرمز دیده می‌شود. این می‌تواند به دلیل افزایش حرارت ایجاد شده با افزایش توان لامپ مادون‌قرمز و کاهش سریع‌تر رطوبت سطحی ناگت مرغ باشد. هرچند که نمونه سرخ‌شده به‌صورت عمیق نیز تحت حرارت بالایی قرار می‌گیرد و به همین دلیل میزان سختی آن اختلاف چندانی با سایر تیمارها ندارد. میزان چسبندگی نمونه شاهد با باقی تیمارها به‌طور معنی‌داری اختلاف دارد (p<0/05) و در بالاترین میزان است که این می‌تواند به دلیل بالاتر بودن محتوای روغن آن باشد. همچنین نمونه شاهد به نیروی بیشتری برای جویدن نیاز دارد و نمونه‌های تیمار شده با صمغ نیروی جویدن کمتری نیاز دارند که می‌تواند به دلیل تأثیر صمغ بر نرمی پوسته ناگت مرغ باشد زیرا با افزایش درصد صمغ این میزان کاهش بیشتری داشته است. خزایی و همکاران در سال 2016 دلیل کاهش سختی میگو پوشش داده شده با افزودن صمغ را محتوای بالاتر رطوبت آن بیان کردند که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد [34]. تأثیر دما بر خمیر همبرگر نشان می‌دهد که افزایش از دست دادن رطوبت به دلیل دمای بالا باعث الاستیسیته مطلوب و سختی آن می‌شود [35].

Table 2 The effect of IR and gum pretreatments on textural properties of the chicken nuggets.

Gum percentage	Cooking conditions		Textural properties				
	Treatment	Heat flux (kW/m^2)	Hardness(N)	Springiness (cm)	Cohesiveness	Chewiness (N.cm)	Resilience
	control	-	14.99±2.78[ab]	0.63±0.02[b]	0.68±0.022[a]	10.23±0.93[a]	0.21±0.009[a]
	IR-PF	18.5	11.82±1.49[ab]	0.69±0.02[ab]	0.44±0.02[b]	3.66±0.73[cd]	0.18±0.015[b]
0.25%	IR-PF	21.6	17.05±1.62[a]	0.70±0.01[ab]	0.45±0.037[b]	5.38±0.03[abc]	0.17±0.002[bc]
	IR-PF	24.7	16.50±3.35[ab]	0.72±0.03[a]	0.49±0.001[b]	5.84±1.43[ab]	0.11±0.004[d]
	IR-PF	18.5	11.04±3.18[b]	0.663±0.016[ab]	0.43±0.015[b]	3.17±0.72[d]	0.172±0.003[bc]
0.50%	IR-PF	21.6	12.16±2.49[ab]	0.674±0.026[ab]	0.44±0.02[b]	3.63±0.72[cd]	0.890±0.004[e]
	IR-PF	24.7	15.86±0.26[ab]	0.663±0.048[ab]	0.45±0.018[b]	4.80±0.47[bcd]	0.160±0.010[c]

Same letters in each column indicate no significant difference (P >0.05).

4- نتیجه‌گیری

از آنجایی که سرخ کردن عمیق ناگت مرغ محصولی با محتوای روغن بالا را به وجود می‌آورد، در این مطالعه، پخت با مادون‌قرمز و استفاده از پیش‌تیمار صمغ به‌عنوان روش‌های جایگزین به‌منظور کنترل این پدیده معرفی شده است. رنگ، بافت، ویژگی‌های پختی و محتوای روغن و رطوبت نمونه‌ها متناسب با پارامترهای اعمال شده مادون‌قرمز تغییر می‌کنند. امواج الکترومغناطیسی فرکانسی در منطقه مادون‌قرمز دارد که حرارت را به سطح ناگت مرغ توسط مکانیسم تشعشع منتقل می‌کند. شدت انرژی مادون‌قرمز به توان اعمال شده وابسته است. میزان حرارت تولیدی نیز با افزایش توان زیاد می‌شود و دما نیز بالا می‌رود. درصد صمغ بالنگو به کار رفته در پوشش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

ناگت مرغ نیز بر ویژگی‌های مختلف بافتی، رنگی و پختی آن تأثیرگذار است. با افزایش درصد صمغ این سفتی بافت ناگت مرغ کاهش یافته و شاخص رنگی a* افزایش می‌یابد که این ویژگی‌ها مطلوب قلمداد می‌شوند. با این حال مطالعات بیشتری باید در زمینه بهینه‌سازی شرایط پخت با مادون‌قرمز و فرمولاسیون بهینه پوشش و هسته ناگت مرغ انجام گیرد. همچنین ترکیب روش پخت با مادون‌قرمز با دیگر روش‌های نوین پخت و پیش تیمارهای مختلف دیگر می‌تواند مورد ارزیابی قرار بگیرد.

5- منابع

[1] Guallar-Castillón, P., Rodríguez-Artalejo, F., Fornés, N. S., Banegas, J. R., Etxezarreta, P. A., Ardanaz, E., . . . Larrañaga, N. L. (2007). Intake of fried foods is associated with obesity in the cohort of Spanish adults from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition.*, *86*(1), 198-205 .

[2] García, M., Ferrero, C., Campana, A., Bértola, N., Martino, M., & Zaritzky, N. (2004). Methylcellulose coatings applied to reduce oil uptake in fried products. *Food Science and Technology International.*, *10*(5), 339-346 .

[3] Rajkumar, V., Moreira, R., & Barrufet, M. (2003). Modeling the structural changes of tortilla chips during frying. *Journal of Food Engineering.*, *60*(2), 167-175 .

[4] Varela, P., & Fiszman, S. (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food Hydrocolloids*, *25*(8), 1801-1812 .

[5] 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.

[6] 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(5-6), 502-508 .

[7] 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 .

[8] Seyedi, S., Koocheki, A., Mohebbi, M., & Zahedi, Y. (2014). Lepidium perfoliatum seed gum: A new source of carbohydrate to make a biodegradable film. *Carbohydrate Polymers.*, 101, 349-358 .

[9] Amini, A. M., & Razavi, S. M. (2012). Dilute solution properties of Balangu (Lallemantia royleana) seed gum: Effect of temperature, salt, and sugar. *International Journal of Biological Macromolecules.*, *51*(3), 235-243 .

[10] Behbahani, B. A., & Imani Fooladi, A. A. (2018). Shirazi balangu (*Lallemantia royleana*) seed mucilage: Chemical composition, molecular weight, biological activity and its evaluation as edible coating on beefs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 882–889.

[11] Razavi, S. M. A., Mohammadi Moghaddam, T., & Mohammad Amini, A. (2008). Physical-mechanical properties and chemical composition of Balangu (Lallemantia royleana (Benth. in Walla.)) seed. *Internatinal Journal of Food Engineering*, *4*(5).

[12] Vitrac, O. (2000). Experimental characterization and modeling of the frying operation (Doctoral dissertation, National School of Agricultural and Food Industries.

[13] Debnath, S., Bhat, K., & Rastogi, N. (2003). Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *LWT-Food Science Technology.*, *36*(1), 91-98 .

[14] Ranjan, R., Irudayaraj, J., & Jun, S. (2002). Simulation of three-dimensional infrared drying using a set of three–coupled equations by the control volume methode. *Trans ASAE.*, *45*(5), 1661 .

[15] Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Soojin, J., Irudayaraj, J., & Demirci, A. (2008). Infrared heating in food processing: an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*, *7*(1), 2-13 .

[16] Kirmaci ,B., & Singh, R. K. (2016). Quality of the pre-cooked potato strips processed by Radiant Wall Oven. *LWT-Food Science Technology.*, *66*, 565-571 .

[17] Lloyd, B. J., Farkas, B. E., & Keener, K. M. (2004). Quality comparison of French fry style potatoes produced by oven heating, immersion frying and controlled dynamic radiant heating. *Journal of Food Processing and Preservation.*, *28*(6), 460-472 .

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

texture and colour attributes of meat patties. *Journal of Food Engineering., 93*(4), 437-443 .

[27] Rahimi, D., Kashaninejad, M., Ziaiifar, A. M., & Mahoonak, A. S. (2018). Effect of infrared final cooking on some physico-chemical and engineering properties of partially fried chicken nugget. *Innovative Food Science Emerging Technology., 47*, 1-8.

[28] Brannan, R. G., Mah, E., Schott, M., Yuan, S., Casher, K. L., Myers, A., & Herrick, C. (2014). Influence of ingredients that reduce oil absorption during immersion frying of battered and breaded foods. *European Journal Lipid Science Technology., 116*(3), 240-254 .

[29] Kurek, M., Ščetar, M., & Galić, K. (2017). Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. *Food Hydrocolloids., 71*, 225-235 .

[30] Hughes, J., Oiseth, S., Purslow, P., & Warner, R. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science., 98*(3), 520-532

[31] Oroszvári, B. K., Rocha, C. S., Sjöholm, I., & Tornberg, E. (2006). Permeability and mass transfer as a function of the cooking temperature during the frying of beefburgers. *Journal of Food Engineering., 74*(1), 1-12 .

[32] Ngadi, M., Li, Y., & Oluka, S .(2007) . Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenatation. *LWT-Food Science Technology., 40*(10), 1784-1791 .

[33] Pedreschi, F., Bustos, O., Mery, D., Moyano, P., Kaack, K., & Granby, K. (2007). Color kinetics and acrylamide formation in NaCl soaked potato chips. *Journal of Food Engineering., 79*(3), 989-997 .

[34] Khazaei, N., Esmaiili, M., & Emam-Djomeh, Z. (2016). Effect of active edible coatings made by basil seed gum and thymol on oil uptake and oxidation in shrimp during deep-fat frying. *Carbohydrat Polymer., 137*, 249-254.

[18] Turp, G. Y ,.Icier, F., & Kor, G. (2016). Influence of infrared final cooking on color, texture and cooking characteristics of ohmically pre-cooked meatball. *Meat Science., 114*, 46-53 .

[19] Melito, H. S., & Farkas, B. E. (2013). Effect of infrared finishing process parameters on physical, mechanical, and sensory properties of par-fried, infrared-finished gluten-free donuts. *Journal of Food Engineering., 117*(3), 399-407 .

[20] Mehr, H. M., Koocheki, A., & Mohebbi, M. (2016). Performance of Lepidium perfoliatum seed gum in deep-fried battered chicken nugget: effect of gum concentration and batter temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization., 10*(1), 166-176 .

[21] Shan, J., Chen, J., Xie, D., Xia, W., Xu, W., & Xiong, Y. L. (2018). Effect of Xanthan Gum/Soybean Fiber Ratio in the Batter on Oil Absorption and Quality Attributes of Fried Breaded Fish Nuggets. *Journal of Food Science., 83*(7), 1832-1838 .

[22] Kim, D. N., Lim, J., Bae, I. Y., Lee, H. G., & Lee, S. (2011). Effect of hydrocolloid coatings on the heat transfer and oil uptake during frying of potato strips. *Journal of Food Engineering., 102*(4), 317-320 .

[23] Salehi, F., & Kashaninejad, M. (2014). Effect of different drying methods on rheological and textural properties of Balangu seed gum. *Drying Technology., 32*(6), 720-727 .

[24] Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, S. M., & Shahidi, F. (2012). The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food Bioprocces Technology., 5*(5), 1521-1530 .

[25] AOAC, (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

[26] Braeckman, L., Ronsse, F., Hidalgo, P. C., & Pieters, J. (2009). Influence of combined IR-grilling and hot air cooking conditions on moisture and fat content,

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

Studying effect of infrared radiation on qualitative attributes of chicken nugget coated by batter containing Balangu gum

Rahimi, D.[1], Kashaninejad, M. [2*], Hasani, M. [3], Asadi Amirabadi, A. [4]

1. PhD student, Dept. of Food Science and Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources
2. Associate Professor, Food Process Engineering Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. PhD, Dept. of Food Process Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. PhD student, Dept. of Food Process Engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran)

(Received: 2019/10/20 Accepted: 2020/05/02)

Chicken nugget is one of the most popular convenience food in the world. Because of high-fat content in preparation of nuggets with regular methods that causes obesity and other related diseases, other techniques like pretreatment using gum and drying came into attention. In this study, chicken nuggets coated with batter containing Balangu gum (0.25 and 0.5%) were cooked by infrared-frying method in three heat fluxes of 18.5, 21.6, 24.7 kW/m^2 for 12 minutes. The effects of the process and gum concentration on moisture content, fat, total weight loss, color parameters (a*, b* and L*) and texture properties of this product were investigated. The sample containing 0.5% gum had the highest moisture content (51.80%) and by increasing the power of the infrared radiation, moisture content decreased. The lowest fat content was related to the sample with a heat flux of 24.7kW/m^2 containing 0.5% Balangu gum. By decreasing gum concentration and decreasing the power of the infrared radiation, fat content of samples increased. Also, Color attribute L* which shows lightness had the lowest amount in the control sample because of higher heat during the cooking process. The hardness of chicken nugget in various treatments did not change significantly, which can be important in consumer acceptance, but cohesiveness of samples treated using infrared-gum treatment showed significant difference compared to the control sample ($P<0.05$).

Key word: Chicken nugget, Infrared, Frying, Balangu gum.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-07-16]

[DOI: 10.52547/fsct.17.102.83]

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