University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 3, 2024, pages: 83-99
DOI: 10.22124/janb.2024.28522.1257

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of different levels of fucoidan in batter on the properties of Silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* fish nugget during the storage period at 4 °C

Sedigheh Babaei*, Nazanin Mohammadi, Melika Esnaashari, Mehrnaz Ghanbarzadeh
Department of Natural Resources and Environmental Engineering, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received 14 June 2024 Revised 12 September 2024 Accepted 14 September 2024

KEYWORDS
Antioxidant
Water holding capacity
Fucoidan
Functional food
Fish burger

Introduction: Nowadays, the consumption of ready-to-use products such as fish nuggets is increasing. Therefore, fish nuggets can be turned into functional food by creating a more favorable appearance and enhancing the shelf life using natural components. Along with their advantages, these products also have some disadvantages. They are susceptible to microbial and chemical spoilage due to their water activity, neutral pH, relatively high levels of free amino acids, unsaturated fatty acids, and autolytic enzymes. These undesirable factors lead to changes in color, flavor, taste, reduced shelf life, and, ultimately, a decline in the quality of the final product. One of the safe and natural methods for preserving and maintaining the quality of processed aquatic products is to achieve optimal formulation for producing bioactive coating and using edible active packaging. Also, research showed that the quality of nuggets mainly depends on the formulation of their batter ingredients. Fucoidan is a polysaccharide extracted from sargassum brown macroalgae, which has unique properties such as film formation, gel production, and emulsion stabilization and, therefore, has the potential to be used in the formulation of functional foods and food/pharmaceutical supplements. Thus, in this study, fish nuggets were prepared using silver carp minced and Siberian sturgeon isolated protein, then three levels of 1%, 2%, and 3% of fucoidan extracted from sargassum were used in the batter of the nuggets. The physical changes of the nuggets were investigated during the 18-day storage period in the refrigerator.
Materials and Methods: To prepare fish nuggets, boneless silver carp fillets (43%), Siberian sturgeon protein isolate (25%), and boiled potatoes (19.3%) were completely ground using a meat grinder, and other spices were added. After preparing the fish nuggets, they were molded. Then, the nuggets were taken out of the freezer and immersed in a fucoidan-treated batter. The batter was prepared

from wheat flour (66%), rice flour (15%), starch (17%), and salt (2%) and dissolved in water (ratio of 1:1.5). The treatments in this study were included:
- Control: Fish nuggets without fucoidan;
- F_1: Fish nuggets prepared with batter containing 1% (w/w) fucoidan;
- F_2: Fish nuggets prepared with batter containing 2% (w/w) fucoidan;
- F_3: Fish nuggets prepared with batter containing 3% (w/w) fucoidan.
After that, the surface of the nuggets was coated with fine breadcrumbs and stored again at -18°C for 30 minutes. The preliminary cooking step was performed at 180 °C for 120-180 seconds, and then the nuggets were placed in a labeled package and stored in the refrigerator at 4°C. Sampling was performed on days 0, 4, 8, 12, and 18. On the sampling days, the nuggets were removed from the freezer, thawed at ambient temperature, and then deep-fried at 190 °C for 3 minutes. Physical tests were performed on the final fried nuggets, including product yield, cooking loss, water holding capacity, shrinkage, and weight gain due to coating.
Results and Discussion: The results showed that the product yield in the control (without fucoidan) decreased during storage, which may be due to changes in water holding capacity. Although the control treatment showed the lowest cooking loss and shrinking level on day 0, they increased during storage. The results did not show a significant difference in the pick-up between treatments ($P>0.05$). This study showed that polysaccharide chains may form an important network in water holding capacity. Therefore, meat products with seaweed or its extract can improve water-fat binding properties, making them ideal for pharmaceutical and food industries.
Conclusion: Considering the lack of significant changes in the physical properties of the nuggets, such as water holding capacity, yield loss, shrinking, etc., it can be hoped that adding fucoidan to the batter of fish nuggets increases their functional properties with no adverse effects on their physical characteristics.
Conflicts of interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.
Acknowledgments: We would like to express our gratitude for the financial support of Iran's National Elites Foundation (Project No. 771002) and the Fars's Elite Foundation.

*Corresponding author: Babaei.Sedigheh@gmail.com, s-babaei@shirazu.ac.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال دهم، شماره سوم، مهر ۱۴۰۳، صفحات ۹۹-۸۳

DOI: 10.22124/janb.2024.28522.1257

"مقاله پژوهشی"

تأثیر سطوح مختلف فوکوئیدان در لعاب، بر ویژگی‌های فیزیکی ناگت ماهی فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) طی دوره نگهداری در دمای ۴ °C

صدیقه بابایی*، نازنین محمدی، ملیکا اثنی عشری، مهرناز قنبرزاده

گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، فارس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴

چکیده

امروزه مصرف محصولات سوخاری مانند ناگت ماهی رو به افزایش است. لذا با ایجاد ظاهر مطلوب‌تر و افزایش طی دوره ماندگاری با بهره‌گیری از ترکیبات طبیعی، می‌توان ناگت ماهی را تبدیل به یک محصول فراسودمند کرد. بر این اساس، در این تحقیق ناگت ماهی با استفاده از ماهی کپور نقره‌ای و پروتئین ایزوله تاسماهی سیبری تهیه، و از سه سطح ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان استخراج شده از ماکروجلبک سارگاسوم در لعاب ناگت‌ها استفاده شد. تغییرات فیزیکی ناگت‌ها در حین سرخ کردن طی دوره ۱۸ روزه نگهداری در یخچال بررسی شد. بر اساس نتایج، بازده محصول در تیمار شاهد بدون فوکوئیدان در طی نگهداری کاهش یافت که ممکن است ناشی از تغییرات ظرفیت نگهداری آب باشد. همچنین، اگرچه افت وزن در اثر سرخ کردن و چروکیدگی ناگت‌ها در روز صفر در تیمار شاهد کمتر بود، اما در طی دوره نگهداری افزایش یافت. نتایج اختلاف معنی‌داری در وزن‌گیری تیمارها در اثر پوشش‌دهی نشان ندادند. با توجه به عدم وجود تغییرات معنادار در خصوصیات فیزیکی مانند ظرفیت نگهداری آب، افت بازده، چروکیدگی و غیره ناگت‌ها، می‌توان امیدوار بود با افزودن فوکوئیدان حاصل از جلبک به لعاب ناگت ماهی در عین بهره‌مند شدن از خواص ضداکسایشی و عملکردی آن و تولید یک ناگت فراسودمند، هیچ اثر منفی در ظاهر و ویژگی فیزیکی ناگت ماهی القا نشود.

کلمات کلیدی

آنتی‌اکسیدان

ظرفیت نگهداری آب

فوکوئیدان

غذای فراسودمند

ناگت ماهی

نویسنده مسئول: Babaei.Sedigheh@gmail.com, s-babaei@shirazu.ac.ir

مقدمه

امروزه با ازدیاد رستوران‌ها، سلف سرویس‌ها و کاهش طبخ غذا در خانه، اقبال به مصرف غذاهای آماده و نیمه‌آماده بیش‌تر شده است. همچنین، مصرف محصولات سوخاری به‌خصوص ناگت یا برگر ماهی به دلیل برخورداری از روکش ترد و طعم جذاب به‌خصوص در گروه سنی کودکان و نوجوانان، افزایش چشم‌گیری داشته است. برگر و ناگت از مخلوطی شامل ۷۰٪ قطعات گوشتی یا گوشت چرخ کرده تازه یا منجمد همراه با مواد پرکننده شامل آرد سوخاری، مواد اتصال‌دهنده مانند پودر تخم‌مرغ، ایزوله پروتئین و مواد طعم‌دهنده و ادویه) توسط دستگاه مکانیکی با اشکال مختلف تولید می‌شود. در انتها ایجاد یک لایه ترد در اطراف محصول به منظور افزایش مزه، ایجاد ظاهر مطلوب‌تر و افزایش طی دوره ماندگاری مد نظر قرار خواهد گرفت (Albert et al. 2009). محصول منجمد، بسته‌بندی، و نهایتاً در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شود (Albert et al. 2009).

در این بین کیفیت و ایمنی از جمله مسائل مهم محصولات عمل‌آوری شده از ماهی است. این محصولات در کنار مزایای منحصر به فرد، نقطه ضعف‌هایی نیز دارند و به دلیل فعالیت آبی بالا، pH خنثی، وجود مقادیر نسبتاً بالای اسیدهای آمینه آزاد، اسیدهای چرب غیر اشباع و آنزیم‌های اتولیتیک، مستعد فساد میکروبی و شیمیایی هستند. عوامل نامطلوب یاد شده منجر به تغییر رنگ، طعم، مزه، کاهش دوره ماندگاری و نهایتاً افت کیفیت در محصول نهایی می‌شود. تاکنون روش‌های متعددی برای حفظ ویژگی‌های حسی، کیفی و افزایش مدت ماندگاری محصولات تولیدی از آبزیان (برگر، کوفته و ناگت) انجام شده است. حرارت‌دهی، خشک کردن (Milkova-Tomova et al. 2015)، دود دادن (Javadi et al. 2007)، فشار هیدرواستاتیک بالا، اسیدی کردن، استفاده از سرما و انجماد (Leistner, 1992)، پرتودهی و استفاده از ماکروویو (Hasanzadeh et al. 2011) پس از اتمام فرآیند سرخ کردن و سرخ کردن تحت خلأ از جمله این روش‌هاست. همچنین، افزودن پاداکسنده‌ها و ترکیبات ضدمیکروبی می‌تواند تأثیر مطلوبی در کاهش فساد این محصولات داشته باشد. اگرچه پاداکسنده‌های صنعتی مانند TBHQ، BHA، BHT و PG به این منظور وجود دارند، اما استفاده از آن‌ها در برخی کشورها به علت اثرات جانبی بر سلامت انسان، محدود شده است (Yarnpakdee et al. 2018). لذا یکی از روش‌های ایمن و طبیعی نگهداری و حفظ کیفیت محصولات فرآوری شده آبزیان، دست‌یابی به فرمول بهینه برای تولید پوشش زیست‌فعال و استفاده از بسته‌بندی‌های فعال خوراکی از روش‌های پیشرو برای حفظ کیفیت ناگت است. همچنین، تحقیقات نشان داده است که کیفیت غذاهای سرخ شده و پوشش داده شده به طور عمده بستگی به فرمول مواد تشکیل‌دهنده لعاب آن دارد (Cagdas and Kumcuoglu, 2015).

منابع پاداکسنده طبیعی مانند استفاده از ترکیبات زیست‌فعال حاصل از ماکروجلبک‌های دریایی ممکن است جایگزین مناسبی باشند. مطالعات نشان داده است که مدت زمان نگهداری و به طورکلی کیفیت غذا را می‌توان از طریق اضافه کردن جلبک دریایی و یا عصاره‌ی جلبک‌های دریایی بهبود بخشید (Roohinejad et al. 2017). درشت‌جلبک‌ها منبع غنی از متابولیت‌های عملکردی مثل پلی‌ساکاریدها، پپتیدها، چربی‌ها، اسیدهای امینه، پلی‌فنول‌ها و نمک‌های معدنی هستند. بنابراین، قابلیت استفاده در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی، افزودنی‌های خوراک دام و تهیه کود را دارند (McHugh, 2003). پلی‌ساکاریدها یک نوع درشت-مولکول زیستی هستند که به عنوان اجزای سازنده دیواره یاخته‌ای جلبک به حساب می‌آیند و به طور کلی با آب گرم و انواع الکل‌ها استخراج می‌شوند (Zhang et al. 2010). امروزه یکی از مهم‌ترین کاربردهای ترکیبات استخراج شده از جلبک‌ها، استفاده از آن‌ها در فرآیند نگهداری مواد غذایی و جلوگیری از فساد اکسایشی چربی‌ها به‌خصوص روغن ماهی است (Mousavipour et al. 2021; Vardizadeh et al. 2021).

جلبک‌های جنس سارگاسوم رایج‌ترین جنس جلبک‌های قهوه‌ای در خلیج فارس و دریای عمان هستند (Guiry and Guiry, 2016). گونه‌های متفاوت این جنس حاوی پلی‌ساکاریدهایی با خواص زیستی متنوع هستند که از جمله این خواص می‌توان به خاصیت پاداکسندگی، ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضد حساسیت و التهاب اشاره کرد (Dashtiannasab et al. 2014). فوکوئیدان یکی از

پلی‌ساکاریدهای استخراجی از جلبک قهوه‌ای جنس سارگاسوم است که از خواص منحصر به‌فردی مانند قوام‌دهندگی، تثبیت، تعلیق، تشکیل فیلم، تولید ژل و پایدارسازی امولسیون برخوردار است و به همین دلیل توان کاربرد در فرمول غذاهای فراسودمند و مکمل‌های غذایی/دارویی را داراست (Alboofetileh et al. 2019; Lu et al. 2021). لذا در این تحقیق سعی شده است تا فوکوئیدان جلبک سارگاسوم به طور مستقیم در لعاب ناگت ماهی به کار گرفته و خصوصیات فیزیکی ناگت‌ها طی دوره نگهداری در یخچال مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی ناگت ماهی و تیمارها

ماهی فیتوفاگ تازه از مزرعه پرورش ماهیان گرمابی بذرافکن (شیراز، فارس) صید شده و پس از پوست‌کنی، استخوان‌گیری و فیله کردن، درون یونولیت به صورت یخ-پوشی به آزمایشگاه شیلات دانشگاه شیراز منتقل شد. ماهی‌ها بعد از شستشوی مجدد تا مرحله تهیه ناگت، به مدت ۲۴ ساعت درون زیپ‌کیپ در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد منجمد شدند. همچنین، در این مطالعه از فوکوئیدان استخراج شده از جلبک سارگاسوم طبق مطالعه پیشین (Vardizadeh et al. 2021) و پروتئین ایزوله استخراج شده از ضایعات تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) در مطالعه قبلی (Babaei et al. 2024) که مشخصات فیزیکوشیمیایی آن اثبات شده بود، استفاده شد.

برای تهیه ناگت ماهی ابتدا فیله ماهی کپور نقره‌ای بدون استخوان (۴۳٪)، پروتئین ایزوله تاسماهی سیبری (۲۵٪) (مجموع مینس ماهی و پروتئین ایزوله: ۶۸٪) و سیب‌زمینی آب‌پز شده (۱۹/۳٪) با دستگاه چرخ‌گوشت (MG-1400R، پارس‌خزر، ایران) به طور کامل چرخ شدند و دیگر ادویه‌ها شامل آرد گندم (۴٪)، پیاز رنده شده آبگیری شده (۳٪)، سیر رنده شده (۰/۵٪)، نمک (۱/۳٪)، فلفل سفید (۰/۵٪)، فلفل قرمز (۰/۴٪)، رزماری (۰/۴٪)، گشنیز (۰/۲٪)، زنجبیل (۰/۱٪)، خسرودار (۰/۳٪)، زردچوبه (۰/۱٪)، میخک (۰/۱٪) و بکینگ پودر (۲٪) به آن اضافه و به خوبی ورز داده شد. بعد از تهیه ناگت ماهی، قالب زنی انجام شد و ناگت‌های تهیه شده که دارای قطر ۵ سانتی‌متر و ارتفاع حدود ۱ سانتی‌متر بودند، برای مدت ۱ ساعت درون فریزر قرار داده شدند. سپس ناگت‌ها از فریزر خارج شده و درون لعاب تیماربندی شده با فوکوئیدان غوطه‌ور شدند. لعاب از آرد گندم (۶۶٪)، آرد برنج (۱۵٪)، نشاسته (۱۷٪) و نمک (۲٪) که به نسبت ۱ : ۱/۵ در آب حل شدند، تهیه شد. تیمارهای این تحقیق به شرح زیر بودند:

- Control: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب
- F_1: ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱٪ (وزنی/ وزنی) فوکوئیدان
- F_2: ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۲٪ (وزنی/ وزنی) فوکوئیدان
- F_3: ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۳٪ (وزنی/ وزنی) فوکوئیدان

پس از تیماربندی با لعاب، سطح ناگت‌ها با پودر سوخاری دانه‌ریز پوشانده، و مجدداً به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. مرحله پخت مقدماتی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸۰-۱۲۰ ثانیه انجام شد. سپس ناگت‌ها را درون ظروف درب‌دار برچسب گذاری شده قرار داده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگهداری شدند (شکل ۱). نمونه‌برداری در روزهای صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۸ انجام شد. در روزهای نمونه‌برداری، ناگت‌ها پس خروج از فریزر و انجمادزدایی در دمای محیط، به صورت عمیق در دمای ۱۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ دقیقه سرخ شدند و آزمایش‌های فیزیکی شامل بازده محصول، Cooking loss، ظرفیت نگهداری آب، چروکیدگی و وزن‌گیری در اثر پوشش-دهی روی ناگت‌های سرخ شده نهایی انجام شد.

شکل ۱ ناگت ماهی بعد از افزودن پودر سوخاری و پخت مقدماتی
Figure 1 Fish nuggets after adding breadcrumbs and preliminary cooking

بازده محصول

برای اندازه‌گیری بازده محصول، ابتدا وزن ناگت‌های سرخ شده مقدماتی اندازه‌گیری و سپس وزن همان ناگت‌ها پس از سرخ شدن نهایی اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از فرمول زیر بازده محصول به صورت درصد محاسبه شد (King et al. 2020):

بازده محصول (٪) = (وزن ناگت سرخ شده نهایی / وزن ناگت سرخ شده مقدماتی) × 100

ظرفیت نگهداری آب (WHC)

برای تعیین توانایی نگهداری آب در بافت‌های ناگت از آزمون ظرفیت نگهداری آب استفاده می‌شود. برای این منظور ۵ گرم از ناگت، درون کاغذ واتمن شماره ۱ درون یک فالکون ۵۰ میلی لیتری قرار داده شد. سپس فالکون‌ها درون سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه با دور ۱۵۰۰ rpm سانتریفیوژ شد تا آب اضافی از آن خارج شود. در نهایت، وزن نهایی ناگت باقی‌مانده مجدداً توزین، و ظرفیت نگهداری آب، طبق معادله زیر محاسبه شد (Ojagh et al. 2018):

$$\text{WHC (\%)} = \frac{(\text{وزن نهایی ناگت} - \text{وزن اولیه ناگت})}{\text{وزن اولیه ناگت}} \times 100$$

کاهش وزن در طی سرخ شدن (Cooking loss)

برای اندازه‌گیری میزان کاهش وزن در طی سرخ شدن، ابتدا وزن ناگت خام را اندازه‌گیری کرده و پس از سرخ شدن نیز آن را توزین کرده و به کمک فرمول زیر مقدار کاهش وزن در طی سرخ شدن اندازه‌گیری شد (Jayasinghe et al. 2013):

Cooking loss = (وزن اولیه ناگت - وزن ثانویه ناگت / وزن اولیه ناگت) ×۱۰۰

اندازه‌گیری چروکیدگی

قطر و ضخامت ناگت هر تیمار قبل و بعد از سرخ کردن نهایی اندازه‌گیری شد و به کمک رابطه زیر مقدار چروکیدگی ناگت‌ها محاسبه شد (Modi et al. 2007):

$$A(\%) = \frac{(M-m)+(N-n)}{(N+M)} \times 100$$

A: چروکیدگی، M: ضخامت ناگت سرخ شده مقدماتی m: ضخامت ناگت سرخ شده نهایی، N: قطر ناگت سرخ شده مقدماتی، n: ضخامت ناگت سرخ شده نهایی

وزن‌گیری در اثر پوشش دهی (Pick- up)

برای اندازه‌گیری میزان افزایش وزن ناگت در اثر پوشش دهی که مجموع وزن batter (لعاب: مایع خمیری که ناگت قبل از پوشش دهی با پودر سوخاری در آن قرار می‌گیرد) و وزن پودر سوخاری است، ابتدا وزن ناگت بدون پوشش را اندازه‌گیری شد. پس از پوشش دهی با لعاب و پودر سوخاری مجدداً توزین و سپس به کمک فرمول زیر میزان pick- up محاسبه شد (Altunakar et al. 2004):

Pick- up= (وزن ناگت با پوشش دهی - وزن ناگت بدون پوشش دهی / وزن ناگت با پوشش دهی) × ۱۰۰

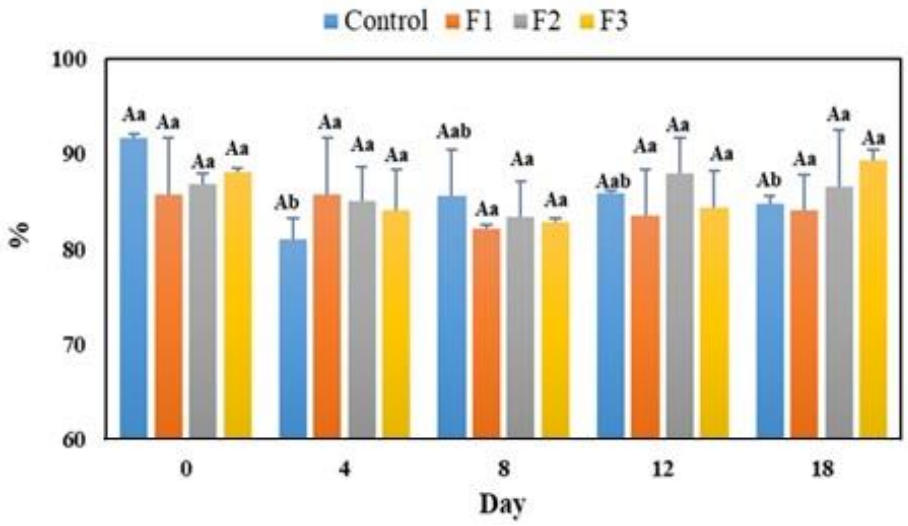
آزمون آماری داده‌ها

برای آزمون نتایج از نرم‌افزار SPSS 18 استفاده شد. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیروویلک، مقایسه میانگین‌ها در سطح ۵٪ با آزمون آماری One-Way ANOVA انجام شد. تمام آزمایش ها با سه تکرار انجام و برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

بازده محصول

نتایج مربوط به بازده محصول در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی بین هیچ کدام از تیمارها، در روزهای نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (P>۰/۰۵)، همچنین، طی دوره نگهداری نیز اثر معنی‌داری در میزان بازده محصول نداشت و تنها در تیمار شاهد در طی زمان کاهش یافت (P<۰/۰۵). در واقع، با افزایش دوره نگهداری، بازده تیمار فاقد فوکوئیدان اندکی کاهش یافت و در دیگر تیمارهای حاوی درصدهای مختلف فوکوئیدان، افت بازده مشاهده نشد.

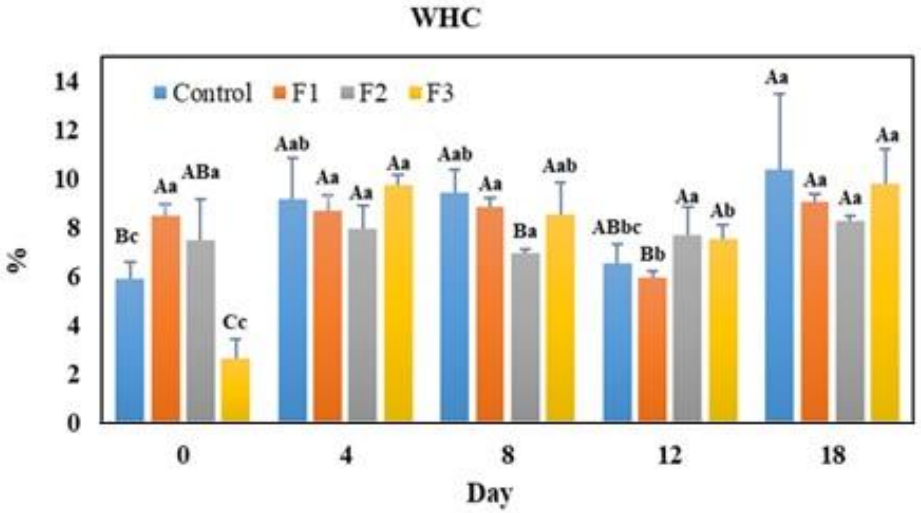


شکل ۲ بازده محصول تیمارهای مختلف: Control: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب، تیمارهای F1، F2 و F3 به ترتیب ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان. حروف بزرگ نشان‌دهنده معنی‌داری بین تیمارها و حروف کوچک نشان‌دهنده معنی‌داری در روزهای نمونه برداری است.

Figure 2 Yield of different treatments: Control: fish nuggets without fucoidan, F1, F2 and F3 are fish nuggets prepared with batter containing 1, 2 and 3% fucoidan, respectively. Capital letters indicate significance between treatments and lowercase letters indicate significance on sampling days.

ظرفیت نگهداری آب

توانایی نگهداری آب (WHC) در بافت‌های ناگت در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که طی دوره ۱۸ روزه نگهداری در یخچال، دو تیمار F_1 و F_2 دارای تغییرات کمتری نسبت به شاهد و F_3 بوده‌اند ($P<0/05$). همچنین غیر از روز صفر در دیگر روزهای نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. تیمار F_3 در روز صفر دوره نگهداری دارای کمترین WHC بود و کم کم طی روزهای بعد WHC این تیمار افزایش یافت و در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب را نشان داد ($P<0/05$). افزایش در مقدار WHC در تیمار شاهد در پایان دوره با نوساناتی در مدت نگهداری همراه بود (شکل ۳).



شکل ۳ ظرفیت نگهداری آب ناگت ها در تیمارهای مختلف: گروه شاهد: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب، تیمارهای F_1، F_2 و F_3 به ترتیب ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان. حروف بزرگ نشاندهنده معنی‌داری بین تیمارها و حروف کوچک نشاندهنده معنی‌داری در روزهای نمونه برداری است.

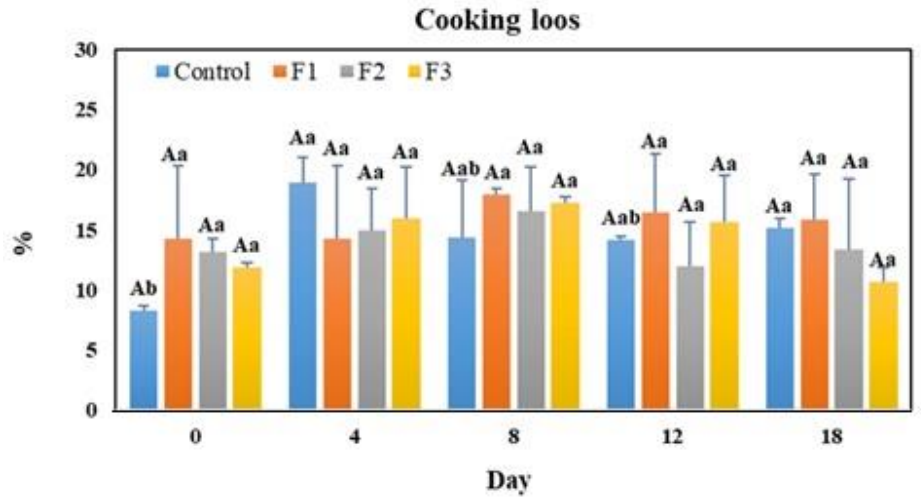
Figure 3 Water holding capacity of different treatments: Control: fish nuggets without fucoidan, F_1, F_2 and F_3 are fish nuggets prepared with batter containing 1, 2 and 3% fucoidan, respectively. Capital letters indicate significance between treatments and lowercase letters indicate significance on sampling days.

کاهش وزن در اثر پخت (Cooking loss)

نتایج مربوط به کاهش وزن ناگت‌ها در اثر پخت در شکل ۴ گزارش شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای F_1، F_2 و F_3 در روزهای نمونه‌برداری و در یک تیمار در طی دوره نگهداری مشاهده نشد ($P>0/05$). تنها در تیمار شاهد (لعاب بدون پلی‌ساکارید سولفاته) اندکی نوسان به چشم خورد، به طوری که در روز صفر افت وزن کمتری در اثر پخت داشت و با گذشت زمان و در پایان دوره آزمایش میزان آن به طور معنی‌دار افزایش یافت ($P<0/05$).

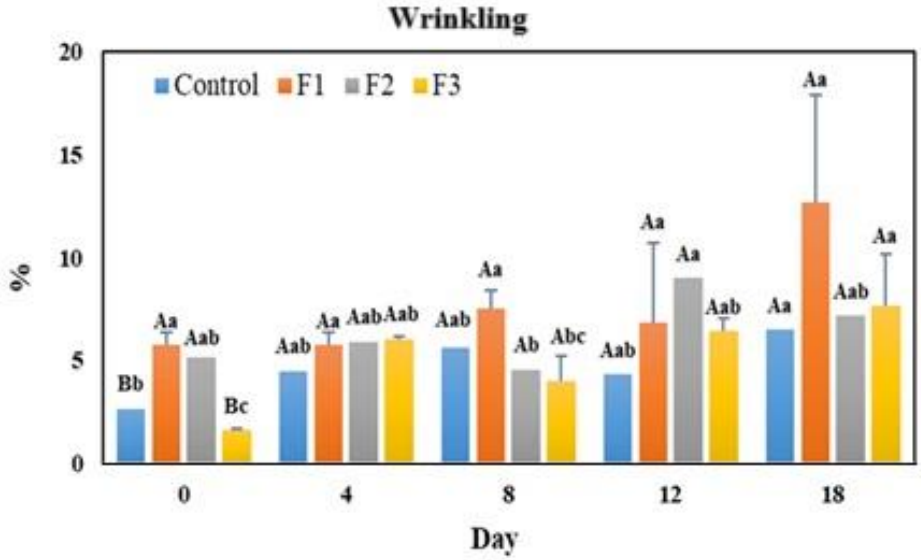
چروکیدگی

نتایج حاصل از چروکیدگی تیمارهای مختلف ناگت ماهی در طی ۱۸ روز نگهداری در یخچال در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج به وضوح نشان می‌دهد که زمان نگهداری، اثر معنی‌داری بر افزایش میزان چروکیدگی نمونه‌های مختلف ناگت ماهی داشته است ($P<0/05$)؛ اگرچه غیر از روز صفر، در دیگر روزهای نمونه برداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. در روز صفر نگهداری، تیمار ۳٪ فوکوئیدان کمترین میزان چروکیدگی را داشت ($P<0/05$). در روز ۱۸ نگهداری، کمترین میزان چروکیدگی در تیمار شاهد و پس از آن در تیمارهای F_2 و F_3 مشاهده شد که البته تفاوت بین تیمارها معنی‌داری نبوده است.



شکل ۴ افت پخت ناگت ها در تیمارهای مختلف: تیمار شاهد: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب؛ تیمارهای F_1، F_2 و F_3 به ترتیب ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان. حروف بزرگ نشاندهنده معنی‌داری بین تیمارها و حروف کوچک نشاندهنده معنی‌داری در روزهای نمونه برداری است.

Figure 4 Cooking loss of different treatments: Control: fish nuggets without fucoidan, F_1, F_2 and F_3 are fish nuggets prepared with batter containing 1, 2 and 3% fucoidan, respectively. Capital letters indicate significance between treatments and lowercase letters indicate significance on sampling days.

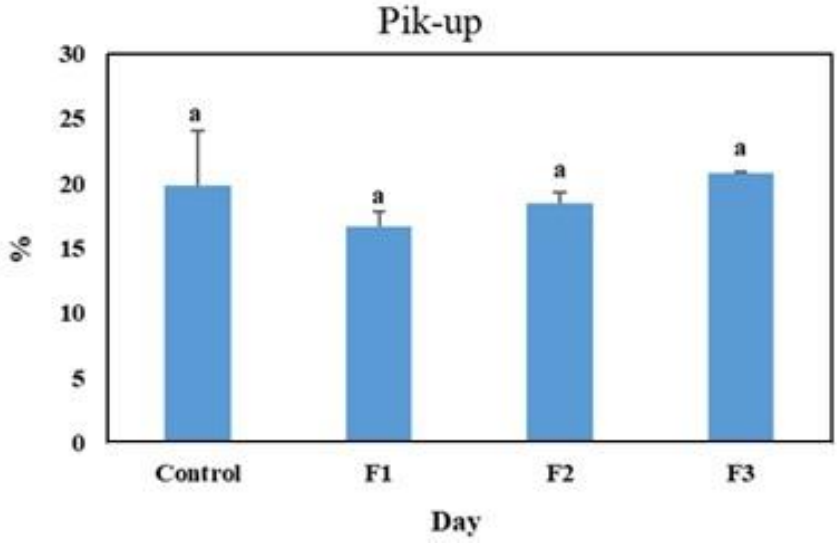


شکل ۵ چروکیدگی ناگت در تیمارهای مختلف: تیمار شاهد: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب، تیمارهای F1، F2 و F3 به ترتیب ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان. حروف بزرگ نشاندهنده معنی‌داری بین تیمارها و حروف کوچک نشان‌دهنده معنی‌داری در روزهای نمونه برداری است.

Figure 5 Wrinkling of different treatments: Control: fish nuggets without fucoidan, F_1, F_2 and F_3 are fish nuggets prepared with batter containing 1, 2 and 3% fucoidan, respectively. Capital letters indicate significance between treatments and lowercase letters indicate significance on sampling days.

وزن‌گیری بر اساس پوشش‌دهی (Pick- up)

نتایج مربوط به افزایش وزن ناگت بر اثر پوشش‌دهی در روز صفر در شکل ۶ گزارش شده است. همان‌طور که در قسمت مواد و روش ها اشاره شد، روش اندازه‌گیری pick-up به گونه‌ای است که در آن میزان افزایش وزن ناگت در اثر پوشش‌دهی با batter (لعاب) و پودر سوخاری محاسبه می‌شود. لذا با توجه به اینکه پوشش‌دهی کل ناگت‌ها در همان روز صفر انجام می‌شود، این شاخص در زمان نگهداری قابل محاسبه نخواهد بود. نتایج تفاوت معنی‌داری در فراسنجه افزایش وزن بر اساس پوشش دهی بین تیمارهای مختلف نشان نداد (P>۰/۰۵).



شکل ۶ وزن‌گیری بر اساس پوشش دهی ناگت ها در تیمارهای مختلف: تیمار شاهد: ناگت ماهی بدون فوکوئیدان در لعاب؛ تیمارهای F_1، F_2 و F_3 به ترتیب ناگت ماهی تهیه شده با لعاب حاوی ۱، ۲ و ۳٪ فوکوئیدان. حروف کوچک نشاندهنده معنی‌داری بین تیمارها است.

Figure 5 Pick- up of different treatments: Control: fish nuggets without fucoidan, F_1, F_2 and F_3 are fish nuggets prepared with batter containing 1, 2 and 3% fucoidan, respectively. Small letters indicate significance between treatments.

بحث

بازده محصول

بازده محصول یکی از شاخص‌های مهم محصولات لعاب‌دهی و سوخاری شده است که با مقدار وزن نهایی محصول ارتباط مستقیم دارد و از نظر اقتصادی یکی از موارد بسیار مهم برای مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان صنعت فرآوری مواد غذایی است (Das et al. 2008; Varela and Fiszman, 2011). با توجه به نتایج، بین هیچ کدام از تیمارها در روزهای نمونه‌برداری، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین مدت نگهداری نیز اثر معنی‌داری در میزان بازده محصول نداشت و تنها در تیمار شاهد در طی زمان کاهش یافت. Jannat-Alipour و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که استفاده از پودر جلبک سبز *Ulva intestinalis* (عمدتاً فیبر نامحلول) و پلی‌ساکارید سولفاته آن (فیبر محلول) در محصولات فرآوری شده سوریمی ماهی باعث افزایش بازده محصول نهایی طی دوره نگهداری ۶ ماهه در فریزر نسبت به تیمار شاهد شده است. Shabanpour و همکاران (۲۰۲۴) از کاراژینان، آلژینات و زانتان با درصدهای مختلف (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲٪) برای بهبود بافت ناگت میگوی تولیدی از سوریمی ماهی در ترکیب با مواد ذکر شده استفاده کردند و نشان دادند که استفاده از همه درصدهای زانتان، آلژینات ۰/۵ و ۱٪ و کاراژینان ۲٪ منجر به افزایش میزان بازده محصول شد؛

اگرچه در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف‌ها معنی‌داری نبود. همچنین، پوشش‌دهی ناگت ماهی با محلول‌های هیدروکلوئیدی (کیتوزان و کربوکسی متیل سلولز) نیز باعث افزایش معنی‌دار بازده محصول شد (Alishahi et al. 2017). این درحالی است که Asadi Farsani و همکاران (۲۰۱۸) دریافتند که بازده محصول در فیله ناگت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزایش غلظت عصاره جلبک قهوه‌ای *Iyengaria stellate* کاهش یافت.

بر اساس تحقیقات انجام شده، بازده محصول در محصولات گوشت چرخ شده در ترکیب با فیبر غذایی، بسته به خواص فیزیکوشیمیایی مواد افزودنی، شرایط فرآوری و سطح پروتئین محصول متفاوت است (Cofrades et al. 2008; Lopez-Lopez et al. 2010). همچنین، درصد هیدروکلوئید ترکیبات (Maskat et al. 2005)، مقدار رطوبت محصول و ظرفیت نگهداری آب (Das et al. 2008) بر میزان بازده محصول تأثیرگذار است، به طوری که بالا بودن ظرفیت نگهداری آب منجر به حفظ رطوبت محصول و مانع از بروز تغییرات معنی‌دار در بازده محصول می‌شود. بر اساس نتایج حاصل، افزایش جزیی در بازده محصول تیمار F_3، احتمالاً ممکن است با افزایش توانایی در ظرفیت نگهداری آب مرتبط باشد. افزایش ظرفیت نگهداری آب در طی فرآیند پخت و پز نیز تابعی از افزودن فیبر غذایی، ناشی از درگیری فیبرها در پیوند هیدروژنی با آب آزاد رها شده از دناتوره شدن پروتئین در اثر حرارت است (Ang, 1993). بنابراین، هرچه نسبت فیبر محلول بیشتر باشد، ظرفیت اتصال آب بیشتر خواهد بود (Sanchez-Alonso and Borderias, 2008). بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، افزایش جزیی در بازده محصول تیمار F_3، احتمالاً ممکن است با افزایش توانایی در ظرفیت نگهداری آب به علت وجود فوکوئیدان بیشتر در لعاب ناگت مرتبط باشد.

ظرفیت نگهداری آب

در صنعت فرآوری مواد غذایی، بر اهمیت بالا بودن ظرفیت نگهداری آب به علت همبستگی مثبت برای به کمینه رساندن کاهش وزن نهایی محصول تولیدی در طی فرآیند تولید و نگهداری تأکید می‌شود (Huda et al. 2013). بر اساس نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر طی دوره ۱۸ روزه نگهداری ناگت‌ها، تیمارهای F_1 و F_2 تغییرات کمتری نسبت به دو تیمار شاهد و F_3 نشان دادند. غیر از روز صفر، در دیگر روزهای نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. تیمار F_3 در روز صفر دارای کمترین WHC بود و کم کم طی روزهای بعد WHC این تیمار افزایش یافت و در پایان دوره نگهداری بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب را نشان داد. در مطالعه Sheikhiani و همکاران (۲۰۲۳)، افزایش درصد صمغ کربوکسی متیل سلولز در مرحله آردزنی منجر به افزایش میزان رطوبت و در نتیجه، ظرفیت نگهداری آب ناگت ماهی کپور سرگنده شد. Haghshenas و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که استفاده از کربوکسی متیل سلولز منجر به افزایش میزان رطوبت در ناگت‌های میگو می‌شود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Shabanpour و همکاران (۲۰۲۴) نیز تیمار ناگت میگوی حاوی ۲٪ آلژینات نسبت به دیگر ناگت‌های میگوی تولیدی از سوریمی ماهی حاوی درصدهای مختلف کاراژینان، آلژینات و زانتان، ظرفیت نگهداری آب بالاتری داشتند. Moroneyو همکاران (۲۰۱۳) از عصاره جلبک دریایی خشک شده حاوی لامینارین و فوکوئیدان (L/F) برای بررسی کیفیت و ماندگاری گوشت چرخ کرده خوک ذخیره شده در بسته‌های اصلاح شده اتمسفر استفاده کردند و نشان دادند که افزودن L/F تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها ندارد. آن‌ها دلیل عدم تأثیر معنی‌دار عصاره L/F بر ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها را با غلظت کم استفاده شده از این مواد مرتبط دانستند. با این وجود، Asadi Farsani و همکاران (۲۰۱۸) و Jannat- Alipour و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که افزایش درصد عصاره جلبک قهوه‌ای *Iyengaria stellate* و عصاره جلبک سبز *Ulva intestinalis* ممکن است سبب کاهش ظرفیت نگهداری آب شود که تا حدودی با نتایج روز صفر تحقیق حاضر هم‌سو است.

ظرفیت نگهداری آب در محصولات غذایی دریایی، هم از نظر تأثیر بر بازده محصول و هم ارتباط مستقیم با خواص عملکردی و حسی محصول از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای مثال، میزان رطوبت فرآورده‌های گوشتی لعاب‌دهی و سوخاری‌شده پس از سرخ کردن، متأثر از ظرفیت نگهداری

آب پروتئین و هم‌چنین تحت تأثیر نفوذپذیری لایه‌های پوشش در هنگام سرخ کردن است و با رطوبت تحت فشار خارج شده از فرآورده رابطه معکوس دارد (Dogan et al. 2005). همچنین، میزان رطوبت و چربی در ماهی و محصولات ماهی با یکدیگر نسبت معکوس دارند. در نتیجه، در صورت بالا بودن ظرفیت نگهداری آب در محصول، ماده غذایی طی سرخ شدن چربی کمتری جذب می‌کند (Stolarski et al. 2014). بنابراین، بالا بودن ظرفیت نگهداری آب در ناگت یک مزیت محسوب می‌شود. Fleury و Lahaye (۱۹۹۱) نشان دادند که خواص فیزیکوشیمیایی جلبک‌های دریایی تحت تأثیر ساختار شیمیایی پلی‌ساکاریدهای تشکیل‌دهنده موجود در آن‌ها تعیین می‌شود. مطالعات قبلی در مورد خواص فیزیکوشیمیایی جلبک‌های دریایی یک هم‌بستگی مثبت بین ظرفیت نگهداری آب و ظرفیت تورم را گزارش کرده و نشان داده‌اند که گروه‌های قطبی پلی‌ساکاریدهای سولفاته از جمله گروه‌های هیدروکسیل، کربوکسیل و سولفات می‌توانند با آب پیوند هیدروژنی ایجاد کنند تا رطوبت و به تبع آن ظرفیت نگهداری آب را حفظ کنند (Rupérez and Saura-Calixto, 2001). علاوه بر این، زنجیره‌های پلی‌ساکارید ممکن است شبکه‌ای ایجاد کنند که نقش مهمی در تضمین حفظ رطوبت دارد. بنابراین، در فرآورده‌های گوشتی با افزودن جلبک دریایی یا عصاره آن، می‌توان خواص اتصال آب و چربی را بهبود بخشید که این امر آنها را برای استفاده در صنایع دارویی و غذایی مطلوب می‌کند (Yaich et al. 2014).

کاهش وزن در اثر پخت (Cooking loss)

در محصولات سوخاری، میزان کاهش وزن یا افت پخت تابعی از خروج رطوبت، میزان ریزش آرد سوخاری و مقدار جذب روغن است (Saguy, 1995). نتایج به دست آمده اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای F_1، F_2 و F_3 در روزهای نمونه‌برداری و در یک تیمار در طی دوره نگهداری نشان نداد. تنها در تیمار کنترل نوسان کمی مشاهده می‌شود، به طوری که در روز صفر افت وزن کمتری در اثر پخت داشت و با گذشت زمان و در پایان دوره آزمایش میزان آن به طور معنی‌دار افزایش یافت. همسو با نتایج تحقیق حاضر، Moroney و همکاران (۲۰۱۳)، تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن در اثر پخت گوشت چرخ کرده خوک با افزودن عصاره جلبک دریایی خشک‌شده حاوی لامینارین و فوکوئیدان مشاهده نکردند، در حالی که Jannat-Alipour و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که استفاده از پلی‌ساکارید سولفاته جلبک سبز *Ulva intestinalis* در محصولات فرآوری شده سوریمی ماهی، کاهش وزن حین پخت و پز را به طور مشخصی کاهش می‌دهد. همچنین، نتایج مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۷) نیز مهار کاهش وزن گوشت ماهی طی فرآیند پخت و پز با افزودن ضداکسایش‌های فلوروتانین جلبک قهوه‌ای و اسید اسکوربیک را نشان داد.

به طور کلی، کاهش وزن بیشتر و از دست رفتن مواد محلول و مایع در گوشت ماهی حین پخت و پز و حرارت دادن، با دناتوره شدن پروتئین میوفیبریلار آن مرتبط است، زیرا این فرآیند باعث می‌شود که این پروتئین تشکیل شبکه‌هایی دهد که توانایی نگهداری آب را ندارند. برخی از پیوندهای هیدروژنی با دیگر گروه‌های پروتئین آبدوست نیز می‌توانند در اثر تغییرات ساختاری ناشی از اکسایش شکسته شوند. بنابراین، ضداکسایش‌ها با ظرفیت نگهداری و اتصال آب بالایی که دارند، می‌توانند کاهش وزن در طی فرایند پخت و پز گوشت ماهی را کاهش دهند (Choi et al. 2012). Maqsood و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعه خود، به اثر محافظتی ضداکسایش‌ها روی خواص ساختاری محصول نهایی از طریق حفظ یکپارچگی فیبرهای عضلانی و کاهش از دست دادن مواد محلول و مایع گوشت حین پخت و پز اشاره کرده‌اند.

چروکیدگی

چروکیدگی محصولات گوشتی را می‌توان با رطوبت، ظرفیت نگهداری آب و یا دناتوره شدن پروتئین‌های آن محصول گوشتی مرتبط دانست که در اثر از دست رفتن رطوبت و دناتوره شدن پروتئین در اثر حرارت ناشی از فرآیند پخت و پز اتفاق می‌افتد (Ramadhan et al. 2012). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زمان نگهداری، اثر معنی‌داری بر افزایش میزان چروکیدگی نمونه‌های مختلف ناگت ماهی داشته است. با توجه به نتایج، غیر از روز صفر، در دیگر روزهای نمونه

برداری اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در روز صفر نگهداری، ناگت ماهی حاوی ۳٪ فوکوئیدان کمترین میزان چروکیدگی را داشته است. با توجه به وجود رابطه مستقیم بین میزان چروکیدگی و مقدار افت رطوبت، میزان ظرفیت نگهداری آب ناگت‌ها در پایان دوره در تیمارهای F_3 و شاهد نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بوده است. پس این دو تیمار در طی دوره نگهداری چروکیدگی کمتری را نشان دادند؛ گرچه هیچ کدام از این اختلافات معنی‌دار نبودند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات Asadi Farsani و همکاران (۲۰۱۸) و Ojagh و همکاران (۲۰۱۳) همسو است. Jorge و همکاران (۲۰۲۴) نیز تأثیر پودر ماهی (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰) را در پوشش ناگت ماهی تیلاپیای نیل بررسی کردند و نشان دادند که افزایش درصد پودر ماهی در پوشش ناگت، منجر به کاهش خطی چروکیدگی در ناگت‌های پیش‌پخته شد، اما تأثیر معنی‌داری در ناگت‌هایی که پخت نهایی شدند، مشاهده نشد. Bras و Costa (۲۰۱۰) در مطالعه خود روی بررسی اثر نمک دریایی در فرآیند خشک کردن و شور کردن ماهی نشان دادند در صورتی که پروتئین دناتوره شود، ارتباط متقاطع بین پروتئین‌ها باعث کاهش مقدار رطوبت و ظرفیت نگهداری آب گوشت و متعاقب آن افزایش چروکیدگی می‌شود. همچنین، دما و حرارت بالای سرخ کردن از جمله عواملی است که منجر به ایجاد چروکیدگی بیشتر در محصول می‌شود (Ojagh et al. 2013). به طورکلی، در مراحل اولیه سرخ کردن، به دلیل کاهش رطوبت محصول، چروکیدگی به سرعت اتفاق می‌افتد و در نهایت، پس از شکل‌گیری پوسته محکمی که مانع هدر رفت و تبخیر بیشتر رطوبت می‌شود، چروکیدگی کاهش می‌یابد.

وزن‌گیری بر اساس پوشش‌دهی (Pick- up)

نتایج تفاوت معنی‌داری در شاخص افزایش وزن بر اساس پوشش‌دهی بین تیمارهای مختلف نشان نداد. مطالعات نشان می‌دهد که یک رابطه مثبت بین میزان pick-up و ویسکوزیته (چسبندگی) محصول وجود دارد، به طوری که با افزایش ویسکوزیته محصول، میزان pick-up نیز افزایش می‌یابد. از دیگر عوامل مؤثر بر pick-up می‌توان به دمای محصول و هم‌چنین، دما و درجه یخزدگی ناگت‌ها در مرحله پیش‌فریز کردن و اندازه گرانول‌های آرد سوخاری نیز اشاره کرد (Heydari et al. 2021). در مطالعه Sotoudeh و Soltanizadeh (۲۰۲۱)، افزودن ایزوله پروتئین سویا به خمیرآبه و افزایش اندازه ذرات آرد سوخاری، میزان pick-up را در ناگت مرغ نسبت به تیمارهای دیگر (بدون ایزوله پروتئین و دارای ذرات ریزتر آرد سوخاری) افزایش داد که به نظر می‌رسد این افزایش به دلیل افزایش ویسکوزیته و چسبندگی خمیرآبه و هم‌چنین کاهش نسبت سطح به حجم با افزایش اندازه ذرات آرد سوخاری باشد. Hsia و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که با افزایش ویسکوزیته و چسبندگی خمیرآبه، مقدار وزنی لایه سوخاری افزایش می‌یابد. در هر صورت، در مطالعه حاضر افزودن فوکوئیدان به لعاب ناگت تاثیر معنی‌داری در ویسکوزیته و چسبندگی خمیرآبه نشان نداده است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج این تحقیق، مشخص شد افزودن پلی‌ساکارید سولفاته فوکوئیدان حاصل از جلبگ سارگاسوم تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیکی ناگت ماهی در طی دوره نگهداری نداشته است. با توجه به اینکه خصوصیات فیزیکی مانند ظرفیت نگهداری آب، افت بازده، چروکیدگی و غیره از خصوصیات بسیار مهم در ظاهر و بافت و ویژگی‌های حسی ناگت هستند، می‌توان امیدوار بود که با افزودن فوکوئیدان حاصل از جلبک به لعاب ناگت ماهی در عین بهره‌مند شدن از خواص ضداکسایشی و عملکردی آن و تولید یک ناگت فراسودمند، هیچ اثر منفی در ظاهر و ویژگی فیزیکی ناگت ماهی القا نشود.

تقدیر و تشکر

به این وسیله از حمایت مالی بنیاد نخبگان (طرح شهید احمدی روشن به شماره طرح ۷۷۱۰۰۲) و بنیاد نخبگان فارس سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع

Albert, A., Pérez-Munuera, I., Quiles, A., Salvador, A., Fiszman, S. M., Hernando, I. 2009. Adhesion in fried battered nuggets: Performance of different hydrocolloids as products using three cooking procedures. Food Hydrocolloids 23: 1443-1448. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.11.015.

Alboofetileh, M., Rezaei, M., Tabarsa, M., Ritta, M., Donalisio, M., Mariatti, F., You, S., Lembo, D., Cravotto, G. 2019. Effect of different non-conventional extraction methods on the antibacterial and antiviral activity of fucoidans extracted from *Nizamuddinia zanardinii*. International Journal of Biological Macromolecules 124: 131-137. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.11.201.

Alishahi, A.R., Ojagh, S.M., Shabanpour, B., Izadi, S. 2017. The use of chitosan and carboxy methyl cellulose to crispness enhancement of microwave-reheated fish nugget. Iranian Journal of Food Science and Technology 14: 139-148.

Altunakar, B., Sahin, S., Sumnu, G. 2004. Functionality of batters containing different starch types for deep-fat frying of chicken nuggets. European Food Research and Technology 218: 318-322. DOI: 10.1007/s00217-003-0854-5.

Ang, J.F. 1993. Reduction of fat in fried batter coatings with powdered cellulose. Journal of the American Oil Chemists' Society 70: 619-622. DOI: 10.1007/BF02545330.

Asadi Farsani, O., Kordjazi, M., Shabanpour, B., Ojagh, S., Jamshidi, A. 2018. 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 of Research and Innovation in Food Science and Technology 7: 149-166.

Babaei, S., Roshanzamir, T., Esmaeili Kharyeki, M., Sadeghi Baladezaei, A. 2024. Evaluation of the physicochemical and functional properties of isolated proteins extracted from two species of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) and Iranian sturgeon (*Acipenser persicus*). Journal of Fisheries Science and Technology 12: 475-487.

Bras, A., Costa, R. 2010. Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species. Journal of Food Engineering 100: 490-495. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.04.036.

Cagdas, E. Kumcuoglu, S. 2015. Effect of grape seed powder on oxidative stability of precooked chicken nuggets during frozen storage. Journal of Food Science and Technology 52: 2918-2925. DOI: 10.1007/s13197-014-1333-7.

Choi, Y.S., Choi, J.H., Han, D.J., Kim, H.Y., Kim, H.W., Lee, M.A. 2012. Effects of Laminaria japonica on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties. Meat Science 91: 1-7. DOI: 10.1016/j.meatsci.2011.11.011.

Cofrades, S., Lopez-Lopez, I., Solas, M.T., Bravo, L., Jimenez-Colmenero, F. 2008. Influence of different types and proportions of add edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. Meat Science 79: 767-776. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.11.010.

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: 607-614. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.02.011.

Dashtiannasab, A., Mesbah, M., Peyghan, R., Kakoolaki, S. 2014. The effects of brown algae *Sargassum angustifolium* extract on

growth performance, survival and Vibriosis resistance in shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of Fisheries Science and Technology 23: 31-40.

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: 127-132. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.10.028.

Fleury, N., Lahaye, M. 1991. Chemical and physico-chemical characterization of fibres from Laminaria digitata (*kombu breton*): A physiological approach. Journal of the Science of Food and Agriculture 55: 389-400. DOI: 10.1002/jsfa.2740550307.

Haghshenas, M., Hosseini, H., Nayebzadeh, K., Mousavi Khaneghah, A., ShabkoohiKakesh, B., Fonood, R.K. 2014. Production of prebiotic functional shrimp nuggets using ß-glucan and reduction of oil absorption by carboxymethyl cellulose: impacts on sensory and physical properties. Journal of Aquaculture Research and Development 5: 1-5. DOI: 10.4172/2155-9546.1000245.

Hasanzadeh, P., Tajik, H., Razavi Rohani, S.M., Ehsani, A., Akbarloo, J.A., Moradi, M. 2011. Effects of gamma irradiation and chitosan edible coating on the bacterial, chemical and sensory properties of chicken meat. Food Research Journal 21: 355-369.

Heydari, F., Mohebbi, M., Varidi, M.J. Varidi, M., 2021. Development of low-fat chicken nuggets using fish protein concentrate in batter formulation. Iranian Food Science and Technology Research Journal 17: 25-37. DOI: 10.22067/ifstrj.v17i3.82606.

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: 16-18. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb05414.x.

Huda, N., Seow, E.K., Normawati, M.N., Nik Aisyah, N.M., Fazilah, A., Easa, A. M. 2013. Effect of duck feet collagen addition on physicochemical properties of surimi. International Food Research Journal 20: 537-544.

Jannat-Alipour, H., Rezaei, M., Shabanpour, B. Tabarsa, M. 2018. Effects of sulfated polysaccharides from green alga Ulva intestinalis on physicochemical properties and microstructure of silver carp surimi. Food Hydrocolloids 74: 87-96. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.038.

Jannat-Alipour, H., Rezaei, M., Shabanpour, B., Tabarsa, M. Rafipour, F. 2019. Addition of seaweed powder and sulphated polysaccharide on shelf-life extension of functional fish surimi restructured product. Journal of Food Science and Technology 56: 3777-3789. DOI: 10.1007/s13197-019-03846-y.

Javadi, A., Mirzaei, H., Pashak, P. 2007. Studying the effect of traditional hot smoking on the microbial load of meat products. Journal of Veterinary Clinical Pathology 1: 171-176.

Jayasinghe, C.V.L., Silva, S.S.G., Jayasinghe, J.M.J.K. 2013. Quality improvement of tilapia fish nuggets by addition of legume flour as extenders. Journal of Food and Agriculture 6: 32-44. DOI: 10.4038/jfa.v6i1-2.5186.

Jorge, A.N., da Silva, V.F., da Silva, M.I., Goes, M.D., de Souza, M.L.R. 2024. Inclusion of fish meal in the coating of Nile tilapia nuggets. Food Science and Technology 44: 1-8. DOI: 10.5327/fst.00144.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2016. Algae Base. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.

King J. 2020. Physicochemical and sensory evaluation of invasive silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fish

nuggets. Purdue University, Indiana, United States, 84 p.

Leistner, L. 1992. Food preservation by combined methods. Food Research International 25: 151-158. DOI: 10.1016/0963-9969(92)90158-2

Lopez-Lopez, I., Cofrades, S., Yakan, A., Solas, M.T., Jime´nez-Colmenero, F. 2010. Frozen storage characteristics of low-salt and low-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. Food Research International 43: 1244-1254. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.03.005.

Lu, W., Yang, Z., Chen, J., Wang, D., Zhang, Y. 2021. Recent advances in antiviral activities and potential mechanisms of sulfated polysaccharides. Carbohydrate Polymers 272: 118526. DOI: 10.1016/j.carbpol.2021.118526

Maqsood, S., Benjakul, S., Balange, A.K. 2012. Effect of tannic acid and kiam wood extract on lipid oxidation and textural properties of fish emulsion sausages during refrigerated storage. Food Chemistry 130: 408-416. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.07.065.

Maskat, M.Y., Yip, H.H., Mahali, H.M. 2005. The performance of a methyl cellulose-treated coating during the frying of a poultry product. International Journal of Food Science and Technology 40: 811-816. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.00982.x

Mchugh, D.J. 2003. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper 441.

Modi, V.K., Sachindra, N.M., Nagegowda, P. Mehendrakar, N.S., Rao, D.N. 2007. Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix. International Journal of Food Science and Technology 42: 827-835. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01291.x.

Milkova-Tomova, I., Dojkina, P., Zsivanovits, G., Buhalova, D., Paraskova, P. 2015. Sensory and texture profiles of fruit leather from cornel (*Cornus mas* L.). In Proceeding of International Scientific-Practical Conference, University of Food Technologies–Plovdiv, Plovdiv, Bulgaria.

Moroney, N.C., O'grady, M.N., O'doherty, J.V., Kerry, J.P. 2013. Effect of a brown seaweed (*Laminaria digitata*) extract containing laminarin and fucoidan on the quality and shelf-life of fresh and cooked minced pork patties. Meat Science 94: 304-311. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.02.010.

Mousavipour, N., Babaei, S., Moghimipour, E., Moosavi-Nasab, M., Ceylan, Z. 2021. A novel perspective with characterized nanoliposomes: Limitation of lipid oxidation in fish oil. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie152: 112387. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112387.

Ojagh, S.M., Kazeminia, S., Jamshidi, A., Shabanpour, B. 2013. The effect of different pre-frying temperatures in canola oil on the quality and amount of oil absorption in different parts of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) nuggets. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics 2: 43-59.

Ojagh, S.M., Shabanpour, B., Jamshidi, A., Siyamiyan, A. 2018. Study on the changes of approximate composition and physical parameters of nugget of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during the initial frying in several vegetable oils at different temperature levels. Iranian Food Science and Technology Research Journal 14: 229-241.

Ramadhan, K., Huda, N., Ahmad, R. 2012. Physicochemical and sensory characteristics of burger made from duck surimi-like material. Poultry Science 91: 2316-2323. DOI: 10.3382/ps.2011-01747.

Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F.J., Saljoughian, S., Amid, M., Greiner, R.

2017. Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. Food Research International 99: 1066-1083. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.08.016.

Rupérez, P., Saura-Calixto, F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish seaweeds. European Food Research and Technology 212: 349-354. DOI: 10.1007/s002170000264

Saguy, I. 1995. Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism. Food Technology 49: 142-145.

Sanchez-Alonso, I., Borderias, A.J. 2008. Technological effect of red grape antioxidant dietary fibre added to minced fish muscle. International Journal of Food Science and Technology 43: 1009-1018. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01554.x.

Shabanpour, B., Pourashouri, P., Jamshidi, A., Rahmani Farah, K., Vejdan Taleshmikaeil, A. 2024. Improving the texture of shrimp nugget produced from surimi in combination with carrageenan, alginate and xanthan. Iranian Food Science and Technology Research Journal 20: 323-337.

Sheikhiani, S., Rahmanifarah, K., Nikoo, M., Noori, F., Gharekhani, A. 2023. Optimizing the consumption of CMC gum in different parts of Bighead carp nugget. Iranian Journal of Food Science and Technology 131: 199-210.

Sotoudeh, M.S., Soltanizadeh, N. 2021. Evaluation the role of breading particle size and soy protein isolate on physicochemical properties of chicken nugget. Iranian Food Science and Technology Research Journal 16: 629-641.

Stolarski, J.T., Margraf, F.J., Carlson, J.G., Sutton, T.M. 2014. Lipid and moisture content modeling of amphidromous dolly varden using bioelectrical impedance analysis. North American Journal of Fisheries Management 34: 471-481. DOI: 10.1080 /02755947.2014.880764.

Vardizadeh, F., Babaei, S., Naseri, M., Golmakani, M.T. 2021. Effect of marine sulfated polysaccharides derived from Persian Gulf seaweeds on *Oncorhynchus mykiss* oil stability under accelerated storage conditions. Algal Research 60: 102553. DOI: 10.1016/j.algal.2021.102553

Varela, P., Fiszman, S.M. 2011. Hydrocolloids in fried food: a review. Food Hyrocolloids 25: 1801-1812. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.01.016.

Wang, T., Li, Z., Mi, N., Yuan, F., Zou, L., Lin, H., Pavase, T. 2017. Effects of brown algal phlorotannins and ascorbic acid on the physiochemical properties of minced fish (*Pagrosomus major*) during freeze-thaw cycles. International Journal of Food Science and Technology 52: 706-713. DOI: 10.1111/ijfs.13325.

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Barthélemy, J.P., Paquot, M., Blecker, C., Attia, H. 2014. Impact of extraction procedures on the chemical, rheological and textural properties of ulvan from *Ulva lactuca* of Tunisia coast. Food Hydrocolloids 40: 53-63. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.02.002.

Yarnpakdee, S., Benjakul, S., Senphan, T. 2018. Antioxidant activity of the extracts from freshwater macroalgae (*Cladophora glomerata*) grown in northern Thailand and its preventive effect against lipid oxidation of refrigerated eastern little tuna slice. Turkish Journal Fisheries & Aquatic Science 19: 209-219. DOI: 10.4194/1303-2712-v19_3_04.

Zhang, Z., Wang, F., Wang, X., Liu, X., Hou, Y., Zhang, Q. 2010. Extraction of the polysaccharides from five algae and their potential antioxidant activity in vitro. Carbohydrate Polymers 82: 118-121. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.04.031.