Homepagr: https://sanad.iau.ir/journal/jfst E-ISSN: 2676-7155

(Original Research Paper)

The Effect of Encapsulated and Free *Nasturtium officinale* Extracts with Pullulan Coating on the Quality and Shelf Life of Fish Nuggets

Samin Rashidi[1*], Seyyed Rasoul Shah Hosseini[2]

1-PhD Student of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.
2- M.Sc Graduate of Food Science and Technology, Nour Branch, Islamic Azad University, Nour. Iran.

Received:13/02/2023 Accepted:27/04/2023

DOI: 10.71810/jfst.2024.1004777

Abstract

In this study, the effect of pullulan edible coating of *Nasturtium officinale* extract were investigated in both free and microencapsulated form to enhance the quality and shelf life of Fish nuggets during a 12-day refrigerated storage period. For this purpose, *Nasturtium officinale* extract was extracted using ultrasound and quantities of phenolic, antioxidant properties. According to the results of phenolic compounds, 792.58 mg gallic acid /g extract, this has antioxidant property. Guar gum -whey protein concentrate was used for micro-encapsulation of the extract.Then in order to investigate the effect of *Nasturtium officinale* extract on the quality and shelf life of fish nuggets, pullulan based edible coating of this extract in 5 treatments including control, pullulan, pullulan + 1000 ppm extract, pullulan + Nano Extract 1000 ppm and pullulan + TBHQ was prepared. At first, the physicochemical properties of the nugget were measured. The results showed that addition of pullulan and *Nasturtium officinale* extract reduced oil uptake and increased moisture content, the frying efficiency and softness of Fish nuggets were and overall the best results were obtained in pullulan treatments. The Nano extract and extract were observed ($P< 0.05$). Then, the production treatments were periodically in the refrigerator chemically and sensory evaluation. The results of this study showed that *Nasturtium officinale* extract has antioxidant activity and nanocapsulation of the extract increased its antioxidant properties as nugget containing 1000 ppm *Nasturtium officinale* nanocapsule extract with pullulan process. Organoleptic and oxidative changes were significantly delayed by Fish nuggets ($P <0.05$). Therefore, it seems that *Nasturtium officinale* nanocapsule extract with pullulan coating can be used as a natural preservative in Seafood products.

Keywords: *Nasturtium officinale*, Lipid Oxidation, Oil uptake, Fish Nugget, Nanoencapsulated

[*]Corresponding Author: Saminrashidi82@gmail.com

E-ISSN: 2676-7155 سایت مجله: https://sanad.iau.ir/journal/jfst

(مقاله پژوهشی)

تاثیر عصاره ریزپوشانی شده علف چشمه به همراه پوشش پولولان بر کیفیت و ماندگاری ناگت ماهی

سمین رشیدی[1*]، سید رسول شاه‌حسینی[2]

۱-دانشجوی دکتری،گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی،آمل، ایران.
۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد نور، دانشگاه آزاد اسلامی، نور، ایران.

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۲/۰۷

DOI: 10.71810/jfst.2024.1004777

چکیده

در این پژوهش تاثیر پوشش خوراکی پولولان حاوی عصاره علف چشمه به دو فرم آزاد و ریزپوشانی شده در جهت افزایش کیفیت و عمر ماندگاری ناگت ماهی طی دوره نگهداری ۱۲ روزه در یخچال مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، عصاره علف چشمه با استفاده از روش اولتراسوند استخراج و مقادیر ترکیبات فنلی، خاصیت آنتی اکسیدانی عصاره اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج میزان ترکیبات فنلی، ۷۹۲/۵۸ میلی‌گرم/گرم گالیک اسید بوده، همچنین این عصاره از خاصیت آنتی اکسیدانی بالایی برخوردار بود. به منظور ریزپوشانی عصاره از صمغ گوآر- کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر استفاده شد. سپس به منظور بررسی اثر عصاره علف چشمه به همراه پوشش پولولان در افزایش کیفیت و عمر ماندگاری ناگت ۵ تیمار شامل شاهد، پولولان ، پولولان + عصاره ppm ۱۰۰۰، پولولان + نانو عصاره ppm ۱۰۰۰ و پولولان + TBHQ تهیه شد. در ابتدا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ناگت سنجیده شد، نتایج نشان داد که افزودن پولولان و عصاره علف چشمه سبب کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت، درصد پوشش دهی و راندمان سرخ کردن و نرمی بافت ناگت ماهی شد و در مجموع بهترین نتایج در تیمارهای پولولان به همراه عصاره و نانو عصاره مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). سپس تیمارهای تولیدی به صورت دوره‌ای در یخچال مورد ارزیابی شیمیایی و حسی قرار گرفتند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عصاره علف چشمه دارای خاصیت آنتی اکسیدانی می‌باشد و نانوکپسوله نمودن عصاره سبب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی آن شده است به طوری که ناگت حاوی ppm ۱۰۰۰ عصاره نانوکپسوله علف چشمه به همراه پوشش پولولان روند فساد اکسیداسیونی و تغییرات ارگانولپتیکی را در ناگت ماهی به طور معنی‌داری به تعویق انداخت ($P<۰/۰۵$). بنابراین به نظر می‌رسد که عصاره نانوکپسوله علف چشمه به همراه پوشش پولولان می‌تواند به عنوان یک نگهدارنده طبیعی در فرآورده‌های دریایی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: علف چشمه، اکسیداسیون لیپید، جذب روغن، ناگت ماهی، نانوکپسوله.

*مسئول مکاتبات: Saminrashidi82@gmail.com

۱-مقدمه

امروزه بخش عمده مواد غذایی مورد نیاز جامعه به صورت صنعتی تولید و به صورت آماده مصرف به بازار عرضه می‌شوند. این محصولات آماده مصرف با توجه به برآورده ساختن نیازهای مصرف‌کنندگان مانند خواص حسی مطلوب و سرعت آماده سازی بالا، توانسته‌اند جایگاه ویژه‌ای را در سبد غذایی خانواده و جامعه بدست آورند. غذاهای آماده و نیمه آماده از جمله محصولات سوخاری بخش عمده‌ای از این نوع مواد غذایی هستند(۲). از مزایای این غذاها می‌توان به بافت ترد، ظاهر و رنگ مطلوب، بهبود کیفیت خوراکی و خوش خوراکی اشاره نمود (۳۵). ناگت ماهی محصول جدیدی در کشور است که به دلیل دارا بودن طعم و مزه مطلوب می‌تواند با بالا بردن تقاضای مصرف میزان سرانه فرآورده‌های دریایی را افزایش دهد. در صنعت غذا استفاده از پوشش‌های خوراکی به علت ایجاد خواص ویژه حسی، شیمیایی و فیزیکی مطلوب، کاربرد فراوانی دارند. پولولان، پلی‌ساکاریدی با منشا میکروبی و انحلال پذیر در آب است که از گونه‌های *Aureobasidium pullulans* تولید می‌شود و از واحدهای مالتوتریوز با پیوندهای خطی D- گلوکان تشکیل و از طریق پیوندهای (۶ و۱) به هم متصل شده اند. این پلی ساکارید خوراکی است و فیلم‌های شفاف، انعطاف پذیر، بدون رنگ، بدون بو، و غیر قابل نفوذ نسبت به روغن و اکسیژن تولید می‌کند (۲۸). با این وجود کاربرد مستقیم مواد ضد باکتریایی بر روی مواد غذایی اثرات سودمند آن را به دلیل خنثی سازی یا انتشار سریع به داخل ماده غذایی محدود می سازد. لذا روش هایی مبنی بر غنی سازی پوشش های خوراکی با مواد ضد میکروبی و ضد اکسیداسیونی به منظور حفظ غلظت‌های بالای این ترکیبات در مواد غذایی برای افزایش کیفیت این محصولات توسعه پیدا کردند (۱۸). ترکیبات فنولی موجود در عصاره‌های گیاهی مسئول خواص ضد میکروبی عصاره‌ها هستند. همچنین، یکی از بهترین منابع آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشند. از جمله این گیاهان، گیاه علف چشمه می‌باشد. علف چشمه (*Nasturtium officinale*)، از جنس "Nasturtium" و از خانواده "Brassicaceae" می باشد. گیاهی علفی و پایا است که در کنار چشمه‌ها و آب‌های زلال می روید. این گیاه دارای مقادیر قابل توجه از ترکیبات فنولی مثل کاروتنوئیدها، بتاکاروتن، لوتئین، زئاگزانتین و فلاوونوئید کوئرستین است (۲۱). گیاه علف چشمه به طور خودرو در نواحی مختلفی نظیر مازندران، گیلان، آذربایجان، فارش، سیستان و بلوچستان، کهگیلویه و بویر احمد و بوشهر می‌روید. مطالعات نشان داده اند که بعضی از ترکیبات فنولی موجود در علف چشمه مانند کوئرسیتن دارای اثر آنتی اکسیدان، ضد ویروس (۳۰)، ضد باکتری و قارچ(۱۹)، می‌باشند. استخراج ترکیبات زیست فعال مذکور از گیاه به عوامل متعددی بستگی دارد که مهم ترین آن ها حلال و روش استخراج می باشند. یکی از روش‌های نوین استخراج، استفاده از امواج فراصوت (اولتراسوند) است. این روش ارزان، ساده و موثر بوده و افزایش بازده عصاره‌گیری و افزایش سرعت واکنش از مهمترین محاسن آن به شمار می‌رود. در این روش دمای کمتری برای عصاره‌گیری لازم است در نتیجه به ترکیبات حساس به حرارت، کمتر آسیب می‌رسد. در مقایسه این روش با سایر روش‌های جدید عصاره‌گیری، این روش آسانتر و ارزان تر بوده، با هر نوع حلالی نیز قابل انجام می باشد (۲،۴). ترکیبات فعال عصاره و اسانس‌های گیاهی فرار می‌باشد و برخی از آن ها به سختی محلول در آب می‌باشند و همچنین به راحتی اکسید می‌شوند. یکی از راهکارها برای غلبه بر این محدودیت‌ها ریزدرون‌پوشانی (میکروانکپسولاسیون) عصاره می‌باشد. انکپسولاسیون فرآیندی است که در آن ذرات ریز و قطرات یک ماده به وسیله مواد مختلف پوشانده می‌شوند تا خصوصیات مفیدی بتوان از آن به دست آورد. یکی از روش‌های ریز درون پوشانی استفاده از خشک‌کن پاششی است. برخی از مطالعات نشان داد ریز درون پوشانی قادر است خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی ترکیبات را افزایش

می‌دهد و همچنین سبب حفظ پایداری خواص آن برای مدت طولانی‌تر می‌شود (۹،۲۴). با عنایت به مطالب ذکر شده، هدف از مطالعه حاضر استخراج و ریزپوشانی (توسط صمغ گوآر- کنسانتره پروتئینی آب پنیر) عصاره گیاه علف چشمه به همراه پوشش خوراکی پولولان بر خواص ماندگاری ناگت ماهی سرخ شده می‌باشد.

۲-مواد و روش

۲-۱-آماده سازی گیاه علف چشمه

گیاه علف چشمه در فروردین ماه سال ۱۴۰۱ از مناطق ییلاقی دلارستاق شهرستان آمل جمع‌آوری و پس از تائید نام علمی توسط موسسه فارماکولوژی، به آزمایشگاه پژوهشکده اکولوژی خزر منتقل شد. بعد از جداسازی برگ‌ها و شستشو با آب شرب، گیاه در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید خشک و با استفاده از آسیاب پودر گردید و تا زمان مصرف در کیسه زیپ‌دار در یخچال نگهداری شد.

۲-۲-استخراج عصاره گیاه علف چشمه به کمک اولتراسوند

ابتدا نمونه‌ها با نسبت ۱ به ۵ با حلال اتانول (۸۰ درصد) مخلوط شد، سپس در حمام اولتراسوند به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سلسیوس با فرکانس ۳۴-۲۸ کیلوهرتز قرار گرفت. سپس محلول‌ها با کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف و بمدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. در ادامه توسط اواپراتور (حداکثر دما ۵۰ درجه سانتی‌گراد) حلال تبخیر و عصاره در حلال ذکرشده به دست آمد. عصاره حاصل تا زمان انجام آزمایش در دمای ۱۸- نگهداری شد (۶).

۲-۳-اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

روش فولین سیوکالتیو از متداول‌ترین روش‌های اندازه‌گیری فنولی می‌باشد. اساس کار در این روش، احیای معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است، که حداکثر جذب را در طول موج ۷۶۰ نانومتر نشان می‌دهد. ترکیبات فنولی کل بر اساس روش توضیح داده به وسیله بهرامی‌کیا و یزدانپرست (۲۰۱۰) با استفاده از اسپکتروفتومتر بر مبنای اسیدگالیک تعیین شد(۱۴).

۲-۴-اندازه‌گیری فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره

۲-۴-۱-آزمون جذب رادیکال‌های آزاد DPPH

برای انجام این آزمایش از رادیکال آزاد DPPH استفاده شد. بدین منظور ۱ میلی لیتر از غلظت‌های مختلف عصاره به طور جداگانه (ppm ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰) با ۱ میلی لیتر محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH اضافه شد و مخلوط حاصل به خوبی تکان داده شد و به مدت ۱۵ دقیقه در اتاق تاریک قرار گرفت و سپس جذب نوری نمونه‌ها در طول موج nm ۵۱۷ قرائت شد. تمامی این مراحل در مورد BHA به عنوان آنتی‌اکسیدان استاندارد نیز انجام شد (۱۴).

۲-۵-تهیه عصاره نانوکپسوله

برای تهیه عصاره گیاه علف چشمه نانوکپسوله، صمغ گوآر- کنسانتره پروتئینی آب پنیر به عنوان حامل انتخاب شد. نانوکپسولاسیون با استفاده از روش شریفی و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت(۳۶). مخلوط صمغ‌گوآر-آب پنیر تغلیظ شده در محلول کلروفرم/ متانول (۱:۳ w:w) انحلال یافت. سپس محلول حاصله به‌منظور حذف حلال‌ها در روتاری اواپراتور قرار داده شد تا یک فیلم نازک بر روی دیوار تشکیل شود. عصاره گیاه علف چشمه نیز در محلول دی کلرومتان/ متانول (۱:۲ w:w) حل می‌شود و مخلوط حاصل با مخلوط صمغ‌گوآر-آب پنیر تغلیظ شده با نسبت ۴: ۱، (صمغ‌گوآر – آب پنیر تغلیظ شده: عصاره) ترکیب گردید و حلال‌های موجود تحت بخار نیتروژن تبخیر شدند. فیلم تولید شده با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات (۱۰ میلی مول/ لیتر، pH ۷/۴) انحلال یافت. به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به وسیله دستگاه هموژنایزر در فشار ۲۰۰ بار هموژنیزه شد. سوسپانسیون به‌دست‌آمده به مدت ۲ ساعت در تاریکی در دمای اتاق قرار داده شد. سپس با سرعت ۶۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. در نهایت، عصاره

گیاه علف چشمه نانوکپسوله با استفاده از خشک‌کن انجمادی خشک گردید.

۲-۶-راندمان ریزپوشانی[1]

راندمان ریزپوشانی مطابق روش توضیح داده شده توسط روبرت و همکاران (۲۰۱۰) تعیین شد(۳۳). ۲۰۰ میلی گرم ریز پوشینه به ۲ میلی لیتر اتانول اضافه و به مدت یک دقیقه همزده و در ادامه تحت اولتراسوند به مدت ۲۰ دقیقه در دو مرحله با شدت ۱۰۰ درصد و فرکانس ۲۰ کیلو هرتز قرار گرفت. بعد از این مرحله سانتریفیوژ کردن در ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۲ دقیقه انجام شد. الکل میتواند عصاره‌ی که خارج از کپسول است را بدون تخریب در خود حل کند. مقدار ترکیبات فنولی کل در محلول رویی با استفاده از روش فولین سیوکالتو و جذب در۷۴۰ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر تعیین و درصد کارایی کپسوله کردن از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{Encapsulation Efficiency (\%)} = \frac{w1-w2}{w2} \times 100$$

در این معادله w_1 مقدار عصاره در مایع فوقانی معین از نانوکپسول و w_2 مقدار عصاره افزوده شده برای آماده سازی همان مقدار نانوکپسول می باشد که بر حسب میلی گرم گالیک اسید به ازای هر گرم عصاره بیان می‌شوند.

۲-۷-اندازه‌گیری اندازه ذرات

متوسط قطر، توزیع اندازه ذرات و سطح مخصوص ذرات با کمک دستگاه انکسار نور لیزر (مدل Zetasizer nano zs. شرکت Malvern.کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. قطر متوسط ذرات با نماد d۴۳ (قطرحجم- طول) نشان داده شد و بر طبق معادله زیر محاسبه گردید. در این فرمول zi تعداد ذرات با قطر di خواهد بود (۲۵).

$$D_{4,3} = \Sigma n_i d_i^4 / \Sigma n_i d_i^3$$

۲-۸-مواد مورد استفاده در روکش

درصد مورد بررسی پولولان (۲ درصد) در این پژوهش از مروری بر مطالعات گذشته که در این زمینه به مطالعه پرداختند استفاده شده است. برای آردزنی اولیه در روکش، از آرد گندم با مقدار درصد پوشش های متفاوت (ترکیب اول:۱۰۰ درصد آرد گندم ، ترکیب دوم: ۹۸ درصد آرد گندم و ۲ درصد پولولان ، ترکیب سوم:۹۸ درصد آرد گندم و ۲ درصد پولولان بهمراه عصاره آزاد علف چشمه (۱۰۰۰ppm)، ترکیب چهارم: ۹۸ درصد آرد گندم و ۲ درصد پولولان به همراه عصاره ریزپوشانی (توسط صمغ گوآر و کنسانتره پروتئینی آب پنیر (WPC)) علف چشمه (۱۰۰۰ppm) ، ترکیب پنجم: ۹۸ درصد آرد گندم و ۲ درصد پولولان به همراه آنتی اکسیدانی سنتزی TBHQ (۱۰۰ppm) استفاده شد (۱). فرمول لعاب طبق فرمولاسیون چن و همکاران (۲۰۰۸،۲۰۰۹) تهیه گردید که شامل ۵۵ درصد آرد گندم،۳۰ درصد آرد نشاسته اکسید شده، ۱۰ درصد آرد گلوتن، ۲ درصد بیکینگ پودر و ۳ درصد نمک بود، قسمت نهایی روکش از آرد سوخاری نارنجی رنگ و با اندازه ی ذرات متوسط استفاده شد (۱۶،۱۵).

۲-۹-آماده سازی ناگت ماهی

ماهی کپور نقره‌ای از استخرهای پرورشی کپور ماهیان حومه آمل تهیه و به مرکز ملی تحقیقات فرآوری آبزیان به صورت تازه منتقل گردید. صید ماهی صبح زود انجام و حداکثر تا ساعت ۸ صبح همراه یخ به نسبت ۱ به ۱ به مرکز منتقل شد. پس از شستشوی ماهی با آب خنک ابتدا سر و دم و سپس امعا و احشای ماهی جدا گردید و برای گوشت گیری به سالن تولید منتقل شد. فیله کردن به صورت دستی انجام شد، سپس به کمک دستگاه چرخ گوشت با قطر منفذ استوانه ۳ میلی متر تبدیل به مینس ماهی (گوشت چرخ کرده ماهی) شدند (۴). با توجه به فرمولاسیون ناگت ماهی در جدول ۱، مخلوط حاصل، اندازه ناگت‌های ماهی در ابعادی با قطر پنج سانتی متر و ارتفاع حدود ۱ سانتی متر قالب گیری گرد شد و

1-Enapsulation Efficiency

سپس آرد زنی اولیه، در لعاب غوطه ور گردید و پس از چکیدن لعاب اضافی پس از مدت یک دقیقه، توسط آرد سوخاری صنعتی دانه متوسط پوشانده شدند. پس از کامل شدن روکش، ناگت‌ها با استفاده از روغن آفتابگردان (مخصوص سرخ کردنی) به مدت ۱ دقیقه در سرخ کن تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد (روش استاندارد) به صورت مقدماتی به روش سرخ کردن عمیق سرخ شده تا محصول شکل خود را حفظ نماید و پس از خنک شدن در دمای محیط، تکرارهای هر تیمار جداگانه درون بسته های زیپ کیپ بسته بندی شد و در فریزر ۱۸- درجه سانتی گراد منجمد گردید. پس از سرخ کردن تکرار هر تیمار، روغن تعویض شد. پس از گذشت سه روز ، ناگت ماهی تولیدی از فریزر خارج شد و پس از انجماد زدایی، ناگت‌های ماهی در سرخ کن به مدت ۲/۵ دقیقه تحت دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به روش سرخ کردن عمیق، سرخ شد و به منظور انجام آزمایشات مورد آنالیز قرار گرفت (۱).

جدول ۱- فرمولاسیون و اجزاء تشکیل دهنده ناگت ماهی (۱۱).

ردیف	ترکیبات	درصد اجزاء
۱	گوشت ماهی	۹۳/۵۰
۲	نمک	۱/۵۰
۳	شکر	۱
۴	فلفل	۰/۲۴
۵	زیره سیاه	۰/۲۴
۶	پودر پیاز	۰/۲۴
۷	پودر سیر	۰/۲۴
۸	آرد گندم	۳
۹	آویشن	۰/۲۰

در مجموع مطالعه حاضر شامل ۵ تیمار می باشد.

۱-شاهد (Control)

۲- پولولان (۲درصد) (Pull)

۳- پولولان(۲درصد) + عصاره آزاد علف چشمه در غلظت ۱۰۰۰ppm (Pull + E 1000 ppm)

۴- پولولان(۲درصد) + عصاره ریز پوشانی شده علف چشمه در غلظت ۱۰۰۰ppm (Pull + NE 1000 ppm)

۵-پولولان(۲درصد) +TBHQ در غلظت ۱۰۰ppm (Pull + TBHQ)

پس از آماده شدن ناگت وتهیه تیمارهای مختلف آزمون های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی و روی آن انجام شد. همچنین، ناگت‌ها به یخچال منتقل شده و در دمای ۱ ± ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ روز نگهداری شدند و در فواصل زمانی ۴،۰ ، ۸ و ۱۲ روز مورد ارزیابی شیمیایی قرار گرفت.

۲-۱۰-آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

۲-۱۰-۱-سنجش درصد رطوبت

حدود ۱۰-۵ گرم از نمونه چرخ شده ناگت ماهی، در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و پس از ۴ ساعت از آن خارج و به داخل دسیکاتور انتقال یافت، نمونه پس از سرد شدن مجددا توزین گردیده و عمل خشک شدن تا زمانی ادامه یافت که تغییر وزن محسوسی در نمونه دیده

نشد و میزان رطوبت از رابطه زیر مورد محاسبه قرار گرفت (۱۰)

۱۰۰×(وزن اولیه/وزن بوته چینی – وزن نهایی) =درصد رطوبت

۲-۱۰-۲-اندازه‌گیری میزان روغن جذب شده

استخراج و اندازه‌گیری چربی بر طبق روش استاندارد (۱۰) با استفاده از روش سوکسله انجام گرفت. بخشی از ناگت ماهی خشک شده کاملا خرد شد و چربی آن با استفاده از پترولیوم اتر در یک استخراج کننده سوکسله شد. درصد روغن جذب شده از اختلاف بین میزان چربی ناگت ماهی، قبل و بعد از سرخ کردن به دست آمد.

۲-۱۰-۳-آزمون بافت‌سنجی

جهت اندازه‌گیری ویژگی بافتی ناگت، نمونه‌ها در دمای ۱۷۰ درجه به مدت ۵-۱۰ دقیقه پخت شده و سپس به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴ درجه نگهداری شدند تا دمای مرکز نمونه ها به ۴ درجه کاهش یابد. سپس نمونه های مکعبی در ابعاد ۱× ۱× ۱ cm^3 بریده شده و تحت آزمون فشاری توسط دستگاه آنالیز بافت با مشخصات پروب مسطح (۲۵/۱۰۰۰ TA) به ابعاد ۵۰/۸ ×۲۰ میلی متر و بار ۱۰ کیلوگرم قرار گرفتند. نیروی مورد نیاز جهت فشرده شدن نمونه ها تا حد ۷۰ درصد ارتفاع اولیه آن ها تحت سرعت ثابت mm/min ۱ میزان سفتی بافت اندازه‌گیری شد (۳۹).

۲-۱۰-۴-درصد پوشش دهی ناگت

درصد پوشش‌دهی به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CP(\%) = \frac{C - I}{I} \times 100$$

دراین معادله CP(%) ، C ، I درصد پوشش‌دهی بر حسب (درصد) وزن برش های اولیه پوشش‌دهی شده (g) و وزن برش‌های اولیه بدون پوشش(g) می‌باشد (۱۷).

۲-۱۰-۵-راندمان سرخ کردن

راندمان سرخ کردن به کمک رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Y(\%) = \frac{F}{NF} \times 100$$

دراین معادله Y(%) ، F ، NF به ترتیب راندمان سرخ کردن بر حسب (درصد) وزن برش های پوشش‌دار (بدون پوشش یا شاهد) سرخ شده (g) و وزن برش‌های پوشش‌دار سرخ نشده(g) می‌باشد (۱۷).

۲-۱۱-اندازه‌گیری شاخص های اکسیداسیون

۲-۱۱-۱-عدد پراکسید

آزمون پراکسید میزان محصولات اولیه اکسیداسیون (هیدروپراکسیدها) را اندازه‌گیری می‌کند. روند تغییرات عدد پراکسید نمونه‌ها مطابق روش باقری و همکاران، (۲۰۱۶) تعیین شد(۱۲).

۲-۱۱-۲-عدد تیوباربیتوریک اسید

آزمون تیوباربیتوریک اسید محصولات ثانویه اکسیداسیون (مالون دی آلدهید) را اندازه‌گیری می‌کند. این آزمون بر اساس روش جوادیان و همکاران، (۲۰۱۷) انجام شد(۲۴).

۲-۱۱-۳-اندازه‌گیری بازهای نیتروژنی فرار

مقادیر بازهای نیتروژنی فرار مطابق روش شاه حسینی و همکاران، (۱۴۰۰) با استفاده از سل میکرودیفیوژن کانوی اندازه‌گیری شد و نتایج بر حسب میلی گرم نیتروژن/۱۰۰ گرم نمونه بیان شد (۵).

۲-۱۲-آزمون حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی نمونه‌های ناگت ماهی توسط ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده ازنظر رنگ، بو و پذیرش کلی در روز اول و آخر نگهداری توسط آزمون هدونیک پنج نقطه‌ای استفاده شد که امتیاز ۵ بیانگر بسیار خوب بودن و امتیاز ۱ بیانگر بسیار بد بودن نمونه بود (۳۸). هر ارزیاب یک بلوک در نظرگرفته خواهد شد و داده‌های حاصل از آزمون حسی با طرح بلوک کاملا تصادفی با نرم افزار SPSS در سطح اطمینان ۹۵درصد به صورت non parametric آنالیز شد.

۲-۱۳-تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایش‌ها در طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد و نتیجه به صورت میانگین با انحراف معیار گزارش شد. آنالیز آماری تیمارها توسط جدول آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده ازنرم افزار SPSS صورت گرفت. تفاوت معنی داری میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ تعیین شد و نمودارها با نرم افزار Microsoft Excel ترسیم شد.

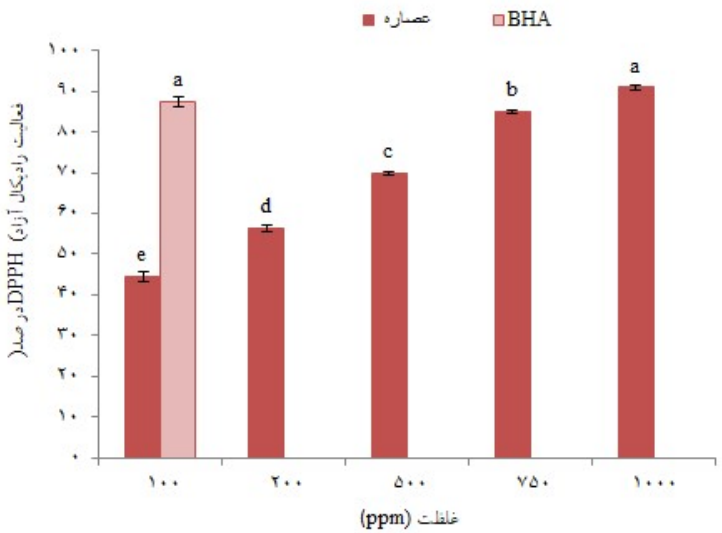
۳-نتایج و بحث

۳-۱-میزان ترکیبات فنلی کل

ترکیبات فنلی در میوه‌ها و سبزیجات توجه بسیاری از محققین را به خود معطوف کردند که به علت پتانسیل بالای آن برای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. ترکیبات فنلی با اهدای اتم هیدروژن از فعالیت رادیکال آزاد جلوگیری می‌کنند (۲۲). میزان ترکیبات فنلی در مطالعه حاضر برابر با ۷۹۲/۵۸ میلی گرم اسید گالیک/ گرم عصاره بوده است. مقادیر ترکیبات فنلی عصاره علف چشمه در مطالعه حاضر از مقادیر ترکیبات فنلی عصاره علف چشمه که توسط شاه حسینی و همکاران (۱۴۰۰) گزارش شده است کمتر بود، میزان ترکیبات فنلی در مطالعه آنها برابر با ۸۷۹/۵۷±۷/۱۶ میلی گرم اسید گالیک/ گرم عصاره بوده است(۵)، علت این امر ممکن است به علت تفاوت در روش استخراج در این مطالعه‌ها باشد در مطالعه آن ها از روش حلال استفاده شد اما در این مطالعه از روش اولتراسوند استفاده شد. در واقع امواج اولتراسوند، هر دو مرحله فرآیند استخراج یعنی تورم بافت و نیز خروج ترکیبات از آن را از طریق ایجاد تخلخل و منافذ در دیواره سلول‌ها و بهبود انتشار و انتقال جرم تسهیل می‌کنند که این افزایش نفوذپذیری حلال در بافت‌های سلول به وسیله اثرات مکانیکی اولتراسوند به وجود می‌آید و به این ترتیب سلول‌های زنده تحت تاثیر این امواج، تخریب شده و مواد درون خود را بهتر و آسان‌تر رها می‌کنند (۲۶).

۳-۲-فعالیت رادیکال آزاد DPPH

۲ و۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) یک رادیکال پایدار است، که حداکثر جذب آن در ۵۱۵ نانومتر است و می‌تواند به سرعت با یک آنتی‌اکسیدان احیاء شود. این روش استفاده گسترده‌ای در اندازه‌گیری میزان مهارکنندگی رادیکال آزاد ترکیبات مختلف دارد (۲۳). با توجه به نتایج، میزان فعالیت رادیکال آزاد DPPH (شکل۱) تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره بود و با افزایش غلظت عصاره میزان فعالیت رادیکال آزاد DPPH افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). بالاترین میزان فعالیت رادیکال آزاد DPPH در غلظت ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد (۸۷/۸۶ درصد). مقادیرفعالیت آنتی‌اکسیدانی در این غلظت اختلاف معنی‌داری با آنتی‌اکسیدان سنتزی BHA نداشت ($P>۰/۰۵$). عصاره‌های گیاهی به علت دارا بودن ترکیبات فنلی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ظرفیت بالایی برای اهدای اتم هیدروژن یا الکترون و الکترون آزاد می‌باشد. با افزایش غلظت ترکیبات فنلی یا درجه هیدروکسیلاسیون ترکیبات فنلی، فعالیت مهار رادیکالی اسانس یا عصاره افزایش پیدا می‌کند (۲۹). دارا بودن خاصت آنتی اکسیدانی عصاره علف چشمه در مطالعه شاه حسینی و همکاران (۱۴۰۰) و بهرامی‌کیا و یزدانپرست (۲۰۱۰) نیز گزارش شده است(۱۴،۵).



شکل ۱- مقادیر فعالیت رادیکال آزاد DPPH

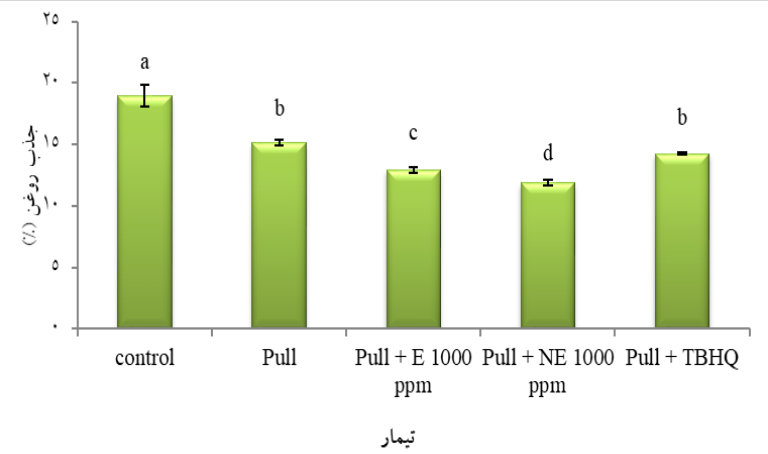
۳-۳-آزمون‌های ریزپوشانی

اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات اهمیت ویژه‌ای در تعیین خصوصیات سیستم‌های کلوئیدی دارند. مقادیر و ثبات این دو پارامتر در تعیین پایداری سیستم حامل کلوئیدی و کارایی انکپسولاسیون آن نقش بسزایی ایفا می‌کنند. در این مطالعه عصاره علف چشمه به وسیله صمغ گوآر-کنسانتره پروتئینی آب پنیر ریزپوشانی شد و اندازه ذرات عصاره ریزپوشانی در مطالعه حاضر برابر با ۱/۵۷±۱۴۲/۰۲ نانومتر، بازده ریزپوشانی برابر با ۱/۲۲±۶۴/۲۷ درصد بوده است. با توجه به نتایج عصاره ریزپوشانی شده از اندازه کوچکی برخوردار است. نانو عصاره‌ها با اندازه کوچکتر دارای پایداری بیشتری می باشند که به دلیل مقاومت بالاتر نسبت به نیروی ثقل به واسطه حرکت برآونی است (۲۰). همچنین عصاره ریزپوشانی دارای راندمان بالایی نیز می باشد. نوشاد و همکاران (۲۰۱۵) میزان راندمان ریزپوشانی وانیلین در مالتودکسترین و ایزوله پروتئینی سویا را ۵۱/۹ درصد گزارش نمودند(۳۱).

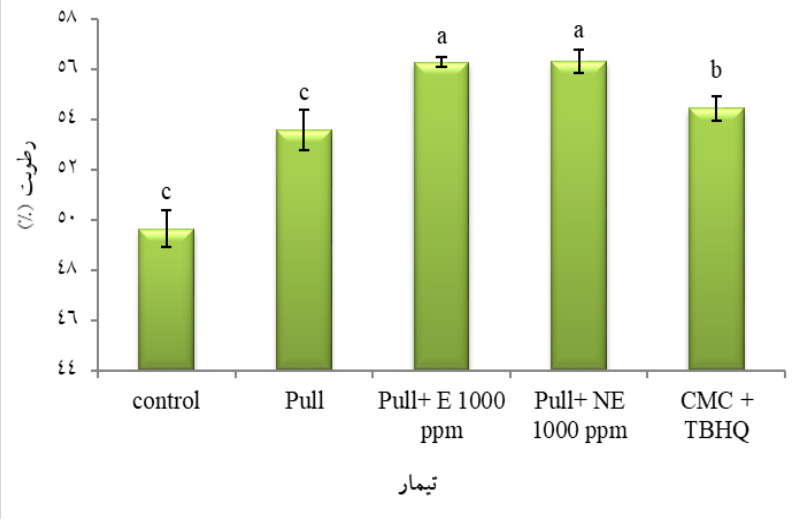
۴-۳-مقادیر رطوبت و جذب روغن در ناگت سرخ شده

فرآورده‌های سوخاری به دلیل فرآیند سرخ شدن در روغن و جذب روغن، محتوای چربی بالایی دارند (۳۷). خواص سطحی ماده غذایی، میزان رطوبت اولیه، دما و زمان سرخ کردن و درجه هیدروژناسیون روغن اثر مهمی روی جذب روغن فرآورده سرخ کرده دارد (۸). با توجه به نتایج بیشترین مقادیر جذب روغن (شکل ۲) در تیمار شاهد مشاهده شد (۱۸/۹۵) و افزودن پولولان به همراه عصاره باعث کاهش جذب روغن شد و همچنین با افزودن نانوعصاره مقادیر جذب روغن کمتری مشاهده شد کمترین مقادیر جذب روغن در تیمار پولولان + نانو عصاره ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد. علت این کاهش می‌تواند از یک سو با باند شدن عصاره با مولکول‌های آب و جلوگیری از جایگزینی آن با روغن و ازسوی دیگر پوشش‌های هیدروکلوئیدی با تشکیل شبکه ژل و حفظ این شبکه طی فرآیند سرخ کردن مرتبط باشد که جذب روغن را در زمان سرخ کردن کاهش داده و به تبع آن انرژی کاهش یافته می‌شود (۳). با توجه به نتایج کمترین مقادیر رطوبت (شکل ۳) در تیمار شاهد مشاهده شد. و افزودن پولولان باعث افزایش رطوبت شد و همچنین با افزودن عصاره مقادیر رطوبت بیشتری مشاهده شد بیشترین مقادیر رطوبت در تیمار پولولان + عصاره و نانو عصاره ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد به طور کلی، با افزایش غلظت محلول‌های هیدروکلوئیدی میزان رطوبت افزایش و میزان جذب روغن آن‌ها کاهش

می‌یابد. این امر ممکن است به دلیل تاثیر توام خاصیت تشکیل ژل در طی حرارت دهی و میزان بالای پوشش دهی، باعث ایجاد یک لایه مناسب و نسبتا ضخیم در برابر خروج رطوبت و نفوذ روغن به درون ناگت‌ها گردید. در فرآیند سرخ کردن تغییرات ساختاری ماده غذایی به دلیل دمای بالای روغن باعث کاهش رطوبت می شود. کاهش رطوبت فرآورده منجر به افزایش میزان تخلخل در آن می‌گردد. در حین سرخ کردن جایگزین رطوبت از دست رفته حفره‌های ریز و درشت می‌شود. در مجموع پوشش دهی می تواند از ورود روغن و خروج رطوبت تا حدی جلوگیری نماید (۱). بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۹۸۶۸ حد بیشینه رطوبت در ناگت و برگرهای سوخاری برابر با ۵۸ درصد می باشد در این مطالعه تمامی تیمارهای مورد بررسی از محدوده استاندارد رطوبت برخوردار بودند.



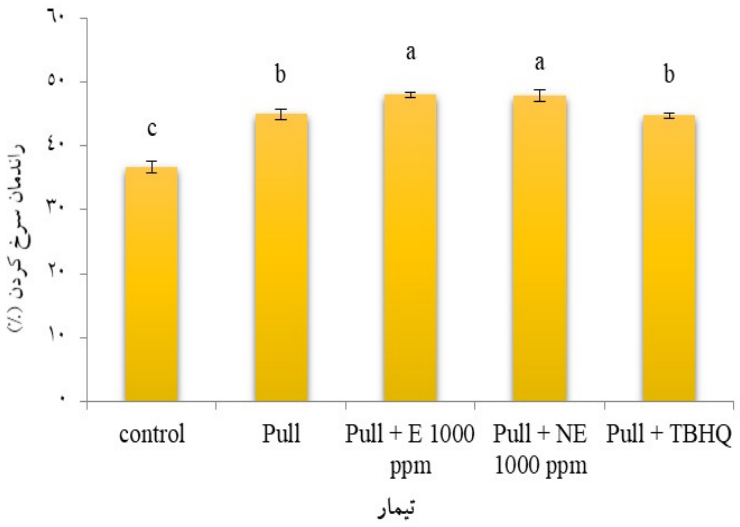
شکل ۲-: مقادیر جذب روغن در ناگت ماهی سرخ شده



شکل ۳- مقادیر رطوبت در ناگت ماهی سرخ شده

۳-۵-مقادیر راندمان سرخ کردن در ناگت سرخ شده

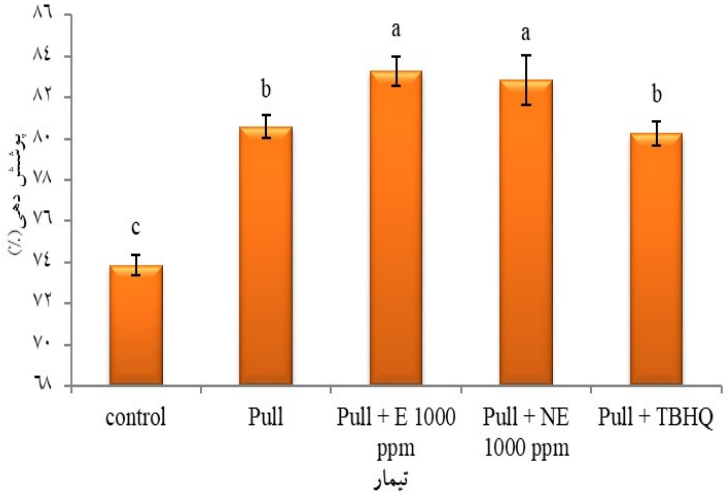
راندمان سرخ کردن، نسبت نمونه قبل و بعد از سرخ کردن را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج کمترین مقادیر راندمان سرخ کردن (شکل ۴) در تیمار شاهد مشاهده شد (۳۶/۶۶ درصد) و افزودن پولولان باعث افزایش راندمان سرخ کردن شد و همچنین با افزودن عصاره مقادیر راندمان سرخ کردن بیشتری مشاهده شد. جذب بالای روغن طی سرخ کردن سبب فروپاشی بافت سلول نمونه می‌شود و راندمان سرخ کردن در تیمار پولولان + عصاره و نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm به علت دارا بودن جذب روغن کمتر راندمان سرخ شدن بالاتری دارد. ساخل و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش نمود صمغ زانتان سبب کاهش جذب روغن تا ۵۶/۸ درصد در سمبوسه ای شد(۳۴). همچنین آن ها اعلام نمودند با افزایش غلظت پوشش به واسطه اثرات سد کنندگی پوشش میزان راندمان سرخ کردن افزایش یافت.



شکل ۴- مقادیر راندمان سرخ کردن در ناگت ماهی سرخ شده

۳-۶-مقادیر پوشش دهی در ناگت سرخ شده

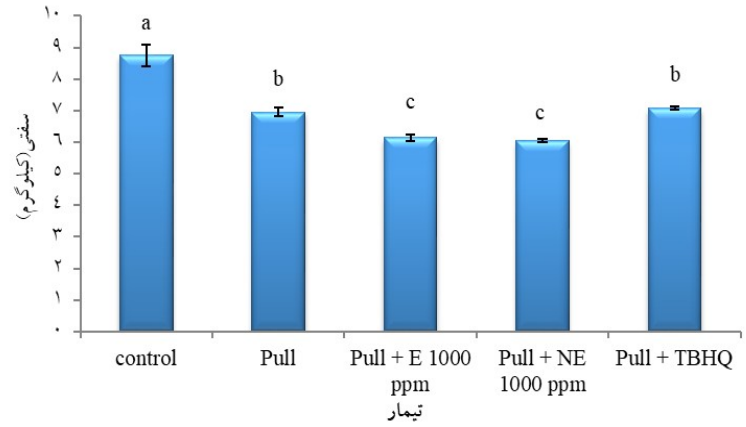
با توجه به نتایج کمترین مقادیر پوشش دهی (شکل ۵) در تیمار شاهد مشاهده شد و افزودن پولولان باعث افزایش مقادیر پوشش‌دهی شد و همچنین با افزودن عصاره مقادیر پوشش‌دهی بیشتری مشاهده شد بیشترین مقادیر پوشش‌دهی در تیمار پولولان +عصاره و نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm مشاهده شد. چن و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند میزان ویسکوزیته پوشش های هیدرو کلوئیدی نقش مهمی در میزان درصد پوشش‌دهی دارد(۱۵)، به طور کلی با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها میزان پوشش بیشتری به فینگر ماهی چسبیده و باعث بالا رفتن درصد پوشش‌دهی می گردد.



شکل ۵- مقادیر پوشش دهی در ناگت ماهی سرخ شده

۳-۷-مقادیر سفتی بافت در ناگت سرخ شده

سفتی ویژگی بافتی است که مطابق تعریف میزان نیروی مورد نیاز برای تغییر شکل فرآورده است و به عنوان نیرویی که مصرف کننده، با دندان برای فشرده کردن به محصول وارد می‌کند تعریف می‌شود (۱۳). بیشترین مقادیر سفتی بافت (شکل۶) در تیمار شاهد مشاهده شد. افزودن پولولان سبب کاهش باندها و اتصالات بین پروتئین‌های گوشت موجب کاهش میزان سفتی فرآورده می شوند. این نتایج با نتایج پولیزر[1] و همکاران (۲۰۱۵) در ارتباط با افزودن فیبر نخود به ناگت مرغ(۳۲) و کتنوا[2] و همکاران (۲۰۱۶) در ارتباط با افزودن پروتئین هیدرولیز شده میگو به توفو[3] ماهی(۲۷) و بهرامی و خادمی (۲۰۲۰) در ارتباط با افزودن عصاره ریز پوشانی شده چای ترش به‌همراه پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز به ناگت مرغ(۱۳)، ایزدی و همکاران (۱۳۹۶) در ارتباط با افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به ناگت ماهی(۲) هم خوانی دارد.



شکل۶- مقادیر سفتی بافت در ناگت ماهی سرخ شده

1-Polizer
2-Ketnawa
3-Fish tofu

۳-۸-تغییرات مقادیر عدد پراکسید طی مدت نگهداری

اکسیداسیون چربی یکی از دلایل اصلی فساد در طی دوره نگهداری که سبب ایجاد بو، طعم نامطلوب و کاهش ارزش غذایی می‌شود. عدد پراکسید جهت تعیین تشکیل هیدروپراکسیدها (مواد اولیه اکسیداسیون) به کار می‌رود. بنابراین تعیین میزان عدد پراکسید در نمونه‌های گوشت به منظور اکسیداسیون چربی گوشت ضروری به نظر می‌رسد (۵). نتایج مربوط به مقادیر عدد پراکسید در ناگت ماهی در جدول ۲ ارائه شده است. با افزایش زمان، میزان عدد پراکسید در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت($P<۰/۰۵$). اما در سایر روزهای نگهداری، افزودن نگهدارنده های طبیعی (عصاره علف چشمه) سبب کند شدن روند افزایشی عدد پراکسید شد کند بودن افزایش عدد پراکسید در تیمار حاوی آنتی‌اکسیدان نشان دهنده کند کردن روند اکسیداسیون چربی توسط آن ها و خاصیت آنتی اکسیدانی آن می‌باشد. هیدروکلوئیدی نظیر پولولان، مانع از نفوذ اکسیژن به درون بافت می‌شود و در نتیجه از سرعت اکسیداسیون اولیه چربی‌ها و متعاقب آن تشکیل هیدروپرواکسیدها کاسته می‌شود. همچنین ترکیبات فنلی موجود در عصاره گیاه علف چشمه به عنوان دهنده‌ی الکترون عمل می‌کنند و ممکن است واکنش‌های ناخواسته‌ی ایجاد شده با رادیکال‌های آزاد در بدن را خنثی کنند. در واقع پلی فنول‌ها توانایی به دام انداختن رادیکال‌های آزاد را دارند، خصوصا رادیکال‌های پروکسی که یکی از کلیدی‌ترین واکنش دهنده‌های زنجیره‌ی میانی‌اند، در نتیجه باعث خاتمه دادن چرخه‌ی واکنش‌های فساد اکسیداسیونی و کاهش نرخ افزایش شاخص عدد پراکسید در طول نگهداری می‌شوند (۲۴،۱۲،۵). در مجموع مقادیر عدد پراکسید در تیمارهای حاوی نانو پوشش کمتر از ما بقی تیمارها بود. انکپسولاسیون سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود، نانوکپسولاسیون باعث حفاظت هیدروکلوئیدهای به کار برده از فاکتورهای محیطی نظیر pH، اکسیژن، نور و... می شود. همچنین مولکول‌های فرار با این روش پایدار مانده و باعث حفاظت آنها از تغییرات اکسیداتیو، نوری و فراریت می‌شود. بنابراین نانوانکپسولاسیون و پتانسیل بیشتری به منظور افزایش فراهمی زیستی، بهبود کنترل انتشار، هدف قراردادن دقیق ترکیبات زیستی در نتیجه بهبود فعالیت آنتی اکسیدانی می‌باشد. میزان مجاز پراکسید در فرآورده‌های گوشتی برای مصرف انسانی ۵ است (۴۰). بر این اساس به جز تیمار شاهد و پولولان مابقی تیمارها تا انتهای دوره نگهداری سالم ماندند.

جدول ۲- مقادیر پراکسید در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری بر حسب میلی اکی والان/ کیلوگرم چربی

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	۰	۴	۸	۱۲
شاهد	۰/۹۳±۰/۰۲^{d}	۲/۹۵±۰/۰۶^{Ac}	۵/۰۳±۰/۰۶^{Ab}	۷/۶۸±۰/۲۹^{Aa}
پولولان	۰/۹۵±۰/۰۴^{d}	۱/۶۲±۰/۰۳^{Bc}	۴/۰۶±۰/۱۵^{Bb}	۵/۵۷±۰/۲۷^{Ba}
پولولان+ عصاره ppm ۱۰۰۰	۰/۹۳±۰/۰۳^{d}	۱/۳۸±۰/۰۳^{Cc}	۳/۰۳±۰/۰۸^{Cb}	۴/۳۲±۰/۰۳^{Ca}
پولولان+ نانو عصاره ppm ۱۰۰۰	۰/۹۴±۰/۰۲^{d}	۱/۳۲±۰/۰۳^{Cc}	۲/۰۴±۰/۰۸^{Db}	۳/۵۰±۰/۲۳^{Da}
پولولان+ TBHQ	۰/۹۲±۰/۰۲^{d}	۱/۱۹±۰/۰۷^{Dc}	۱/۹۲±۰/۰۲^{Db}	۳/۸۰±۰/۱۳^{Da}

۱) همه اعداد بر حسب میانگین ± انحراف از معیار بیان شده است

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(A, B)

۳) اعداد در یک ردیف با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(a, b, c,..)

۳-۹-تغییرات مقادیر تیوباربیوتیک اسید طی مدت نگهداری

به منظور ارزیابی درجه اکسیداسیون چربی در مواد غذایی به طور وسیعی از شاخص TBA استفاده می‌شود که میزان محصولات ثانویه اکسیداسیون بویژه آلدهیدها و کتون‌ها را نشان می‌دهد. ترکیبات اکسیداسیون ثانویه موجب ایجاد بوهای ناخوشایند در فرآورده‌های گوشتی و دریایی می‌شوند. میزان TBA ممکن است میزان واقعی اکسیداسیون چربی را نشان ندهد، زیرا که مالون دی آلدهید می‌تواند با دیگر ترکیبات گوشت مانند آمین‌ها، نوکلئوزیدها و اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه فسفولیپیدها واکنش دهد (۳۰). نتایج مربوط به مقادیر تیوباربیوتیک اسید در ناگت ماهی در جدول ۳ ارائه شده است. با افزایش زمان میزان مقادیر تیوباربیوتیک اسید در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در طی دوره نگهداری افزودن نگهدارنده های طبیعی (عصاره علف چشمه) سبب کند شدن روند افزایشی عدد تیوباربیوتیک اسید شد ($P<۰/۰۵$)، چن[1] و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش نمودند، امکان استفاده مؤثر از گیاهان خشک و عصاره‌ی آنها به منظور کاهش اکسیداسیون چربی ها در فرآورده‌های گوشتی وجود دارد(۱۶). ترکیبات موجود در عصاره‌ها اهدا کننده‌ی مناسب الکترون و پروتون بوده و رادیکال‌های واسطه‌ی آنها به دلیل پدیده‌ی حرکت الکترون در حلقه بنزن و فقدان محل حساس به حمله ی اکسیژن، بسیار پایدار می‌باشد. ترکیبات موجود در عصاره علف چشمه دارای خاصیت خنثی سازی رادیکال‌های آزاد هستند و همچنین قادر به مهار کردن یون های فلزی مانند $Fe^{+۲}$ می‌باشند و به این ترتیب سرعت شکل گیری مولکول اکسیژن فعال کاهش می‌یابد (۱۳). همچنین نتایج در ارتباط با تیمارهای حاوی عصاره ریز پوشانی شده بهتر بود به طوری که در روز ۹ ام نگهداری کمترین مقادیر عدد تیوباربیوتیک اسید در تیمار عصاره نانوکپسوله با غلظت ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد($P<۰/۰۵$). در واقع می‌توان این گونه بیان نمود انکپسولاسیون عصاره علف چشمه سبب افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی آن و طولانی‌تر شدن اثر بخشی آن طی دوره نگهداری می‌شود. نتایج مطالعه حاضر با نتایج علیپور و همکاران (۲۰۱۶) در ارتباط با افزودن عصاره نانوکپسوله رازیانه بر فیله فیتوفاگ معمولی هم‌خوانی دارد(۹). آن ها نیز اعلام نمودند استفاده از عصاره نانو کپسوله سبب کند شدن تغییرات عدد تیوباربیوتیک اسید طی دوره نگهداری می شود. به طور کلی میزان TBA ۲ میلی گرم مالون دی آلدهید/گرم گوشت به عنوان محدودیت مصرف در نظر گرفته می شود و آن زمانی است که بوی فساد در گوشت قابل کشف خواهد بود (۵). در انتهای دوره نگهداری میزان TBA در تیمار شاهد و پولولان بیشتر از حد قابل قبول پیشنهادی بود و در مابقی تیمارها از محدوده مجازی برخوردار بود.

1-Chen

جدول ۳- مقادیر تیوباربیوتیک اسید در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری بر حسب میلی گرم مالون دی آلدئید/ کیلوگرم چربی

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	۰	۴	۸	۱۲
شاهد	۰/۸۱±۰/۰۳^{d}	۱/۴۵±۰/۰۸^{Ac}	۲/۰۹±۰/۰۷^{Ab}	۳/۶۰±۰/۰۸^{Aa}
پولولان	۰/۸۱±۰/۰۴^{d}	۱/۲۵±۰/۰۷^{Bc}	۱/۶۱±۰/۰۳^{Bb}	۲/۲۴±۰/۰۹^{Ba}
پولولان+ عصاره ppm ۱۰۰۰	۰/۸۱±۰/۰۴^{d}	۰/۹۸±۰/۰۳^{Cc}	۱/۳۱±۰/۰۹^{Cb}	۱/۹۲±۰/۰۲^{Ca}
پولولان+ نانو عصاره ppm ۱۰۰۰	۰/۸۰±۰/۰۵^{d}	۰/۹۵±۰/۰۲^{Cc}	۱/۰۸±۰/۰۵^{Db}	۱/۴۹±۰/۰۵^{Da}
پولولان+ TBHQ	۰/۸۱±۰/۰۴^{d}	۰/۹۶±۰/۰۱^{Cc}	۱/۱۳±۰/۰۴^{Db}	۱/۶۴±۰/۰۵^{Da}

۱) همه اعداد بر حسب میانگین ± انحراف از معیار بیان شده است

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(A, B)

۳) اعداد در یک ردیف با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(a, b, c,..)

۳-۱۰-تغییرات مقادیر بازهای نیتروژنی فرار طی مدت نگهداری

TVB-N عمدتا با تجزیه باکتریایی و آنزیمی پروتئین‌ها و ترکیبات نیتروژنی غیر پروتئینی گوشت تولید می‌شود. TVB-N یک اصطلاح کلی است که شامل اندازه‌گیری تری متیل آمین (ناشی از فساد باکتریایی)، دی متیل آمین (تولید شده به وسیله آنزیم های اتولیتیک طی نگهداری)، آمونیاک (ناشی از آمین‌زدایی آمینواسیدها و کاتابولیت‌های نوکلئوتیدی) و دیگر ترکیبات بازی فرار نیتروژنی مرتبط با فساد غذایی است (۲۱). نتایج مربوط به مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در ناگت ماهی در جدول ۴ ارائه شده است. با افزایش زمان میزان مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری افزایش یافت که این افزایش در تیمار شاهد بیشتر بود. افزایش مقادیر TVB-N در نمونه‌ها را می‌توان به فعالیت باکتری‌های مولد فساد نسبت داد که ترکیباتی همانند تری متیل آمین اکساید و پپتیدها و آمینواسیدها توسط فعالیت بالای آن ها به بازهای فرار شکسته می‌شوند (۲۸). از آن جا که حضور باکتری‌ها در گوشت منجر به اتولیز پروتئین‌ها و تجزیه آن ها، شکستن ترکیباتی از جمله تری متیل آمین اکسیدها، پپتیدها، آمینواسیدها و... می‌شود مقادیر بیشتر بار باکتریایی مشاهده شده در نمونه‌های شاهد می‌تواند توجیهی برای افزایش میزان بازهای نیتروژنی در آن ها باشد (۱۳). در طی دوره نگهداری افزودن آنتی‌اکسیدان سنتزی و طبیعی باعث کاهش بازهای نیتروژنی فرار شد. کمتر بودن میزان بازهای ازته فرار در این تیمار نسبت به بقیه تیمارها را می‌توان به دلیل کاهش جمعیت باکتری تیمارهای مذکور و یا کاهش توانایی اکسایشی باکتری‌ها در جداکردن آمین‌ها از ترکیبات نیتروژنی غیرفرار و یا هر دو عامل در نتیجه اثر عصاره علف چشمه بر باکتری‌های موجود در ناگت نسبت داد. همچنین عصاره به دلیل داشتن ترکیبات فنلی اثر ضد باکتریایی داشته و همچنین حضور یک لایه محافظ (پولولان) که همان روکش غذایی مانند سدی عمل کرده و نسبت به تیمار شاهد دیرتر دچار افت کیفیت پروتئینی می‌شود. زمانی که پوشش پولولان با نانو عصاره ترکیب می‌شود خواص مذکور تشدید می‌شود (۷). کمترین مقادیر بازهای ازته فرار در تیمار عصاره نانوکپسوله با غلظت ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد($P<۰/۰۵$). علت این امر افزایش خاصیت ضد باکتریایی پوشش‌ها پس از انکپسولاسیون و یا حفظ پایداری خواص ضد باکتریایی برای مدت طولانی‌تر پس از انکپسولاسیون می‌باشد (۲۴). حد مطلوب مجموع بازهای ازته فرار در گوشت و فرآورده های دریایی ۲۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم گزارش شده است (۱۱). در تیمار شاهد و پولولان بیشتر از حد قابل قبول

پیشنهادی بود و در مابقی تیمارها از محدوده مجازی برخوردار بود.

جدول۴- مقادیر بازهای نیتروژنی فرار در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری بر حسب میلی گرم/ صد گرم

تیمار	زمان نگهداری (روز)			
	۰	۴	۸	۱۲
شاهد	۱۰/۹۳±۰/۳۱^{d}	۱۶/۷۴±۰/۷۳^{Ac}	۲۶/۰۱±۰/۴۹^{Ab}	۳۸/۰۵±۱/۴۲^{Aa}
پولولان	۱۰/۹۰±۰/۳۷^{d}	۱۴/۴۷±۰/۵۵^{Bc}	۱۹/۴۲±۰/۶۱^{Bb}	۲۸/۸۶±۰/۹۶^{Ba}
پولولان+ عصاره ۱۰۰۰ ppm	۱۰/۹۲±۰/۱۲^{d}	۱۳/۰۵±۰/۱۳^{Cc}	۱۶/۳۱±۰/۲۹^{Cb}	۲۲/۷۳±۱/۴۱^{Ca}
پولولان+ نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm	۱۰/۷۶±۰/۴۳^{d}	۱۲/۵۹±۰/۱۷^{Cc}	۱۵/۳۶±۰/۱۶^{Db}	۱۹/۱۷±۰/۳۵^{Da}
پولولان+ TBHQ	۱۱/۰۲±۰/۱۶^{d}	۱۲/۸۵±۰/۲۲^{Cc}	۱۵/۱۲±۰/۱۳^{Db}	۱۹/۵۳±۰/۲۴^{Da}

۱) همه اعداد بر حسب میانگین ± انحراف از معیار بیان شده است

۲) اعداد در یک ستون با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(A, B)

۳) اعداد در یک ردیف با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند.(a, b, c,..)

۳-۱۱- ارزیابی حسی طی مدت نگهداری

بی شک ویژگی‌های حسی ناگت ماهی از مهم‌ترین فاکتورهای پذیرش از دیدگاه مصرف‌کننده می‌باشند. لذا بررسی ویژگی‌های حسی با توجه به بازار پسندی محصول تولیدی بسیار مهم می‌باشد و همچنین آنالیز حسی راهنمای نهایی پذیرش محصول توسط ارزیاب‌ها می‌باشد. لذا بررسی ویژگی‌های حسی امری مهم و ضروری می‌باشد. نتایج مربوط به آنالیز حسی تیمارهای مختلف ناگت ماهی شامل رنگ، بو و پذیرش کلی در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج با افزودن نگهدارنده‌ها تغییری بر بو و رنگ ناگت ایجاد نکرد. در ارتباط با پذیرش کلی با افزودن نگهدارنده‌ها امتیاز حسی به طور معنی‌داری کاهش یافت. اما تمامی تیمارها از امتیاز حسی مورد تایید ارزیاب‌ها برخوردار بودند.

جدول۵- ارزیابی حسی در تیمارهای مختلف در ابتدا و انتها نگهداری

	تیمار	۰	۱۲
رنگ	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۲/۱۰±۰/۷۳^{c}
	کربوکسی متیل سلولز	۴/۹۰±۰/۳۱^{ab}	۳/۱۰±۰/۷۳^{b}
	کربوکسی متیل سلولز + عصاره ۱۰۰۰ ppm	۴/۷۰±۰/۴۸^{ab}	۴/۰۰±۰/۴۷^{a}
	کربوکسی متیل سلولز + نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm	۴/۸۰±۰/۴۲^{ab}	۴/۲۰±۰/۴۲^{a}
	کربوکسی متیل سلولز + TBHQ	۴/۶۰±۰/۵۱^{b}	۴/۳۰±۰/۴۳^{a}
بو	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۲/۱۰±۰/۷۳^{c}
	کربوکسی متیل سلولز	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۳/۳۰±۰/۷۳^{b}
	کربوکسی متیل سلولز + عصاره ۱۰۰۰ ppm	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۱۰±۰/۴۷^{a}
	کربوکسی متیل سلولز + نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۰۰±۰/۴۲^{ab}
	کربوکسی متیل سلولز + TBHQ	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۳۰±۰/۴۳^{a}
پذیرش کلی	شاهد	۵/۰۰±۰/۰۰^{a}	۱/۹۰±۰/۸۷^{c}
	کربوکسی متیل سلولز	۴/۸۰±۰/۴۲^{a}	۳/۴۰±۰/۶۹^{b}
	کربوکسی متیل سلولز + عصاره ۱۰۰۰ ppm	۴/۷۰±۰/۴۸^{b}	۳/۹۰±۰/۵۶^{ab}
	کربوکسی متیل سلولز + نانو عصاره ۱۰۰۰ ppm	۴/۸۰±۰/۴۲^{b}	۴/۴۰±۰/۶۹^{a}
	کربوکسی متیل سلولز + TBHQ	۴/۸۰±۰/۴۲^{a}	۴/۴۰±۰/۸۴^{a}

با توجه به گذشت زمان شدت تغییر بو و همچنین پذیرش کلی در کلیه تیمارها مشاهده شد اما در انتهای دوره تیمارهای پولولان + عصاره و نانو عصاره، تیمار پولولان +TBHQ که تا پایان دوره نگهداری دارای کیفیت خوب برای مصرف کننده برخوردار بود. اجاق و همکاران (۲۰۱۰) نیز اعلام نمودند با افزودن روکش کیتوزان و اسانس دارچین آنالیز حسی فیله قزل‌آلای نگهداری شده نسبت به تیمار شاهد کاهش می یابد. اما در مجموع تمامی تیمارها از امتیاز حسی مورد تایید ارزیاب‌ها برخوردار بودند (۱).

۴-نتیجه گیری

مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پوشش پولولان و عصاره علف چشمه دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و نانوکپسوله سبب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی آن شده است به طوریکه پوشش پولولان و نانو عصاره علف چشمه روند فساد اکسیداسیونی در ناگت ماهی را به طور معنی‌داری به تعویق انداخت و عمر ماندگاری ناگت را افزایش داد و در تمامی آزمون‌ها دارای اثری مشابه با نگهدارنده سنتزی TBHQ و حتی در برخی موارد موثرتر واقع شد. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر تکنولوژی استفاده از پولولان و نانو عصاره علف چشمه در غلظت PPM ۱۰۰۰ سبب افزایش کیفیت و ماندگاری ناگت ماهی مورد تایید قرار می‌دهد. لذا ترکیب

پولولان و نانو عصاره علف چشمه می‌تواند تقاضای مصرف‌کنندگان به فرآورده‌های دریایی عاری از مواد شیمیایی را تامین نموده و نیاز آن ها به مواد غذایی با کیفیت بهتر و ایمن تر را تامین نماید.

۵-منابع

۱. اجاق س. م، رحمانی فرح ک، ایزدی س، شعبانپور ب. تأثیر پوشش های هیدروکلوئیدی بر میزان کاهش جذب روغن و خواص کیفی میگوی سرخ شده. *مجله علوم و صنایع غذایی*. ۱۳۹۵؛ ۶۱ (۱۳).

۲. ایزدی س، شعبانپور ب، اجاق س. م، پوریا م. تاثیر افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در مراحل مختلف تولید بر کاهش جذب روغن و کیفیت ناگت ماهی. *مجله علوم و صنایع غذایی*. ۱۳۹۶؛ ۶۲(۱۴).

۳. حق شناس م، حسینی ه، نایب زاده ک، راشدی ح، رحمت زاده ب. تأثیر افزودن بتاگلوکان و کربوکسی متیل سلولز بر ویژگی های حسی و فیزیکی ناگت میگوی فراسودمند. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*. ۱۳۹۲؛ ۸ (۱۵): ۸۵-۷۲.

۴. ذوالفقاری ب، یکدانه ا. پیشرفت‌های اخیر در زمینه روش‌های استخراج ترکیب‌های گیاهی. *فصل نامه داروهای گیاهی*. ۱۳۸۹؛ ۱: ۵۵-۵۱.

۵. شاه حسینی س. ر، صفری ر، جوادیان س. ر. بررسی اثر آنتی‌اکسیدانی پوشش خوراکی پولولان حاوی عصاره علف چشمه (*Nasturtiumn officinale*) بر فساد شیمیایی فیله فیل ماهی(*Huso huso*) طی دوره نگهداری در یخچال. *مجله علمی شیلات ایران*. ۱۴۰۰؛ ۲(۳۰): ۱۴۶-۱۳۳.

۶. صفرپور م، یوسفی نژاد م، اوحدی فر م، بخردیان، ع. ۱۳۹۴. بررسی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی آویشن دنایی، خارمریم و علف چشمه. *سومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار*. همدان.https://civilica.com/doc/416329

۷. عالیشاهی ع، اجاق س. م، شعبانپور ب، ایزدی س. استفاده از کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز جهت افزایش تردی روکش ناگت ماهی پس از فرآیند پخت با مایکروویو. *مجله علوم و صنایع غذایی*. ۱۳۹۶؛ ۶۵(۱۴).

8. Adedeji A, Ngadi M. O, Raghavan G.S.V. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*. 2009; 91:146–153.
9. AlipourMazandrani H, Javadian S. Y, Bahram S. The effect of encapsulated fennel extracts on the quality of silver carp fillets during refrigerated storage. *Food science and nutrition*. 2016; 4(2): 298–304.
10. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official methods of analysis, Arlington, Virginia, USA.
11. Asadi Farsani O, Kordjazi M, Shabanpour B, Ojagh S. M, Jamshidi A. The Effect of Antioxidant Properties of Brown Algae (*Iyengaria Stellata)* Extract on the Shelf-life and Sensory Properties of Rainbow Trout *(Oncorhynchus Mykiss)*Fillet Nugget during Frozen Storage (-18 °C). *Journal rifst*. 2018; 7(17):149-163.
12. Bagheri R, Izadi Amoli R, Tabari Shahndash N, Shahosseini S. R. Comparing the effect of encapsulated and unencapsulated fennel extracts on the shelf life of minced common kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) and *Pseudomonas aeruginosa* inoculated in

21. Gill C, Haldar S, Boyd L. A, Bennett R, Whiteford J, Butler M, Pearson J. R, Bradbory I, Rowland A. Watercress supplementation in diet reduces lymphocyte DNA damage and alters blood antioxidant status in healthy adults. *The American Journal of Cilinical Nutrition*. 2007; 85: 504-510.
22. Haji mahmmodi M, aliabadpoor M, Moghaddam M, Sadegi N, oveisi M, Jannat B. Evaluation of in vitro antioxidant activity of lemon juice for safety assement. American journal of food technology. 2012; 7 (11):708-714.
23. Hatamnia A. A, Abbaspour N, Darvishzadeh R. Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica subsp. kurdica*) fruits. *Food Chemistery. 2014;*145: 306–311.
24. Javadian S. R, Shahoseini S. R, Ariaii P. The effects of liposomal encapsulated thyme extract on the quality of fish mince and *Escherichia coli* O157: H7 inhibition during refrigerated storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2017; 15:96-110.
25. Joye I. J, Davidov-Pardo G, McClements D. J. Encapsulation of resveratrol in biopolymer particles produced using liquid antisolvent precipitation. Part 2: Stability and functionality. *Food Hydrocolloids*. 2015; 49:127-134.
26. Kadam S. U, Tiwari B. K, Smyth T. J, Donnell C. P. O. Optimization of ultrasound assisted extraction of bioactive components from brown seaweed *Ascophyllum nodosum* using response surface methodology. *Ultrason Sonochem*. 2015; 23: 308-316.
27. Ketnawa S, Liceaga A. M. Effect of microwave treatments on antioxidant activity and antigenicity of fish frame protein hydrolysates. *Food Bioprocess Technol.* 2017*;* 10(3):582–591.
28. Leathers T. Biotechnological production and applications of pullulan. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2003; 62(5):468-73

the mince. *Food science and nutrition*. 2016; 4(2): 216–222.
13. Bahrami S, Khademi D. Effect of the nanoencapsulated sour tea (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract with carboxymethylcellulose on quality and shelf life of chicken nugget. *Food Science & Nutrition*. 2020; 14:1–12.
14. Bahramikia S, Yazdanparast R. Antioxidant efficacy of *Nasturtum officinale* extracts using various in vitro assay systems. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*. 2010; 3(4): 283-290.
15. Chen H. H, Kang H. Y, Chen S. D. the effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods. *Journal of Food Engineering*. 2008; 88: 45–54.
16. Chen S. D, Chen H. H, Chao Y.C, Lin R. S. Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering*. 2009; 95:359–364.
17. Daraei Garmehkhani A, Mirzaei H. A, Maghsoudlou Y, Kashaninezhad M. Effect of hydrocolloids on amount of oil uptake and quality attribute of potato French fries. *J Agric Sci Natur Resour.* 2009; 16(3): 123-135.
18. Dehghan Nasiri M, Mohebbi M, Yazdi F. T, Khodaparast M. H. Effects of Soy and Corn FlourAddition on Batter Rheology and Quality of Deep Fat-Fried Shrimp Nuggets. *Food and Bioprocess Technology*. 2012; 5:1238–1245.
19. Elangovan A.V, Verma S.V. S, Sastry V. R. B, Singh S. Effect of feeding neem (*Azadirachta indica*) kernel meal on growth, nutrient utilization and physiology of Japanese quails (*Coturnix cotrnix japonica*). *Asian- Australian Journal of Animal Science*. 2000; 13: 125-128.
20. Fathi M, Mozafari M. R, Mohebbi M. Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems. *Trends in food science & technology*. 2012; 23(8): 13-27.

29. Maleki M, Ariaii P, Fallah H. Effects of Celery Extracts on the Oxidative Stability of Canola Oil Under Thermal Condition: Antioxidant Effect of Celery Extract on Canola Oil. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015;3(40):531-540.
30. Nair M, Kandaswami C, Mahjan S, Chadha K. C, Chawda R, Nair H, Kumar N, Nair R. E, Schwartz S. A. The flavonoid, quercetin, differentially regulates Th-1 (IFNγ) and Th-2 (IL4) cytokine gene expression by normal peripheral blood mononuclear cells. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2002; 1593: 29- 36.
31. Noshad M, Mohebbi M, Koocheki A, Shahidi F. Microencapsulation of vanillin by spray drying using soy protein isolate–maltodextrin as wall material. *Flavour and Fragrance journal*. 2015; 30:387-391.
32. Polizer M, Yana O. P, Jorge A. Development and evaluation of chicken nuggets with partial replacement of meat and fat by pea fibre. *Braz J Food Technol*. 2015;18 (1): 62-69.
33. Robert P, Gorena T, Romero N, Sepulveda E, Chavez J, Saenz C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. *International journal of food science and technology*. 2010; 45:1386-1394.
34. Sakhale B. K, Badgujar J. B, Pawar V. D, Sananse S. L. Effect of hydrocolloids incorporation in casing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Science and Technology*. 2011; 48: 769–772.
35. Sanz T, Salvador A, Fiszman S. M. Innovative method for preparing a frozen battered food without a prefrying step. *Journal of Food Hydrocolloids*. 2008; 18: 227-231.
36. Sharifi A, Niakousari M, Maskooki A, Mortazavi S. A. Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of barberry (*berberis vulgaris*) extract powder. *International Food Research Journal*. 2015; 22(9):2364-2370.
37. Song Y, Liu L, Shen H, You J, Luo Y. Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*. 2011; 22(34):608-15.
38. Suarez B, Campanone L. A, Garcıa M. A, Zaritzky N. E. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *J Food Eng*, 2008; 84:383-393.
39. Vural H. Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages. *European Food Research and Technology*. 2003; 217(2):100-103.
40. Yanar Y. Quality Changes of Hot Smoked Catfish (*Clarias Gariepinus*) During Refrigerated storage. *Journal of Muscle Foods*. 2007; 18: 391-400.