# تاثیر پودر پخت ریزپوشانی شده با موم کارنوبا بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی مرغ روکش‌دارشده با پودر تمپورا طی مدت زمان نگهداری

**افسانه خسرونیا[a]، افشین جعفرپور[b*]، غلامحسن اسدی[c]، سید مهدی سیدین اردبیلی[d]، سیده شیما یوسفی[c]**

[a] دانشجوی دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[b] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

[c] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[d] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات،، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۱۸

DOI. 10.30495/jftn.2023.73778.11260



## چکیده

**مقدمه:** غذاهای روکش‌دار در رستوران‌ها و منازل بلافاصله یا اندکی پس از آماده‌سازی مصرف می‌شوند. این مطالعه با هدف میکروکپسول کردن پودر پخت با موم کارنوبا در فرمولاسیون تمپورا و بررسی تغییرات پودر تمپورا در مدت زمان نگهداری انجام شد. در نهایت تأثیر آن بر ویژگی‌های مرغ روکش‌دار شده بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** پودر پخت به نسبت ۱:۱ با موم کارنوبا میکروکپسوله شد. تیمارها در سه گروه $T_1$ (شاهد)، $T_2$ (تمپورا + ۳ درصد پودر پخت آزاد)، $T_3$ (تمپورا + ۳ درصد پودر پخت کپسوله شده) تهیه و پس از مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، در تهیه روکش برای فیله مرغ استفاده و ارزیابی شدند.

**یافته‌ها:** افزایش محتوای چربی، خاکستر، آزادسازی بالاتر $CO_2$ همچنین کاهش $a_w$ و پروتئین در تیمارهای $T_2$ و $T_3$ نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد ($p<0.05$). پودر تمپورا با فرمولاسیون جدید بطور معناداری از افزایش پراکسید فیله‌های مرغ روکش‌دار شده در طول سرخ کردن جلوگیری‌کرد ($p<0.05$). همچنین جذب بیشتر خمیرابه به محصول، تخلخل بالاتر در نمونه‌های روکش‌دار شده نسبت به نمونه شاهد گزارش شد ($p<0.05$). کاهش شاخص روشنایی $L^*$ و افزایش پارامتر $a^*$ و $b^*$ در تیمارها گزارش شد ($p<0.05$). همچنین کاهش سفتی بافت در محصولات پوشش داده شده حاوی پودر پخت گزارش شد ($p<0.05$). بالاترین امتیاز حسی در پارامترهای مورد بررسی (طعم، عطر، رنگ، بافت و پذیرش کلی) در تیمارهای $T_2$ و $T_3$ گزارش شد ($p<0.05$).

**نتیجه‌گیری:** می‌توان نتیجه گرفت که میکروکپسوله‌کردن پودر پخت یک روش امیدوار کننده برای تهیه محصول روکش‌دار با کیفیت، بافت و بازارپسندی بیشتر در این بازار رو به رشد باشد.

***واژه‌های کلیدی:*** *پودر پخت، تمپورا، ریزپوشانی، فیله مرغ سوخاری، موم کارنوبا*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: afjapo@gmail.com

## مقدمه

مواد غذایی روکش‌دار[1] و سوخاری شده در سراسر جهان شناخته شده و مورد استقبال قرار گرفته‌اند و ازجمله محصولات غذایی راحت برای مصرف را تشکیل می‌دهند. بازار محصولات مرغ روکش‌دار شده یا سوخاری شده یکی از سریع‌ترین بازارهای روبه‌رشد در دهه‌های اخیر بوده است. پوشش باعث حفظ و افزایش کیفیت ماده غذایی می‌شود، کاهش رطوبت در طول سرخ‌کردن را محدود می‌کند و همچنین به تولید طعم‌های دلپذیر کمک می‌کند. تشکیل پوسته ترد و کریسپی[2] با داخل لطیف و مرطوب، همچنین عطرهای وسوسه انگیز آنها تا حد زیادی مسئول پذیرش عالی مواد غذایی روکش‌دار و سوخاری شده هستند (Carvalho *et al*., 2018; Rozzamri *et al*., 2020).

خمیر از نوع چسبنده که به عنوان تمپورا یا پفکی نیز شناخته می‌شود، خمیر مایعی است که محصول را قبل از سرخ کردن، در آن فرو می‌برند. خمیر تمپورا اساساً از مخلوطی از آرد و آب تشکیل شده است، اما مواد دیگری اغلب برای بهبود بافت و طعم مانند نشاسته، تخم مرغ، پروتئین‌های مختلف مانند گلوتن، چاشنی‌ها، صمغ‌ها یا سایر هیدروکلوئیدها، یا عوامل حجم‌دهنده، که هنگام سرخ شدن منبسط می‌شوند، به آن اضافه می‌شود (Jorjani *et al*., 2019). محصولات خمیری با استفاده از هوا، انبساط حرارتی و روش‌های بیولوژیکی یا شیمیایی افزایش حجم پیدا می‌کنند. استفاده از این روش‌ها، حباب‌های گازی را در داخل محصول ایجاد و حفظ می‌کند و درنتیجه افزایش حجم و بافتی سبک، متخلخل و لطیف را فراهم می‌کند (Godefroidt *et al*., 2019). خمیر تمپورا حاوی پودر پخت به لایه آن ساختاری باز و اسفنجی می‌دهد. این امر باعث می‌شود که آب در حین سرخ کردن راحت‌تر از محصول تبخیر شود و از جدا شدن روکش در اثر تجمع بخار بین محصول و لایه خمیر جلوگیری کند (Guerrero-Legarreta, 2010). بنابراین انتخاب پودر پخت مناسب در فرمولاسیون تمپورا، در فرآیند پخت از اهمیت بالایی برخوردار است. از طرفی، هنگامیکه بی‌کربنات سدیم به صورت پودر ذخیره می‌شود، به مرور زمان پس از جذب رطوبت در دمای پایین‌تر به دی اکسید کربن و کربنات سدیم تجزیه می‌شود یا مستقیماً بدون جذب رطوبت در دمای بالا به دی اکسید کربن و کربنات سدیم تجزیه می‌شود. انتشار دی اکسید کربن منجر به کاهش جرم پودر می‌شود (Diez-Sánchez *et al*., 2020). پودرپخت به عنوان یک عامل حجم‌دهنده برای کنترل سرعت واکنش با اسید یا آب و جلوگیری از آن می‌تواند کپسوله شود. استفاده از پودر پخت‌های کپسوله شده از آزاد شدن سریع گاز جلوگیری می‌کند و واکنش شیمیایی را تا زمانیکه دیواره خارجی کپسول در طول پخت ذوب شود به تاخیر می‌اندازد (Diez-Sánchez *et al*., 2020; Gibbs *et al*., 1999).

چربی‌های طبیعی و اصلاح‌شده به‌طور گسترده در سیستم‌های مختلف ریزپوشانی برای کاربردهای آزادسازی ناشی از گرما استفاده شده‌اند. با توجه به نیاز آزادسازی حرارتی پودرهای پخت کپسوله شده بهترین حامل‌ها چربی‌ها و موم‌ها هستند (Ding *et al*., 2019; Comunian *et al*., 2018; Ravanfar *et al*., 2018). موم کارنوبا که از برگ درخت کارنوبا، *Copernicia prunifera (Miller)*، استخراج‌می‌شود، ترکیب پیچیده‌ای از استرها، الکل‌های آزاد، اسیدهای آلیفاتیک است. موم کارنوبا بالاترین نقطه ذوب را در بین تمام موم‌های طبیعی دارد و به طور گسترده به عنوان سخت‌ترین موم تجاری شناخته شده پذیرفته شده است. علاوه بر این، یک لیپید اشباع و نامحلول در آب است (Ravanfar *et al*., 2018). مطالعات اخیر استفاده از موم زنبور کارنوبا در تشکیل میکروکپسول به منظور حفظ ترکیبات مختلف حساس به رطوبت و حرارت در صنایع مختلف غذایی، داروئی و آرایشی را نشان داده است (Haghighat-Kharazi et al., 2018; Ding *et al*., 2019; Gundev *et al*., 2022; Nandy et al., 2022). این مطالعه با هدف بررسی تغییرات خمیر تمپورا ریزپوشانی شده با موم کارنوبا در مقایسه با خمیر تمپورا حاوی پودر پخت آزاد طی‌مدت زمان نگهداری و تأثیر بر ویژگی‌های مرغ روکش‌دار شده در زمان مصرف انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### - مواد

پودر پخت با فرمول نشاسته، آرد گندم، اسیدهای آلی (اسید

[1] Coated product's [2] Crispy

پیروفسفات سدیم و/یا اسید تارتارات پتاسیم) و جوش شیرین، از شرکت مهسا– ایران، تمپورا (گلستان–ایران) و موم کارنوبا از(Norevo – هنگ کنگ– چین) خریداری شد. تمام مواد شیمیایی مورد نیاز برای انجام آزمایشات از شرکت Merck – آلمان تهیه شدند.

**- تهیه میکروکپسول‌ها**

میکروکپسول‌ها به روش جداسازی فاز غیر آبی بر طبق Ding و همکاران (۲۰۱۹) با تغییرات جزئی انجام‌شد. بطور خلاصه، ابتدا ۱ گرم موم کارنوبا در ۳۰ میلی لیتر اتانول بدون آب در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد، بطور کامل حل‌شد. ۱ گرم از پودر پخت به محلول اتانولی افزوده شد سوسپانسیون بدست آمده به مدت ۲ دقیقه در دمای ۷۵ درجه‌سانتی‌گراد، با سرعت rpm ۵۰۰ همزده (IKA – ژاپن) شد. سپس سوسپانسیون با سرعت rpm ۵۰۰ تا رسیدن به دمای اتاق سرد شد و مخلوط کارنوبا و پودر پخت رسوب داده شد و با فیلتر جدا شدند. پس از چند بار شستشو با آب مقطر، رسوبات در خشک‌کن هوای گرم (Memmert–آلمان) در ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

**- تهیه پودر تمپورا**

پودر تمپورا از ترکیب آرد گندم (۴۷ درصد)، نشاسته (۴۷ درصد)، نمک (۱درصد) و مواد افزودنی (۵درصد بر اساس فرمولاسیون شرکت گلستان) تهیه شد. جهت بررسی اثر انکپسولاسیون بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی پودر تمپورا و پوشش خمیر بر فیله‌های مرغ، پودر پخت بصورت آزاد و میکروکپسول در سطح ۳درصد با دیگر ترکیبات پودر مخلوط شدند. نمونه‌های آماده شده در فویل‌های آلومینیومی ریخته و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایشات نگهداری شدند.

**- روکش‌دار کردن فیله‌های مرغ**

پودرهای تمپورا تهیه شده به فاصله هر ۱۴ روز برداشته (روز ۱، ۱۴و ۲۸) و با مقدار مساوی آب جهت تهیه خمیر تمپورا مخلوط شدند. فیله‌های مرغ کشتار روز (تهیه شده از بازار محلی– البرز) شسته و به قطعات ۴× ۳ سانتی‌متر مربع با قطر ۱ سانتی‌متر برش داده شدند. نمونه‌ها آرد زنی شدند و سپس درون خمیر تمپورا غوطه‌ور شدند. درنهایت تیمارهای آماده شده درون روغن با دمای ۳ ± ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه درون سرخ کن (Tefal – فرانسه) سرخ شدند (Daraei Garmakhany *et al*., 2014).

**- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر تمپورا**

محتوای روغن، پروتئین، خاکستر، pH (AOAC, 1995; AACC, 1961). اندازه‌گیری و گزارش‌شدند. جهت سنجش رنگ پودر تمپورا، از دستگاه رنگ سنج (NR60CP -Colorimeter – چین) استفاده شد (Zarehgashti *et al*., 2018). همچنین فعالیت آبی کلیهٔ نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد و با استفاده از دستگاه (Novasina Labmaster– سوئیس) انجام گرفت (Zayerzadeh *et al*., 2019).

**- ارزیابی راندمان آزادسازی CO2**

یک گرم از پودر تمپورا در یک فلاسک کاملاً درزبندی شده قرار گرفت و یک میلی‌لیتر آب مقطر درون فلاسک تزریق شد. فلاسک از قبل به یک فلاسک حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم (۰/۴ مولار) متصل شده بود. فلاسک درون حمام آب گرم (شیماز – ایران) در دمای حاصل از ارزیابی حرارتی کپسول‌ها (که دمای رهایش ترکیب انکپسوله را نشان می‌دهد) به مدت ۵ دقیقه قرار گرفت. پس از انجام آزمایش، فلاسک حاوی هیدروکسید سدیم جدا و ۵ میلی‌لیتر $BaCl_2$ به آن افزوده شد. درنهایت با محلول اگزالیک اسید در حضور معرف فنل فتالئین عیارسنجی شد. راندمان رهایش $CO_2$ از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد (Ding *et al*., 2019):

$$\frac{(CNaOH\times VNaOH-CH2C2o4\times VH2C2o4)}{WSBC\ /84} = \times ۱۰۰$$

درصد رهایش گاز

که در آن: $W_{SBC}$ مقدار بی‌کربنات سدیم نمونه /۸۴ = جرم مولی بی‌کربنات سدیم است.

**- ارزیابی فیله‌های مرغ روکش‌دار شده**

**- جذب خمیر محصول**

از تقسیم وزن نهایی هر قطعه فیله مرغ پوشش‌دار شده بر

وزن اولیه قطعه مرغ ضرب در ۱۰۰ تعیین شد (Das *et al*., 2008).

**- ارزیابی تخلخل**

ارزیابی تخلخل پوسته فیله‌های مرغ با روش پردازش تصویر انجام گرفت. به این ترتیب که تصویر تهیه شده توسط اسکنر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. تصاویر بدست آمده شامل مجموعه‌ای از نقاط روشن و تاریک است که محاسبه‌ی نسبت نقاط روشن به تاریک به عنوان شاخصی از میزان تخلخل نمونه‌ها برآورد شد (Pourfarzad *et al*., 2011).

**- ارزیابی رنگ**

با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج ۱۸۳۶ (Panasonic – ژاپن) انجام شد. تجزیه و تحلیل با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ (نسخه cs6) در شرایط ثابت انجام شد. پارامترهای رنگی L*، a* و b* به صورت جداگانه از هر قسمت به دست آمد. (Salehi *et al*., 2014).

**- ارزیابی بافت**

ویژگی‌های بافت نمونه با استفاده از دستگاه بافت‌سنج TA-XT2i (Goaldming – انگلیس) مجهز به یک لود سل ۵ کیلوگرمی انجام شد. برای بررسی بافت از یک پروب میله‌ای با قطر ۲۵ میلی‌متر با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه استفاده‌شد. سفتی بافت به عنوان بیشینه نیروی مورد نیاز برحسب نیوتن برای فشرده‌سازی نمونه تا ۴۰ درصد تغییر اندازه‌گیری و گزارش شد (Martínez-Pineda *et al*., 2020).

**- ارزیابی اندیس پراکسید**

۵ گرم از نمونه توزین و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول اسید استیک + کلروفرم که به نسبت ۳ به ۱ به نمونه روغن اضافه شد؛ ۰/۵ میلی‌لیتر یدیدپتاسیم اشباع به آن افزوده و محلول به مدت ۱ ساعت در تاریکی قرار گرفت. پس از طی شدن مرحله تاریکی، ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر را به ظرف بالا اضافه شد؛ سپس چند قطره چسب نشاسته ۱ درصد به محلول افزوده و تا بی‌رنگ شدن با تیوسولفات سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. عدد پراکسید (بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم روغن) از فرمول زیر محاسبه و گزارش شد (Li *et al*., 2012).

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{n*(S-B)*1000}{W}$$

که در آن: S= حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه روغن/ B = حجم تیوسولفات مصرف شده توسط نمونه شاهد/ W= وزن نمونه / N= نرمالیته تیوسولفات

**- ارزیابی حسی**

ویژگی‌های ارگانولپتیکی فیله مرغ روکش‌دار، توسط ۳۵ ارزیاب آموزش ندیده جهت ارزیابی مصرف‌گرایی محصول و ۱۰ ارزیاب آموزش دیده جهت ارزیابی محصول‌گرایی با مقیاس هدونیک ۵ امتیازی انجام شد (Guergoletto *et al*., 2010).

**- تجزیه و تحلیل آماری**

جهت تجزیه وتحلیل داده‌های حاصل از تحقیق، با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش، میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد مقایسه شدند. مقادیر P کمتر از ۰/۰۵ بین دو گروه تفاوت معنی‌داری در نظر گرفته شد. واریانس در گروه‌های تیمار به صورت انحراف معیار (SD) بیان شد.

**جدول ۱- تیمارهای تحقیق**

**Table 1. Research treatments**

| Treatment Code | Formulation |
|---|---|
| $T_1$ | Control (Tempura powder without baking powder) |
| $T_2$ | Free baking Tempura powder + 3% powder |
| $T_3$ | Tempura powder + 3% Microencapsulated baking powder |

## یافته‌ها

**- بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر تمپورا با فرمولاسیون جدید**

جدول ۲ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر تمپورا با فرمولاسیون جدید در مقایسه با نمونه شاهد را نشان می‌دهد. نتایج نشان دهنده کاهش معنادار میزان پروتئین در تیمارهای حاوی پودر پخت بصورت میکروکپسول و آزاد بود

($p<0.05$). روند تغییرات معنادار طی ۱۴ روز زمان نگهداری بر محتوای پروتئین پودرهای تمپورا گزارش نشد ($p>0.05$). همچنین، افزودن پودر پخت در فرمولاسیون پودرتمپورا تأثیر معنادار در محتوای خاکستر آنها نسبت به تیمار شاهد داشت. بیشترین میزان خاکستر در تمپورا حاوی پودر پخت کپسوله نشده (T3) مشاهده شد ($p<0.05$). افزایش معنادار محتوای چربی با توجه به استفاده از موم کارنوبا به عنوان پوشش پودر پخت در تیمارها گزارش شد ($p<0.05$). بر اساس جدول ۲، در روز اول بین تیمارهای شاهد و حاوی پودر پخت میکروکپسول اختلاف آماری معنادار گزارش نشد ($p>0.05$). اما نمونه پودر پخت آزاد بطور قابل توجهی میزان فعالیت آبی کمتری داشتند ($p<0.05$).

ازآنجاییکه در تمپورا (نمونه شاهد) فاقد پودر پخت است پس مطابق انتظار هیچ آزادسازی گاز $CO_2$ در تیمار شاهد طی ۱۴ روز انجام نشد. در روز اول بالاترین میزان آزادسازی $CO_2$ در پودر تمپورا حاوی پودر پخت آزاد مشاهده شد ($p<0.05$). مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری در میزان آزادسازی $CO_2$ در تیمارهای حاوی پودر پخت آزاد داشت و آزادسازی گاز $CO_2$ کاهش یافت ($p<0.05$)؛ اما مدت زمان نگهداری برای تیمارهای حاوی میکروکپسول پودر پخت تأثیر معناداری نداشت ($p>0.05$).

- **بررسی ویژگی‌های فیله مرغ روکش‌دار شده با خمیر تمپورا**

- **بررسی پراکسید فیله مرغ روکش‌دار شده**

بر اساس نتایج (شکل ۱) نوع پوشش استفاده شده و مدت زمان نگهداری پودر تمپورا بر میزان پراکسید تیمارها معنادار بود ($p<0.05$). افزودن پوشش بطور معناداری میزان پراکسید تیمارها را کاهش داد ($p<0.05$). در مقایسه با روز اول، طی ۱۴ روز، تفاوت معناداری در محتوای پراکسید تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$). از روز ۱۴ تا ۲۸ افزایش معنادار محتوای پراکسید در تمام تیمارهای مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$).

- **جذب خمیر توسط فیله‌های مرغ**

نتایج اختلاف آماری معنادار میزان چسبندگی خمیر به فیله‌های مرغ با فرمولاسیون مختلف را به محصول نهایی را نشان داد ($p<0.05$). مطابق نتایج، افزودن پودر پخت میکروکپسوله شده با موم کارنوبا به مقدار قابل توجهی میزان چسبندگی خمیر به فیله‌های مرغ را افزایش داد ($p<0.05$). افزایش معنادار میزان چسبندگی خمیر به فیله‌های مرغ طی ۲۸ روز ماندگاری پودر تمپورا گزارش شد ($p<0.05$).



**جدول ۲- نتایج پروتئین، خاکستر، محتوای چربی و آزادسازی CO2 خمیر تمپورا**

**Table 2– The results of protein, ash, fat content and $Co_2$ production tempura batter**

| Parameter / Treatment | | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ |
|---|---|---|---|---|
| Protein (%) | Day 1 | $7.90 \pm 0.10^{Aa}$ | $7.64 \pm 0.04^{Ba}$ | $7.46 \pm 0.04^{ABa}$ |
| | Day 14 | $7.90 \pm 0.10^{Aa}$ | $7.64 \pm 0.04^{Ba}$ | $7.46 \pm 0.04^{ABa}$ |
| Ash (%) | Day 1 | $0.74 \pm 0.05^{Ca}$ | $3.35 \pm 0.79^{Aa}$ | $3.45 \pm 0.09^{Ba}$ |
| | Day 14 | $0.74 \pm 0.0^{Ca}$ | $3.35\pm 0.79^{Aa}$ | $3.45 \pm 0.09^{Ba}$ |
| Fat (%) | Day 1 | $6.82 \pm 0.40^{Ca}$ | $12.88 \pm 0.04^{Ba}$ | $14.03 \pm 0.03^{Aa}$ |
| | Day 14 | $6.82 \pm 0.34^{Ca}$ | $12.70 \pm 0.03^{Bb}$ | $13.99 \pm 0.11^{Aa}$ |
| aw | Day 1 | $0.46 \pm 0.00^{Aa}$ | $0.43 \pm 0.00^{ABa}$ | $0.45 \pm 0.00^{Aa}$ |
| | Day 14 | $0.48 \pm 0.00^{Aa}$ | $0.46 \pm 0.00^{Aa}$ | $0.47 \pm 0.00^{Aa}$ |
| $Co_2$ (%) | Day 1 | $0.00 \pm 0.00^{Ca}$ | $56.00 \pm 1.97^{Aa}$ | $53.20 \pm 2.42^{Ba}$ |
| | Day 14 | $0.00 \pm 0.00^{Ca}$ | $51.80 \pm 1.97^{Ab}$ | $53.20 \pm 2.42^{Ba}$ |

* Differences in uppercase letters indicate a significant difference between treatments and lowercase letters indicate a significant difference between days ($p<0.05$).

تفاوت در حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارها و حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنادار بین روزها می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

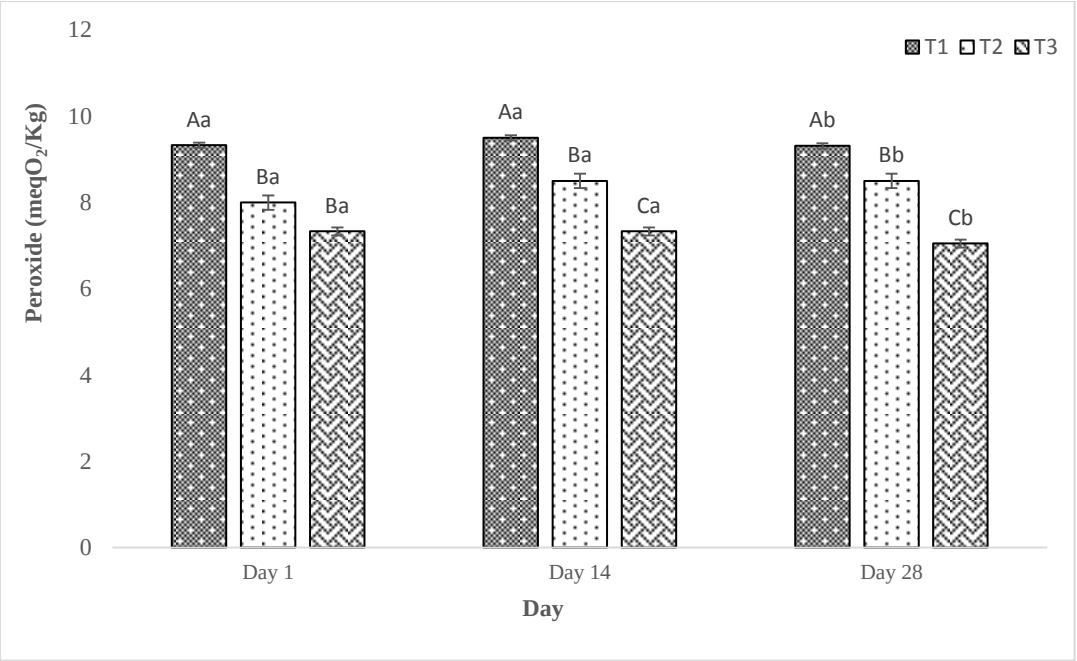


**Figure 1- Peroxide value of Coated chicken fillet after 5 min cooking**

**شکل ۱- مقدار پراکسید فیله مرغ روکش شده پس از ۵ دقیقه پخت**

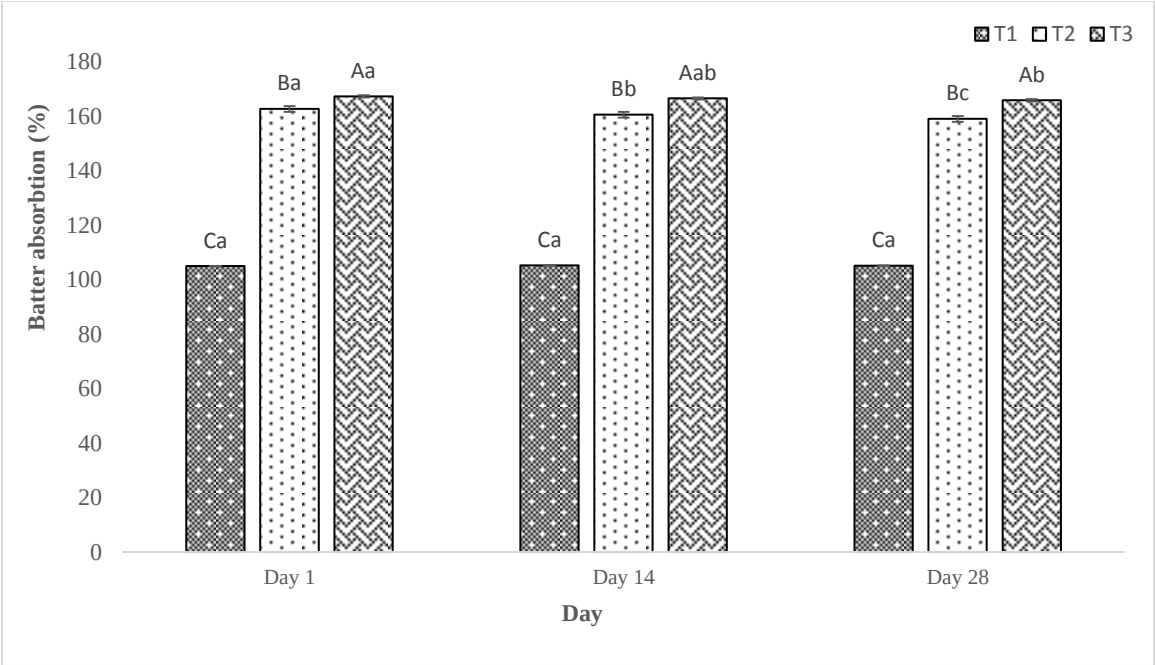


**Figure 2- The batter absorption (%) by chicken fillets**

**شکل ۲- جذب خمیر (درصد) توسط فیله مرغ**

- **تخلخل فیله‌های مرغ روکش‌دار شده**

اختلاف آماری معنادار بین پوشش با فرمولاسیون مختلف تمپورا را نشان داده است ($p<0.05$). در روز اول و چهاردهم بین پوشش حاوی ۳ پودر پخت آزاد و میکروکپسول از لحاظ تخلخل تفاوت معنادار آماری گزارش نشد ($p>0.05$). درحالیکه در روز ۲۸، پوشش حاوی ۳ ٪ میکروکپسول بطورقابل توجهی تخلخل بالاتری داشت ($p<0.05$).

- **پارامترهای رنگی فیله‌های مرغ روکش‌دار شده**

شاخص‌های رنگی فیله‌های مرغ روکش‌دار در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با نتایج فرمولاسیون مختلف پوشش تأثیر معنادار بر پارامترهای رنگی فیله‌های مرغ داشت ($p<0.05$). مطابق با نتایج ارائه شده در روز اول تولید اختلاف آماری معنادار در شاخص‌های رنگی و تیمارهای مختلف گزارش نشد ($p<0.05$). کاهش معنادار شاخص روشنایی با افزودن میزان میکروکپسول‌ها گزارش شد ($p<0.05$). درحالیکه شاخص قرمزی و زردی با افزودن میکروکپسول‌ها تفاوت معناداری نشان داد ($p<0.05$). تأثیر معنادار مدت زمان نگهداری بر شاخص مولفه‌های رنگی نیز گزارش شد ($p<0.05$).

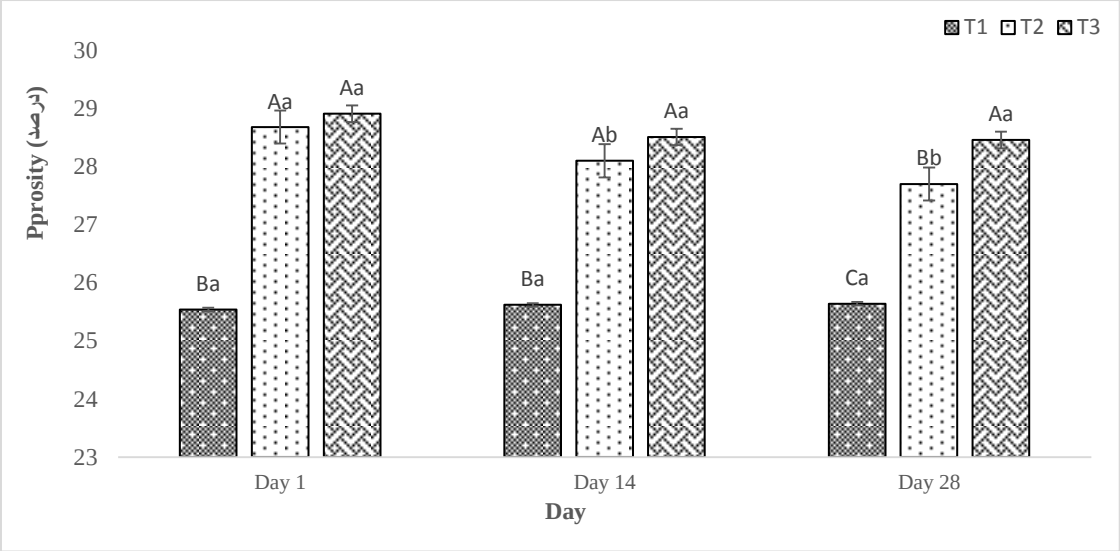


**Figure 3- The batter porosity (%) by chicken fillets**

**شکل ۳- تخلخل خمیر (درصد) فیله مرغ**



**جدول ۳- رنگ خمیر با فیله مرغ**

**Table 3- The batter Color by chicken fillets**

| Treatment | L* | | |
|---|---|---|---|
| | Day1 | Day14 | Day 28 |
| $T_1$ | $60.97 \pm 0.16^{Aa}$ | $60.50 \pm 0.1^{Aab}$ | $59.98 \pm 0.16^{Ab}$ |
| $T_2$ | $59.29 \pm 0.79^{Ba}$ | $58.72 \pm 0.52^{Ba}$ | $58.10 \pm 0.08^{Ba}$ |
| $T_3$ | $58.93 \pm 0.46^{Ca}$ | $58.71 \pm 0.49^{Ba}$ | $58.13 \pm 0.08^{Bb}$ |
| | a* | | |
| $T_1$ | $7.27 \pm 0.14^{Ca}$ | $7.28 \pm 0.24^{Ca}$ | $7.25 \pm 0.10^{Ba}$ |
| $T_2$ | $8.85 \pm 0.18^{Ba}$ | $8.26 \pm 0.32^{Bb}$ | $8.96 \pm 0.22^{Aa}$ |
| $T_3$ | $9.39 \pm 0.17^{Aa}$ | $9.23 \pm 0.32^{Aa}$ | $9.10 \pm 0.27^{Aa}$ |
| | b* | | |
| $T_1$ | $49.44 \pm 0.20^{Ba}$ | $49.70 \pm 0.13^{Ba}$ | $49.61 \pm 0.10^{Ba}$ |
| $T_2$ | $51.83 \pm 0.55^{Aa}$ | $50.75 \pm 0.25^{Ab}$ | $50.19 \pm 0.22^{Ba}$ |
| $T_3$ | $49.98 \pm 0.04^{Ba}$ | $50.13 \pm 0.35^{ABa}$ | $50.0 \pm 0.43^{Aa}$ |

* Dfferences in uppercase letters indicate a significant difference between treatments and lowercase letters indicate a significant difference between days ($p<0.05$).

تفاوت در حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارها و حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنادار بین روزها می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

**- ارزیابی بافت فیله‌های مرغ روکش‌دار شده**

مشاهده نتایج بدست آمده برای بافت (شکل ۴)، تفاوت‌های قابل توجهی در بافت تیمارهای پوشش داده شده با خمیرابه‌ها با فرمول‌های مختلف را نشان داد ($p<0.05$). بیشترین نیرو برای سفتی بافت در تیمار شاهد گزارش شد. درحالیکه کمترین سفتی در تیمار T2 (حاوی ۳ ٪ پودر پخت آزاد) مشاهده شد ($p<0.05$). مدت زمان نگهداری پودر تمپورا تأثیر معناداری بر بافت فیله‌های مرغ پوشش‌دار شده نشان داد ($p<0.05$).

**- ارزیابی حسی فیله‌های مرغ روکش‌دار شده**

جدول ۴، نتایج ارزیابی حسی فیله‌های مرغ پوشش داده شده با فرمولاسیون مختلف پورد تمپورا را نشان می‌دهد. نتایج طعم نشان دهنده افزایش مقبولیت حسی (عطر وطعم، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی) فیله‌های مرغ پوشش داده شده با تمپورا حاوی هر دو فرم میکروکپسول و آزاد پودر پخت بود ($p<0.05$). مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر ارزیابی حسی فیله‌های مرغ پوشش داده شده نداشت و حداکثر امتیاز ارزیابی حسی در این نمونه‌ها گزارش شد ($p<0.05$).

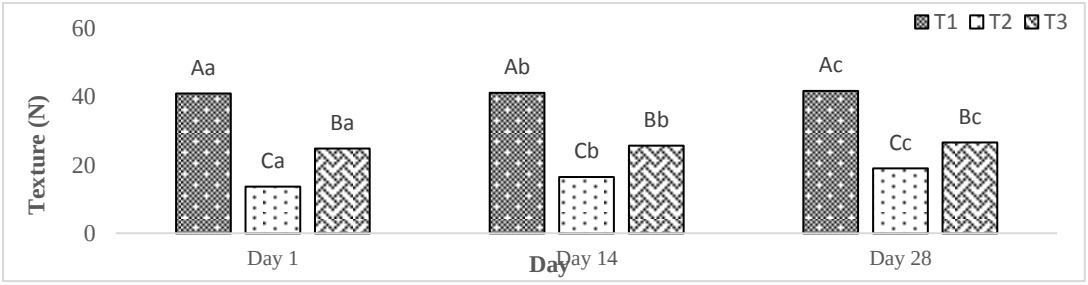


**Figure 4- The batter porosity (%) by chicken fillets**

**شکل ۴- بافت خمیر (درصد) فیله مرغ**



**جدول ۴- نتایج ارزیابی حسی فیله مرغ**

**Table 4- The results of Sensory evaluation of chicken fillets**

| Treatment | Flavor | | |
|---|---|---|---|
| | Day1 | Day14 | Day 28 |
| $T_1$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ |
| $T_2$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ |
| $T_3$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ |
| Treatment | **Odor** | | |
| $T_1$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ |
| $T_2$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ |
| $T_3$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ |
| Treatment | **Color** | | |
| $T_1$ | $1.00\pm 0.00^{Ca}$ | $1.00\pm 0.00^{Ca}$ | $1.00\pm 0.00^{Ca}$ |
| $T_2$ | $4.00 \pm 0.00^{Ba}$ | $3.66 \pm 0.47^{Bb}$ | $3.00 \pm 0.00^{Bb}$ |
| $T_3$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $4.66 \pm 0.47^{Ab}$ |
| Treatment | **Texture** | | |
| $T_1$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ |
| $T_2$ | $5.00 \pm 0.00^{Aa}$ | $4.33 \pm 0.57^{Aa}$ | $3.66 \pm 0.00^{Aa}$ |
| $T_3$ | $4.66 \pm 0.57^{Aa}$ | $4.33 \pm 0.57^{Aa}$ | $4.00 \pm 0.00^{Aa}$ |
| Treatment | **General acceptance** | | |
| $T_1$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ | $1.00\pm 0.00^{Ba}$ |
| $T_2$ | $4.33 \pm 0.47^{Aa}$ | $4.33 \pm 0.47^{Aa}$ | $3.66 \pm 0.00^{Ab}$ |
| $T_3$ | $4.66 \pm 0.47^{Aa}$ | $4.33 \pm 0.47^{Aa}$ | $4.33 \pm 0.00^{Aa}$ |

* Differences in uppercase letters indicate a significant difference between treatments and lowercase letters indicate a significant difference between days ($p<0.05$).

تفاوت در حروف بزرگ نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارها و حروف کوچک نشان دهنده اختلاف معنادار بین روزها می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

## بحث

### - بررسی نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پودر تمپورا با فرمولاسیون جدید

خصوصیات فیزیکوشیمیایی فرمول‌های مختلف پودر تمپورا در روز اول و روز ۱۴ در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان‌دهنده کاهش معنادار میزان پروتئین در تیمارهای حاوی پودر پخت بصورت میکروکپسول و کپسوله نشده آن بود ($p<0.05$). محتوای پروتئینی پودر تمپورا به دلیل وجود ترکیبات پروتئینی در خمیر مانند گلوتن گندم، آلبومین تخم مرغ و پروتئین شیرخشک است که کاهش معنادار میزان پروتئین در تیمارهای پودر پخت احتمالاً ناشی از جایگزینی آرد گندم تمپورا با پودر پخت است. روند تغییرات معنادار طی ۱۴ روز زمان نگهداری پودر تمپورا بر محتوای پروتئینی تیمارها گزارش نشد ($p>0.05$).

افزودن پودر پخت در فرمولاسیون پودرتمپورا تأثیر معنادار در محتوای خاکستر آنها نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۲). بیشترین میزان خاکستر در بالاترین درصد استفاده از پودر پخت کپسوله شده ($T_3$) مشاهده شد. محتوای خاکستر نشان دهنده وجود مواد معدنی در غذا است. بالاتربودن محتوای خاکستر در تیمارهای حاوی پودر پخت کپسوله نشده را می‌توان به املاح و عناصر معدنی موجود در پودر پخت نسبت داد (Rahnama Sangachini *et al*., 2018). باتوجه به کپسوله شده کامل پودر پخت در موم کارنوبا، محتوای خاکستر در تیمارهای حاوی میکروکپسول (تیمار$T_3$) نسبت به تیمار شاهد به دلیل وجود عناصر معدنی در موم کارنوبا در مقایسه با آرد گندم نسبت داده شده است (Guergoletto *et al*., 2010).

افزایش قابل توجه محتوای چربی در تیمار $T_3$ نسبت به سایر تیمارها در جدول ۲ نشان داده شده است ($p<0.05$). بالاتر بودن محتوای چربی در تیمار $T_3$ دور از انتظار نبود علت افزایش مربوط به میکروکپسول موم کارنوبا است که با افزایش معنادار محتوای‌چربی در پودر تمپورا مشهود بود ($p<0.05$).

بررسی فعالیت آبی مواد غذایی به دلیل تأثیر بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی فراورده‌های غذایی حائزاهمیت‌است. علاوه بر این، درمورد پودرها، این شاخص مستقیماً بر رفتار جریان، کلوخه شدن و میزان فشردگی آنها اثرمی‌گذارد (Zayerzadeh *et al*., 2018). بر اساس جدول ۲، در روز اول بین تیمارهای شاهد و حاوی پودر پخت میکروکپسول اختلاف آماری معنادار گزارش نشد ($p>0.05$). اما نمونه پودر پخت آزاد بطور قابل توجهی میزان فعالیت آبی کمتری داشتند ($p<0.05$). آرد گندم موجود در فرمولاسیون تمپورا مسئول تمام خصوصیات عملکردی اصلی (به عنوان مثال، ویسکوزیته، قابلیت انبساط، درجه چسبندگی، رنگ پس از سرخ کردن، رفتار جذب روغن و غیره) پودر تمپورا است (Guerrero-Legarreta, 2010). میزان کمترaw در تیمارهای حاوی پودر پخت آزاد به انحلال کامل پودر پخت نسبت داده شده است. اختلاف آماری معنادار در مدت زمان نگهداری در میزان aw تیمارها گزارش نشد ($p>0.05$). علت این امر این است که، در یک سیستم بسته، آب در طول ذخیره‌سازی که توسط گرادیان رطوبت هدایت می‌شود که در نتیجه یک تعادل در بین اجزاء ایجاد می‌شود (de S Dantas *et al*., 2013).

بررسی آزادسازی $CO_2$ در تیمارها ارزیابی و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق انتظار هیچ آزادسازی گازی در تیمار شاهد وجود نداشت. در روز اول تیمارهای حاوی پودر پخت کپسوله نشده بالاترین میزان آزادسازی $CO_2$ که میزان بالاتر پودر پخت مورد استفاده تأثیر معنادار را نشان داد ($p<0.05$). نتایج نشان دهنده جلوگیری از واکنش زودهنگام و آزادسازی زودرس گاز $CO_2$ در طول ذخیره‌سازی توسط میکروکپسول‌های کارنوباست که نتیجه بدست آمده دور از انتظار نبود. مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری در میزان آزادسازی $CO_2$ در تیمارهای حاوی میکروکپسول پودر پخت نداشت ($p>0.05$). در تیمار $T_2$ حجم زیادی از گاز در طول نگهداری و مخلوط کردن آزاد می‌شود. بنابراین برای حجم‌دهی محصول در طی پخت میزان کافی $CO_2$ در دسترس نخواهد بود. در این حالت، محصول پخته شده نهایی حجم کم و بافت متراکمی خواهد داشت (Neeharika *et al*., 2020).

### - بررسی نتایج پراکسید فیله مرغ پوشش‌دار شده

پایداری اکسیداتیو نمونه‌های فیله مرغ روکش‌دار شده با اندازه‌گیری میزان عدد پر اکسید آنها مورد بررسی قرار گرفت. سنجش مقدار پراکسید معمولاً به منظور تعیین رنسیدیتی یک نمونه‌ای که حاوی چربی یا روغن است به

کار می‌رود (Zarehgashti *et al*., 2018). بر اساس نتایج (شکل ۱) نوع روکش و مدت زمان نگهداری بر میزان پراکسید تیمارها معنادار بود ($p<0.05$). میزان پراکسید در نمونه شاهد برابر با ۹/۳۳ $meqO_2/Kg$ بود. افزودن پوشش بطور معناداری میزان پراکسید تیمارها را کاهش داد ($p<0.05$). در روز اول میزان پراکسید در تیمارهای شاهد و حاوی ۳ درصد پوشش پودر پخت آزاد به ترتیب ۹/۳۳ $meqO_2/Kg$ و ۸/۰۰ بدون اختلاف معنادار آماری از یکدیگر گزارش شد. در حالیکه با توجه به مقدار ۷/۳۳ $meqO_2/Kg$ برای تیمار کپسوله شده در روز اول اختلاف معنادار یود. همچنین با گذشت زمان تیمارهای حاوی ۳درصد پودر پخت کپسوله به مقدار قابل توجهی از افزایش پراکسید فیله‌مرغ‌پوشش‌دار شده ممانعت کردند ($p<0.05$). تشکیل هیدروپراکسیدها در نمونه‌ها بیانگر اکسیداسیون چربی در خلال فرآیندپخت است. نتایج بیانگر پایداری اکسیداتیو بالاتر در نمونه‌های حاوی میکروکپسول بود که اینطور می‌توان نتیجه گرفت افزایش محتوای موم کارنوبا به جلوگیری از اکسیداسیون کمک کرد زیرا مطالعات نشان داده ترکیبات جزئی در موم‌های طبیعی می توانند فعالیت پرواکسیدانی داشته باشند (Silva *et al*., 2021; Hwang, 2020). و میزان پراکسید کمتر در غلظت‌های بالاتر موم کارنوبا مشاهده شد. مقدار پراکسید تیمارها تا ۱۴ روز اختلاف آماری معناداری با روز اول نشان ندادند و از روز ۱۴ تا ۲۸ افزایش معنادار اندیس پراکسید در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد. در تیمار حاوی ۳درصد میکروکپسول کمترین میزان پراکسید مشاهده‌شد که نشان دهنده پایداری اکسیداتیو خوب موم کارنوبا بود. در راستای نتایج بدست آمده، افزایش پایداری اکسیداتیو روغن‌های‌خوراکی حاوی موم کارنوبا طی مطالعات مختلف گزارش شده است (Yi *et al*., 217; Öğütcü *et al*., 2015). نتایج بدست آمده با مطالعات Rahnama Sangachini (۲۰۱۸) طی بررسی خصوصیات کیفی کیلکای سوخاری شده با پودر تمپورا مطابقت داشت.

### - بررسی نتایج جذب پوشش فیله‌های مرغ روکش‌دار شده

یکی از فاکتورهای کیفی در فرآورده‌های پوشش‌دار سرخ شده میزان جذب پوشش توسط ماده‌ی غذایی می‌باشد. در موادغذایی‌پوشش‌دار، جذب اساساً به معنی مقدار خمیرابه‌ای است که به ماده‌ی غذایی می‌چسبد. میزان جذب به طور مستقیم با قوام خمیرابه همبستگی دارد، به طوریکه با افزایش قوام، بعد از مرحله‌ی چکانیدن، خمیرابه بیشتری بر روی ماده‌ی غذایی باقی‌می‌ماند (Varela and Fiszman, 2011). نتایج میانگین میزان جذب خمیر توسطه فیله‌های مرغ در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج اختلاف آماری معنادار میزان چسبندگی خمیر با فرمولاسیون مختلف را به محصول نهایی را نشان داد ($p<0.05$). مطابق نتایج، افزودن پودرپخت‌میکروکپسوله شده با موم کارنوبا به مقدار قابل توجهی میزان چسبندگی خمیر به فیله‌های مرغ را افزایش داد ($p<0.05$). اختلاط میکروکپسول به فرمولاسیون خمیر تمپورا از میزان چسبندگی را از ۱۶۲/۶۵ درصد در خمیر تمپورا حاوی پودر پخت کپسوله‌نشده به ۱۶۷/۳ درصد در خمیر حاوی میکروکپسول پودر پخت افزایش داد. این امر می‌تواند ناشی از ضریب قوام بالاتر موم کارنوبا در این نمونه‌ها باشد. این نتایج را می‌توان به این واقعیت نسبت داد که موم کارنوبا یک ماده الاستیک سخت با رفتار ویسکوز کمی است که ناشی از حضور استرهای اسیدهای چرب غیراشباع هیدروکسیله با حدود ۱۲ اتم کربن در زنجیره اسیدچرب است (Talens *et al*., 2005). افزایش معنادار میزان جذب خمیرابه در طی ۲۸ روز در تمامی نمونه‌ها گزارش شد ($p<0.05$). مطالعات مختلفی رابطه مستقیم ویسکوزیته ظاهری و میزان جذب خمیرابه در مواد غذایی پوشش دار را نشان داده است (Dogan *et al*., 2005; Mukprasirt *et al*., 2000). Hsia و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند با افزایش غلظت موم میزان جذب خمیرابه به ماده غذایی افزایش می‌یابد. Martínez-Pineda و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند استفاده از پودر پخت در فرمولاسیون تمپورا میزان جذب خمیرابه را افزایش داد و آنها مقدار کمتر آب را ناشی از جایگزینی جزئی مواد با پودر پخت توضیح دادند.

### - بررسی نتایج تخلخل فیله‌های مرغ روکش‌دار شده

تخلخل عامل دیگری است که باید در روکش‌دار کردن ماده غذایی در نظر گرفته شود. پوشش با ساختار بازتر و متخلخل‌تر، رطوبت را با سرعت بیشتری جذب می‌کند و رطوبت را با سرعت بیشتری، در طول فرآیند سرخ کردن،

با روغن مبادله می‌کند. با این حال، روغن اضافی سرخ کردنی نیز در مرحله تخلیه پس از سرخ کردن سریعتر تخلیه می‌شود (Martínez-Pineda *et al*., 2020). نتایج تخلخل پوشش‌ها در جدول ۳ تفاوت آماری معنادار بین پوشش با فرمولاسیون مختلف تمپورا را نشان داده است ($p<0.05$). در روز اول و چهاردهم بین پوشش حاوی پودر پخت آزاد و میکروکپسول از لحاظ تخلخل تفاوت معنادار آماری گزارش نشد ($p>0.05$). درحالیکه در روز ۲۸، پوشش حاوی ۳ درصد میکروکپسول بطورقابل توجهی تخلخل بالاتری داشت ($p<0.05$). طی فرایند سرخ کردن ماده غذایی، ساختارهای متخلخل در سطح نمونه شروع به رشد و توسعه می‌کنند و همزمان دانسیته و چروکیدگی را نیز تحت تاثیر قرارمی‌دهند. مطالعات علت تشکیل ساختارهای متخلخل را این طور بیان کردند که رطوبت نمونه از مناطق درونی نمونه به سمت ناحیه تبخیر در زیر لایه سطحی منتقل شده و قبل از خروج به صورت بخار، ممکن است درون برخی حفرات تجمع کنند، منبسط‌شده، فوق گرم شده و دیواره حفرات را دچار تغییر نموده و همزمان باعث تشکیل و توسعه حفرات گردد می‌شود (Varela and Fiszman, 2011). همچنین مقدار بالاتر تخلخل می‌تواند به دلیل عامل حجم‌دهنده (پودر پخت) موجود در خمیر تمپورا باشد که تبخیر سریع‌تر رطوبت و انتشار بیشتر گاز در هنگام سرخ کردن باشد. همانطورکه رطوبت موجود در خمیر به بخار تبدیل می‌شود، شبکه تونلی اسفنج مانندی ایجاد می‌کند که جایگزین روغن در هنگام سرخ کردن می‌شود (Pinthus *et al*., 1995). اختلاف آماری معنادار در مدت زمان ماندگاری پودر تمپورا حاوی ۳ درصد میکروکپسول بر میزان تخلخل پوشش‌ها گزارش نشد ($p>0.05$). این امر نشان دهنده کارائی موفق میکروکپسول از واکنش زود هنگام ترکیبات پودر پخت است. Martínez-Pineda و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند پوشش‌های تمپورا حاوی پودر پخت و اتانول دارای تخلخل بیشتر و اندازه بزرگتر نسبت به سایر تیمارها داشتند.

### - بررسی نتایج پارامترهای رنگی فیله‌های مرغ روکش‌دار شده

نتایج آنالیز پارامترهای رنگی (*L، *a و *b) فیله‌های مرغ پوشش‌دار شده با فرمول‌های مختلف تمپورا در جدول ۳ نشان‌داده‌شده‌است. مولفه *L نشان دهنده میزان روشنایی نمونه‌ها بوده و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. کاهش معنادار شاخص روشنایی با افزودن میزان میکروکپسول‌ها گزارش شد ($p<0.05$). بیشترین روشنایی مربوط به نمونه شاهد (۶۰/۹۷) بود. همچنین در تمام تیمارها افزیش مولفه *a (قرمزی) با افزایش میکروکپسول گزارش شد ($p<0.05$). استفاده از پودرپخت در فرمولاسیون پوشش‌ها بیشتر از یک عامل حجم‌دهنده است؛ برای مثال در طول فرآیند سرخ کردن به دلیل واکنش میلارد و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای و توسعه عطر و طعم در سطح مرغ روکش‌دار رخ می‌دهد. افزایش پارامتر قرمزی احتمالاً به دلیل آزاد شدن پودر پخت و انجام واکنش میلارد تحت انتشار حرارتی است (Lavelle *et al*., 2021). افزایش پارامتر *b (زردی) در تیمارها با افزایش میکروکپسول به فرمولاسیون تمپورا گزارش شد ($p<0.05$) که به دلیل رنگ زرد کارنوبا است افزودن ۳ درصد میکروکپسول کارنوبا بطورمعناداری سبب افزایش پارامتر *b شد ($p<0.05$).

### - بررسی نتایج بافت فیله‌های مرغ روکش‌دار شده

محصولات روکش‌دار باعث ایجاد طعم، بافت و ظاهر بهتر ماده غذایی می‌شوند و به عنوان سدی از کاهش رطوبت و عصاره‌طبیعی‌غذا محافظت می‌کنند، لذا باعث آبدار شدن داخل محصول و در عین حال ترد بودن پوسته خارجی آن می‌شوند (Martínez-Pineda *et al*., 2020). گلوتن موجود در آردها یک ماده پروتئینی و الاستیک می‌باشد که همانند یک تور، حباب‌های هوای درون روکش را به دام انداخته و آنها را حفظ می‌کند. گلوتن به منظور افزایش چسبندگی و تردی در ترکیب روکش کاربرد دارد. با توجه به کیفیت و کمیت گلوتن مورد استفاده و میزان آب در دسترس، بافت محصول تحت تأثیر قرار گرفته، سفت یا نرم می‌شود (Chen *et al*., 2009). استفاده از یک عامل حجم‌دهنده در فرمولاسیون خمیر می‌تواند بر بافت، عطر و رنگ محصول نهایی، که به عنوان ویژگی‌های کلیدی پذیرش و ترجیحات مصرف کننده در نظر گرفته می‌شوند، تأثیر گذارد (Canali *et al*., 2021). مشاهده نتایج بدست آمده برای بافت، تفاوت‌های قابل توجهی در بافت تیمارهای پوشش داده شده با خمیرابه‌ها با فرمول‌های

مختلف را نشان داد ($p<0.05$). بیشترین نیرو برای سفتی بافت در تیمار شاهد گزارش شد. درحالیکه کمترین سفتی در تیمار $T_2$ (حاوی ۳ درصد پودر پخت آزاد) مشاهده شد. محتوای آب یکی از عواملی است که می‌تواند بر بافت غذا تأثیر بگذارد. افزایش محتوای آب باعث افزایش سختی می‌شود. استفاده از عوامل حجم‌دهنده مانند پودر پخت می‌تواند ترد شدن محصول ناشی از کاهش محتوای آب، بهبود بافت و گسترش خمیر را فراهم کنند (Canali *et al.*, 2021).

### - بررسی نتایج پارامترهای حسی فیله‌های مرغ روکش‌دار شده

نتایج ارزیابی حسی (جدول ۴) نمونه‌ها نشان داد هر دو فرمولاسیون پودر تمپورا حاوی پودر پخت از نظر خواص ارگانولپتیک امتیاز بالایی را کسب نموده و با کسب امتیاز بالای ۴ امتیاز در محدوده خیلی خوب ارزیابی شده‌اند. در بررسی طعم فیله‌های‌روکش‌دارشده تفاوت معناداری آماری در دو تیمار $T_2$ و $T_3$ به ترتیب حاوی ۳ درصد پودر پخت آزاد میکروکپسول شده گزارش‌نشد ($p>0.05$) و مدت زمان نگهداری پودر تمپورا تأثیر معناداری را نشان نداد. در ارزیابی عطر و بو نمونه شاهد کمترین و حداقل امتیاز با اختلاف آماری معنادار ازسایر تیمارها را نشان داد ($p<0.05$). استفاده از پودر پخت در فرمولاسیون طی تمام مدت‌زمان نگهداری، عطر و بو مطلوب و مورد پسند مصرف کننده در تیمارها را ایجاد کرد.

بررسی نتایج امتیاز رنگ نیز، نشان داد بیشترین امتیاز رنگ و بافت از طرف ارزیابان به تیمارهای $T_2$ و $T_3$ تعلق داشت. در مجموع مقبولیت فیله‌های مرغ پوشش‌دار با دو فرمولاسیون جدید تمپورا نشان داده شده که مدت زمان نگهداری تأثیری بر خواص‌ارگانولپتیکی نداشت و طی ۲۸ روز بالاترین امتیاز مربوط به هر دو فرمولاسیون بود. محصولات روکش‌دار باعث ایجاد طعم، بافت و ظاهر بهتر ماده غذایی می‌شوند و به عنوان سدی از کاهش رطوبت محصول نهایی جلوگیری می‌کنند، لذا باعث آبدار شدن داخل محصول و در عین حال ترد بودن پوسته خارجی آن می‌شوند (Triyannanto *et al.*, 2022). در این تحقیق برتری فیله مرغ با روکش تمپورا حاوی میکروکپسول‌های پودر پخت می‌تواند به جهت ظاهر جذاب‌تر محصول به واسطه چسبندگی بیشتر پودر بر سطح آن، تشکیل یک لایه ترد، یکنواخت و پیوسته بر سطح فیله، ایجاد یک بافت سبکتر و حجیم‌تر در نتیجه آزاد شدن دی‌اکسیدکربن به جهت استفاده از پودر پخت در ترکیب روکش و آبدار بودن بخش داخلی محصول باشد.

## نتیجه‌گیری

در این مطالعه، با هدف بررسی تغییرات پودر تمپورا فرمولاسیون جدید (حاوی پودر پخت آزاد و میکروکپسول شده با موم‌کارنوبا) در مدت زمان نگهداری و در نهایت تاثیر آن بر محصول نهایی (فیله مرغ روکش‌دار) انجام شد.

بررسی پودرهای تمپورا با فرمولاسیون جدید کاهش پروتئین و aw، افزایش محتوای چربی، خاکستر و آزادسازی $CO_2$ را نسبت به نمونه شاهد نشان دادند. بررسی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی فیله‌های مرغ روکش‌دار کاهش میزان پراکسید، افزایش جذب خمیر به فیله‌ها و افزایش تخلخل را در نمونه‌های تیمار شده با تمپورا حاوی پودر پخت آزاد و میکروکپسول شده را نشان دادند. بررسی پارامترهای رنگی روند کاهشی $L^*$ و روند افزایشی تدریجی ($a^*$ و $b^*$) در تیمارهای $T_2$ و $T_3$ به ترتیب حاوی ۳ درصد پودر پخت آزاد و میکروکپسول شده مشاهده شد. بررسی بافت محصول کاهش سفتی بافت با افزودن پودر پخت به فرمول تمپورا را نشان داد که کاهش محتوای آب بیشتر در تمپورا حاوی پودر پخت آزاد، بافت نرم‌تری داشت. استفاده از پودر پخت بالاترین امتیاز ارگانولپتیکی در پارامترهای مورد بررسی (طعم، عطر، رنگ، بافت و پذیرش کلی) از ارزیابان حسی را دریافت کردند.

## منابع


Anon. (1999). AACC Method 12-20, 1961. Total (gasometric) carbon dioxide in baking powder.

AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (16th ed.). Washington, DC: Association of official analytical chemists.

Canali, G., Balestra, F., Glicerina, V., Pasini, F., Caboni, M. F. & Romani, S. (2020). Influence of different baking powders on physico-chemical, sensory and volatile compounds in biscuits and their impact on textural modifications during soaking. *Journal of food science and technology*, *57*(10), 3864-3873. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04418-1

Carvalho, M.J. & Ruiz-Carrascal, J. (2018). Improving crunchiness and crispness of fried squid rings through innovative tempura coatings: addition of alcohol and CO2 incubation. *Journal of food science and technology*, *55*(6), 2068-2078. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3121-2

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

Comunian, T.A., Ravanfar, R., Alcaine, S.D. & Abbaspourrad, A. (2018). Water-in-oil-in-water emulsion obtained by glass microfluidic device for protection and heat-triggered release of natural pigments. *Food Research International*, *106*, 945-951. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.008

de S Dantas, A.N., Magalhães, T.A., Matos, W.O., Gouveia, S.T. & Lopes, G.S. (2013). Characterization of carnauba wax inorganic content. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *90*(10), 1475-1483. https://doi.org/10.1007/s11746-013-2300-6

Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, H.O., Maghsudlo, Y., Kashaninejad, M. & Jafari, S.M. (2014). Production of low-fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(7), 1334-1341. https://doi.org/10.1007/s13197-012-0660-9

Das, A.K., Anjaneyulu, A.S.R., Gadekar, Y.P., Singh, R.P. & Pragati, H. (2008). Effect of full-fat soy paste and textured soy granules on quality and shelf-life of goat meat nuggets in frozen storage. *Meat science*, *80*(3), 607-614. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.011

Diez-Sánchez, E., Llorca, E., Tárrega, A., Fiszman, S. & Hernando, I. (2020). Changing chemical leavening to improve the structural, textural and sensory properties of functional cakes with blackcurrant pomace. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, *127*, 109378. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109378

Ding, B., Li, C., Pan, M., Chiou, Y., Li, Z., Wei, S. & Yin, X. (2019). Microencapsulation of xanthan gum based on palm stearin/beeswax matrix as wall system. *Journal of Food Process Engineering*, *42*(5), e13102. https://doi.org/10.1111/jfpe.13102

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. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.028

Gibbs, F., Kermasha, S., Alli, I., Catherine, N. & Mulligan, B. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International journal of food sciences and nutrition*, *50*(3), 213-224. https://doi.org/10.1080/096374899101256

Godefroidt, T., Ooms, N., Pareyt, B., Brijs, K. & Delcour, J.A. (2019). Ingredient functionality during foam-type cake making: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *18*(5), 1550-1562. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12488

Guergoletto, K.B., Magnani, M., San Martin, J., de Jesus Andrade, C.G.T. & Garcia, S. (2010). Survival of Lactobacillus casei (LC-1) adhered to prebiotic vegetal fibers. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *11*(2), 415-421. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.11.003

Guerrero-Legarreta, I. (2010). *Handbook of poultry science and technology, Volume 2: secondary processing*. John Wiley & Sons, Inc

Gundev, P., Chauhan, K., Sachdev, D. & Swer, T.L. (2022). Formulation and characterization of butylated hydroxytoluene (BHT) microspheres using natural beeswax as encapsulating material. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(4), e16458. https://doi.org/10.1111/jfpp.1645**8**

Haghighat-Kharazi, S., Milani, J.M., Kasaai, M.R. & Khajeh, K. (2018). Microencapsulation of α-amylase in beeswax and its application in gluten-free bread as an anti-staling agent. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, *92*, 73-79. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.049

Hsia, H.Y., Smith, D.M. & Steffe, J.F (1992). Rheological properties and adhesion characteristics of flour-based batters for chicken nuggets as affected by three hydrocolloids. *Journal of Food Science*, *57*(1), 16-18. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb05414.x

Hwang, H. S. (2020). A critical review on structures, health effects, oxidative stability, and sensory properties of oleogels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *26*, 101657. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101657

Jorjani, S., Khanipour, A.A., Soltani, M., Matalebi, A., Kamali, A. & Ghelichi, A., (2019). Production of breaded kilka (Clupeonella cultriventris) using two different batters and determination of chemical, microbial and sensory properties. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *18*(4), 684-698. http://jifro.ir/article-1-486-en.html

Lavelle, C., This, H., Kelly, A.L. & Burke, R. eds. (2021). *Handbook of Molecular Gastronomy: Scientific Foundations, Educational Practices, and Culinary Applications*. Crc Press.

Li, T., Hu, W., Li, J., Zhang, X., Zhu, J. & Li, X. (2012). Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (Pseudosciaena crocea). *Food Control*, *25*(1), 101-106. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.10.029

Martínez-Pineda, M., Yagüe-Ruiz, C. & Vercet, A. (2020). How batter formulation can modify fried tempura-battered zucchini chemical and sensory

characteristics?. *Foods*, 9(5), 626. https://doi.org/10.3390/foods9050626

Mukprasirt, A., Herald, T.J. & Flores, R.A. (2000). Rheological characterization of rice flour-based batters. *Journal of Food Science*, *65*(7), 1194-1199. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10264.x

Nandy, A., Saremi, R., Lee, E. & Sharma, S. (2022). Stability and applicability of retinyl palmitate loaded beeswax microcapsules for cosmetic use. *Johnson Matthey Technology Review*. https://doi.org/10.1595/205651322X16225611489810

Neeharika, B., Suneetha, W.J., Kumari, B.A. & Tejashree, M. (2020). Leavening Agents for Food Industry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *9*(9), 1812-1817. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.909.227

Öğütcü, M., Arifoğlu, N. & Yılmaz, E. (2015). Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. *International Journal of Food Science & Technology*, *50*(2), 404-412. https://doi.org/10.1111/ijfs.12612

Pinthus, E.J., Weinberg, P. & Saguy, I.S. (1995). Oil uptake in deep fat frying as affected by porosity. *Journal of Food Science*, *60*(4), 767-769. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1995.tb06224.x

Pourfarzad, A., Khodaparast, M.H.H., Karimi, M., Mortazavi, S.A., Davoodi, M.G., Sourki, A.H. & Razvizadegan Jahromi, S.H. (2011). Effect of polyols on shelf-life and quality of flat bread fortified with soy flour. *Journal of Food Process Engineering*, *34*(5), 1435-1448. https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2009.00541.x

Rahnama Sangachini, M., Zare Gashti, G., Khodabandeh, F. & Dadaye Ghandi, A. (2018). Compertion of quality propertice raw and cooked bread Kilka with ordinary batter and tempura. *Advanced Aquaculture Sciences Journal*, *2*(4), 1-16. [In Persian]

Ravanfar, R., Comunian, T.A., Dando, R. & Abbaspourrad, A. (2018). Optimization of microcapsules shell structure to preserve labile compounds: A comparison between microfluidics and conventional homogenization method. *Food chemistry*, *241*, 460-467. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.023

Rozzamri, A., Atiqah-Izyannie, A.M., Mat Yusoff, M. & Ismail-Fitry, M.R., (2020). Effects of leavening agents in batter system on quality of deep-fried chicken breast meat. *Food Research*, *4*(2), 327-334. https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(2).273

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 https://doi.org/10.1080/07373937.2013.858264

Silva, P.M., Martins, A.J., Fasolin, L.H. & Vicente, A.A. (2021). Modulation and characterization of wax-based olive oil organogels in view of their application in the food industry. *Gels*, *7*(1), 12. https://doi.org/10.3390/gels7010012

Talens, P. & Krochta, J.M. (2005). Plasticizing effects of beeswax and carnauba wax on tensile and water vapor permeability properties of whey protein films. *Journal of Food Science*, *70*(3), E239-E243. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07141.x

Triyannanto, E., Sujarwanta, R.O., Jamhari, J., Rusman, R., Indrajaya, R.F. & Suryanto, E. (2022). The Effect of Additional Leavening Agent on Physical and Sensorial Qualities of Fried Beef Meatballs. In *9th International Seminar on Tropical Animal Production (ISTAP 2021)* (pp. 198-201). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/absr.k.220207.042

Varela, P. & Fiszman, S.M. (2011). Hydrocolloids in fried foods. A review. *Food hydrocolloids*, *25*(8), 1801-1812. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.01.016

Yi, B., Kim, M.J., Lee, S.Y. & Lee, J. (2017). Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil. *Food science and biotechnology*, *26*(1), 79-87. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0011-8

Zarehgashti, Gh., Etemadian, Y., Khanipour A.A., Bourani M.S., Rahnama M., Ghandi A.D. & Khodabandeh F. (2018). Estimation of shelf-life and quality of shrimp-rich (Macrobrachium nipponense) soup powder with new formulation during 6 months of storage at room temperature. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 27(5), 39-49. [in Persian]. https://doi.org/ 1022092/ ISFJ.2018.117978

Zayerzadeh, E., Mazaheri Tehrani, M., Yeganehzad, S. & Mohebbi, M. (2018). Investigating the Effect of Roasting Time on Some Physicochemical, Technological, Flowability, Antioxidant and Sensory Properties of Roasted Soybean Flours as Cocoa Substitute. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 7(2), 177-196. [in Persian]. https://doi.org/ 10.22101/JRIFST.2018.07.17.725

# The Effect of Baking Powder Micro-Encapsulated Carnauba Wax on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Chicken Coated with Tempura Powder During the Storage Period

**A. Khosronia[a], A. Jafarpour [b*], Gh. Asadi [c], S. M. Seyedin Ardebili [d], Sh. Yousefi [c]**

[a] PhD Student of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[b] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

[c] Assistant Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[d] Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 18 June 2023 Accepted: 10 October 2023

## Abstract



**Introduction:** Coated foods are consumed in restaurants and homes immediately or shortly after preparation. This study was conducted with the aim of microencapsulating baking powder with carnauba wax in tempura formulation and investigating the changes of tempura powder during storage. Finally, its effect on the characteristics of coated chicken was investigated.

**Materials and Methods:** Baking powder was microencapsulated with carnauba wax at a ratio of 1:1. Tempura powder was prepared in three groups: T1 (control), T2 (tempura + 3% free baking powder), T3 (tempura + 3% encapsulated baking powder) and after comparing the physicochemical characteristics were used in preparation coats and evaluated for chicken fillet.

**Results:** An increase in fat content, ash, and higher $CO_2$ production, as well as a decrease in aw and protein in T2 and T3 treatments as compared to the control sample ($p<0.05$). The use of tempura powder with a new formulation significantly prevented the increase of peroxide in the samples during frying ($p<0.05$). Also, dough absorption and higher porosity were reported in the coated T2 and T3 samples as compared to the control ($p<0.05$). A decrease in L* and increase of a* and b*was also reported in these treatments ($p<0.05$). A decrease in texture stiffness was reported in tempura-coated products ($p<0.05$). The highest score in the investigated parameters (taste, aroma, color, texture, and overall acceptance) was reported in T2 and T3 treatments ($p<0.05$).

**Conclusion**: Microencapsulation of baking powder is a promising method to prepare coated products with quality and texture and more marketability in this growing market.

***Keywords:*** *Baking Powder, Carnauba Wax, Fried Chicken Fillet, Micro-Coating, Tempura.*

* Corresponding Author: afjapo@gmail.com