University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 3, 2024, pages: 1-16
DOI: 10.22124/janb.2024.27944.1251

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of adding concentrated myofibrillar proteins of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on the qualitative and nutritional characteristics of pasta

Mahsa Karami Charvadeh, Eshagh Zakipour Rahimabadi*, Parva Safari
Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

Received 25 May 2024 Revised 15 September 2024 Accepted 17 September 2024

KEYWORDS
Enrichment
Essential amino acid
Myofibrillar proteins
Pasta
Silver carp

Abstract:

Introduction: Pasta is a traditional grain-based food product that is popular worldwide. Wheat protein lacks some essential amino acids, which should be provided from the other sources to meet consumers' needs. Furthermore, most nutrients, such as essential amino acids, minerals, and vitamins, are removed from wheat grains during flour processing. In this study, concentrated myofibrillar proteins of silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* were used to increase the product protein and improve the amino acid profile of pasta.

Materials and methods: This study was carried out to examine the effect of adding concentrated myofibrillar proteins of silver carp on the qualitative and nutritional characteristics of pasta. Research treatments included a control group and 5, 10, and 15% concentrated myofibrillar proteins ($T_{5\%}$, $T_{10\%}$ and $T_{15\%}$, respectively). Some parameters such as amino acids, crude protein, fat, ash, moisture, pH, sensory analysis, as well as the quality characteristics of cooking, including cooking time, water absorption (%), and puffiness index, were measured.

Results: The results showed a significant increase (p<0.05) in total amino acid content in treated samples compared to control. In addition, a significant elevation in the essential amino acids was observed in the treated samples. In the pre-cooking parameters, the percentage of protein (24.48%), fat (6.73%), ash (1.09%), and energy (398.41 kcal) upraised after adding the myofibrillar proteins to pasta, while the carbohydrate (59.96%), humidity (7.73%) and pH (6.71) were dropped. After the cooking process, protein, ash content, and pH increased. Instead, fat, carbohydrate, energy, and moisture content decreased. In the case of cooking parameters, cooking time (19.00 minutes) decreased by an elevation

in the myofibrillar protein. In contrast, other quality indices such as cooking loss (2.47 ± 0.06), water absorption percentage (124.42 ± 0.08%), and windiness index (4.83 ± 0.03) exhibited an increasing trend. The sensory analysis results showed that in terms of overall acceptability, no significant difference was observed between the control and $T_{5\%}$ and $T_{10\%}$, while only $T_{15\%}$ was different from the others.

Discussion: Based on the obtained results, adding concentrated myofibrillar protein of silver carp increased the protein content of pasta and changed the profile of amino acids, elevating the content of amino acids, essential and non-essential amino acids in the pasta product, exhibiting a positive effect of enriched pasta by adding concentrated myofibrillar protein of silver carp. On the contrary, the cooking time was reduced, possibly related to the elevated protein content and the decreased carbohydrates in the formulated products. In addition, the swelling index showed an increasing trend, displaying the effect of concentrated myofibrillar protein on the elevated water absorption rate and water retention capacity during the cooking processes.

Conclusion: Given the results of sensory analysis with chemical characteristics and quality characteristics of cooking the pasta, it can be concluded that enrichment with up to 10% concentrated myofibrillar fish proteins makes no difference compared to the control group, while enhancing the desired characteristics of the final product.

*Corresponding author: e.zakipoor@guilan.ac.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال دهم، شماره سوم، مهر ۱۴۰۳، صفحات ۱۶-۱

DOI: 10.22124/janb.2024.27944.1251

"مقاله پژوهشی"

تأثیر افزودن پروتئین‌های میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بر خصوصیات کیفی و تغذیه‌ای پاستا

مهسا کرمی چروده، اسحق زکی پور رحیم آبادی*، پروا سفری

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر افزودن پروتئین‌های میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) بر خصوصیات کیفی و تغذیه‌ای پاستا انجام شد. تیمارهای تحقیق شامل تیمار شاهد و تیمارهای حاوی ۵، ۱۰ و ۱۵٪ پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای بود. در این تحقیق به بررسی آمینواسیدها، پروتئین خام، چربی، خاکستر، رطوبت، اسیدیته، سنجش حسی و ویژگی‌های کیفی پخت شامل زمان پخت، افت‌پخت، درصد جذب آب و شاخص بادکردگی پرداخته شد. نتایج بیان‌گر افزایش معنی‌دار ($P<0/05$) میزان آمینواسیدهای کل در نمونه‌های تیمار خصوصاً تیمار دارای ۱۵٪ پروتئین تغلیظ شده به میزان ۱۸۴/۵۵ mg/g نمونه بود. همچنین، افزایش معنی‌دار در آمینواسیدهای ضروری لایزین و ترئونین در این تیمارها مشاهده شد. محتوای آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری نیز در مقایسه با نمونه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$). در تیمار ۱۵٪، محتوای پروتئین، چربی، خاکستر و انرژی به ترتیب با ۲۴/۴۸، ۶/۷۴، ۱/۰۹٪ و ۳۹۸ کیلوکالری، افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به نمونه شاهد و دیگر نمونه‌ها نشان داد و در عوض، مقادیر کربوهیدارت و رطوبت و اسیدیته، در این تیمار در مقایسه با دیگر تیمارها کم‌تر بود. در ارتباط با شاخص‌های پخت با افزایش درصد پروتئین‌های میوفیبریلی، زمان پخت (۱۹/۰۰ دقیقه) کاهش و دیگر شاخص‌های کیفی همچون افت پخت، درصد جذب آب و شاخص بادکردگی روند افزایشی از خود نشان داد. نتایج سنجش حسی هم نشان داد که به‌لحاظ مقبولیت کلی، تیمار ۱۵٪ پروتئین میوفیبریلی با تیمارهای شاهد، ۵٪ و ۱۰٪ اختلاف داشت. می‌توان نتیجه گرفت که غنی‌سازی تا سطح ۱۰٪ به لحاظ شیمیایی و کیفی تفاوت چندانی با تیمار شاهد نداشته و موجب افزایش ویژگی‌های شیمیایی در محصول نهایی می‌شود و امکان استفاده از پروتئین ماهی در محصولات پاستا را فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی

غنی‌سازی

آمینواسیدهای ضروری

پروتئین‌های میوفیبریلی

پاستا

کپور نقره‌ای

نویسنده مسئول: e.zakipoor@guilan.ac.ir

مقدمه

آبزیان دارای ارزش غذایی بالایی هستند، زیرا کیفیت پروتئین آن‌ها بالاست و قابل مقایسه با پروتئین‌ها با کیفیت بالا هستند. گوشت ماهیان سرشار از آمینواسیدهای ضروری، چربی‌های مفید بوده، منبع خوبی از ویتامین‌های گروه B، و دارای طیف گسترده‌ای از مواد معدنی همچون فسفر، منیزیم، آهن، روی و حتی ید هستند و البته مقدار کمی کربوهیدرات در فرم گلیکوژن دارند (Goes et al. 2016). نقش ماهیان در تغذیه و سلامت انسان به خوبی شناخته شده است، زیرا تعادل خوبی از پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی را برای بدن فراهم می‌کنند. به علاوه، پروتئین آبزیان دارای هضم آسان است، به‌طوری که در برخی گونه‌ها قابلیت هضم آن در بدن به بیش از ۹۵٪ می‌رسد. پروتئین آبزیان به‌دلیل عدم وجود بافت همبند، لایه پوششی فیبری و لایه پوششی روی تاندون‌ها، پروتئین-های ساختمانی کلاژن و الاستین وجود فیبرهای عضلانی کوتاه موجب هضم آسان شده است و با حرارت دادن، بافت ماهی نرم‌تر از بافت پیوندی دیگر حیوانات می‌شود (Adeli, 2015). گزارش شده است که پروتئین ماهی و آبزیان پروتئینی کامل، و دارای تمامی آمینواسیدهای ضروری از جمله لایزین، تریپتوفان، هیستیدین، فنیل-آلانین، لوسین، ایزولوسین، ترئونین، متیونین، سیستئین و ولین به مقدار مناسب است (Lina et al. 2013). ماهی و محصولات شیلاتی از ارزش زیستی بالا و موازنه خوب آمینواسیدهای ضروری برخوردارند (Chambó et al. 2018). از این‌رو، پروتئین استحصالی از ماهی‌ها را می‌توان برای بهبود محتوای پروتئین کل در غذاهایی با پایه غلات که عموماً به لحاظ محتوای لیزین فقیر هستند، استفاده کرد (Lina et al. 2013).

ماهی کپور نقره‌ای (*Hypophthalmichthys molitrix*) از گونه‌های اصلی پرورشی در سامانه‌های پرورش توام ماهیان گرمابی است. افزایش پرورش آن در ایران به معنای تولید مقادیر زیادی از فرآورده‌های جانبی (و محصولات اولیه) از جمله محصولات پروتئینی است (Jafarpour et al. 2013). طی سالیان اخیر، روند تولید این گونه در ایران دارای سیر صعودی است و توان بالقوه بالایی برای تولید هر چه بیش‌تر آن در مناطق مختلف کشور وجود دارد (Badfar and Jafarpour, 2019).

در سال‌های اخیر توجه زیادی به وجود پپتیدهایی با فعالیت زیستی یا پپتیدهای زیست‌فعال و پروتئین‌های مشتق شده از منابع دریایی شده که می‌توانند اثرات مفیدی در حفظ سلامت و جلوگیری از بروز بیماری‌های قلبی، عصبی و همچنین، در تنظیم سوخت‌وساز بدن ایفا کنند (Najafian and Babji, 2014). با وجود این، استفاده از پروتئین ماهی به عنوان یک ماده غذایی به دلایل متعدد از جمله فساد سریع باکتریایی، اکسایش لیپیدی و پروتئینی، پایداری کم و از دست دادن عملکرد در طی عمل‌آوری و ذخیره‌سازی در مقایسه با دیگر منابع پروتئینی دارای محدودیت است (Jafarpour et al. 2013).

روش‌های مختلفی برای جداسازی پروتئین‌ها از ماهیچه ماهی توسعه یافته است که از جمله آن می‌توان به محصولات فرآوری شده مهمی چون پروتئین میوفیبریلی اشاره کرد. پروتئین میوفیبریلی به گوشت چرخ کرده ماهی اطلاق می‌شود که قسمت اعظم ترکیبات محلول در آب آن توسط فرایند شست و شو خارج شده و پروتئین میوفیبریل باقی می‌ماند. پروتئین میوفیبریلی یک ماده کاربردی اصلی در محصولات تقلیدی است (مانند بازوی خرچنگ) و به علت خواص ژلی منحصر به فرد خود ارزشمند است (Badfar et al. 2020). پروتئین میوفیبریلی قابلیت فرآوری محصولات خاصی را دارد که از لحاظ شکل ظاهری، طعم و بافت بسیار مشابه انواع فرآورده‌های گران‌قیمت از جمله لابستر، میگو، اسکالپ و بازوی خرچنگ است (Badfar and Jafarpour, 2019).

پاستا یک محصول غذایی سنتی مبتنی بر غلات است که در سراسر جهان محبوبیت دارد، زیرا ارزان بوده، ماندگاری طولانی‌تری نسبت به محصولات نانوایی داشته و طبخ آن راحت است (Gangola et al. 2021). سالانه حدود چندین میلیون تن ماکارونی در سراسر جهان تولید می-شود. افزایش تقاضا و افزایش آگاهی به نقش غذا در سلامتی، محققان و تولیدکنندگان را به تولید محصولات ماکارونی سالم و سرشار از پروتئین، مواد معدنی، ویتامین-ها با شاخص گلایسمی پایین تشویق کرده است. سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان غذا و داروی آمریکا (FDA) ماکارونی را به عنوان یک ماده غذایی مناسب برای ترکیب مکمل‌های غذایی در نظر گرفته‌اند (Bresciani et al. 2022). در طی فرآوری آرد، بیش‌تر مواد مغذی مانند آمینواسیدهای ضروری، مواد معدنی و ویتامین‌ها از دانه‌های گندم حذف می‌شوند و به‌طور کلی در آرد گندم نسبت کربوهیدرات‌ها بالاتر از دیگر مواد مغذی است. بنابراین، از دیگر مواد مغذی برای غنی‌سازی یا تقویت به

محصولات پاستا استفاده شده است (Nilusha et al. 2019). اخیراً، صنایع غذایی تلاش مستمری برای معرفی محصولات کاربردی جدیدتر برای ماکارونی غنی‌شده با مواد مغذی و ترکیبات زیست‌فعال داشته‌اند. بر این اساس، دانه-های مختلفی برای جایگزینی آرد گندم استفاده شده است. لذا با توجه به غنی بودن پروتئین ماهی به لحاظ پروفایل آمینواسیدها، خصوصاً آمینواسیدهای ضروری، در تحقیق حاضر به بررسی افزودن پروتئین‌های میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای به دست آمده از انجام بخشی از فرآیند تولید سوریمی در غنی‌سازی محصول پاستا و بررسی تغییرات کیفی و تغذیه‌ای این محصول پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه سوریمی

برای این منظور، می‌بایست پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده با استفاده از فرآیند تهیه سوریمی از ماهیچه‌ی کپور نقره‌ای تولید می‌شد. به همین دلیل، ماهیان تازه کپور نقره‌ای با وزن متوسط ۲/۵ کیلوگرم از بازار ماهی‌فروشان (رشت، گیلان) تهیه و در یونولیت حاوی یخ طی مدت ۲ ساعت به آزمایشگاه فرآوری دانشکده منابع طبیعی (صومعه‌سرا، گیلان، ایران) منتقل شدند. عملیات آماده سازی اولیه نظیر شست‌وشوی سطح بیرونی ماهی، داخل دهان و آبشش‌ها با آب سرد انجام شد. در ادامه، ماهی‌ها را بر روی سینی قرار داده و پوست‌کنی انجام شد. سپس امعاء و احشای ماهیان خارج، سر و دم زنی انجام، و مجدداً بـا آب سـرد شست و شو شد. در نـهایت، ماهـی استخوان‌گیری شد و عضلات تیره از روی فیله جدا و فیله به قطعات کوچک‌تر تقسیم و سپس چرخ شد. در مرحله بعد، به گوشت چرخ شده ماهی به میزان ۴ برابر حجم گوشت، آب سرد اضافه شد، سپس به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط و در تمام مدت با دماسنج دمای آن بررسی شد. مخلوط گوشت و آب از پارچه تنظیف دو لایه عبور داده شد تا پروتئین‌های سارکوپلاسمیک محلول در آب به همراه خونابه از گوشت جدا شوند. ۴ مرحله شست و شو به همین ترتیب انجام و در مرحله آخر به میزان ۲٪ نمک به آب اضافه شد. سوریمی تولید شده به همراه یخ در مولینکس به مدت ۲ دقیقه مخلوط شد و در نهایت، سوریمی تولید شده در پلاستیک زیپ‌کیپ پس از هواگیری در یخچال نگهداری شد (Badfar and Jafarpour, 2019).

تهیه پاستا با استفاده از سوریمی

پاستای غنی‌شده با پروتئین میوفیبریلی ماهی، طبق دستورالعمل تولید پاستا، با هدف بررسی تأثیر غنی‌سازی این محصول تولید شد. تیمارهای تحقیق شامل شاهد، ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ جایگزینی پروتئین میوفیبریلی ماهی به جای آرد گندم بودند. تیمار شاهد حاوی ۱۰۰ گرم آرد گندم (حاوی آرد نول و گلوتن گندم)، ۶۰ میلی‌لیتر آب و ۲ گرم نمک بود. برای تهیه پاستا، مقدار مشخص شده آرد، درصد تعیین شده از سوریمی، آب و نمک مخلوط شد و به‌خوبی ورز داده شد. سپس خمیرها به مدت نیم ساعت استراحت داده شدند. در مرحله بعد، خمیر بر روی سطح صاف پهن شد و از دستگاه تولید پاستا (Marcato, Ampia 150–Deluxe, Italy) عبور داده شد و سپس در آون خشک شد. خشک کردن پاستای تولیدشده طی دو مرحله انجام شد: در مرحله اول نمونه‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه برای جلوگیری از خشک شدن سریع سطح و ترک‌خوردگی سطح پاستا انجام شد. در ادامه، به مدت ۱۷ ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به رطوبت مطلوب قرار گرفتند. در خصوص تیمارهای تحقیق و در مرحله مخلوط کردن نسبت مواد تشکیل‌دهنده، از مقدار آرد کاسته و با درصدهای مشخص از پروتئین میوفیبریلی جایگزین شد.

سنجش پروفایل آمینواسید با دستگاه HPLC

سنجش پروفایل آمینواسیدهای و میزان تأثیر تیمارهای مختلف پروتئین‌های میوفیبریلی در پاستا تهیه، و به روش Pico Tag به کمک دستگاه HPLC بررسی شد. برای تعیین پروفایل آمینواسیدهای از روش هضم اسیدی با استفاده از استات سدیم و سولفات مس (در pH ۵/۶) و شناسایی آن‌ها به روش ایزوکراتیک در طول موج ۲۳۵ نانومتر سنجش شد. سنجش پیک‌ها با استفاده از نرم‌افزار Breeze انجام شد (Ghaffari et al. 2020). سنجش پروفایل آمینواسید از روش ایزوکراتیک و با استفاده از حلال با سرعت ۰/۸ میلی‌متر در دقیقه انجام شد. ابتدا ۰/۲ از نمونه به دقت توزین و سپس با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار به خوبی همگن شد. آنگاه نمونه در آون با دمای ۱۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از اتمام زمان انکوباسیون (هیدرولیز اسیدی)، نمونه در دمای محیط سرد شده و سپس صاف شد. ۲۰ میکرولیتر از محصول صاف شده را با گاز ازت خشک کرده

و سپس با بافر (شامل سدیم استات، استات مس و هگزان سولفانات) مخلوط و پس از سانتریفیوژ میزان ۲۰ میکرولیتر از آن به دستگاه HPLC یا ستون فنومونکس و آشکارساز تزریق شد. دبی پمپ بر روی ۰/۸ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم شد. برای شناسایی آمینواسیدهای نیز از استاندارد مخلوط ۱۷ آمینواسید استفاده شد (Aminpour Daphchahi et al. 2021).

اندازه‌گیری پروتئین خام

برای اندازه‌گیری محتوای پروتئین خام، یک گرم نمونه پاستا، یک گرم کاتالیزور هضم به بالن حجم کلدال اضافه شد. ۱۵ میلی‌متر اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. بالن‌ها به دستگاه هضم انتقال یافته و پس از خنک شدن بالن‌ها در دستگاه کلدال قرار گرفتند. پس از انجام مراحل تقطیر، نمونه‌ها با اسیدسولفوریک ۰/۰۱ نرمال تیتر شدند (AOAC, 2005). در نهایت، مقدار ازت و پروتئین خام براساس فرمول درصد ازت و درصد پروتئین خام محاسبه شد.

اندازه‌گیری چربی

اندازه‌گیری چربی به‌روش گرم و با استفاده از دستگاه سوکسله (Bakshi, Tehran, Iran) و حلال ان-هگزان انجام شد. برای تعیین محتوای چربی از مقدار ۱ گرم نمونه پاستا استفاده شد (AOAC, 2005).

اندازه‌گیری خاکستر

برای تعیین درصد خاکستر از سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی (Abtin, Tehran, Iran) استفاده شد. نیم گرم از نمونه خشک در بوته‌های چینی قرار داده شد. پس از توزین بوته‌ها همراه با نمونه، در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت سوزانده شدند. سپس درون دسیکاتور سرد، و با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شدند (AOAC, 2005).

اندازه‌گیری رطوبت

برای اندازه‌گیری میزان رطوبت از روش AOAC (2005) استفاده شد.

تعیین کربوهیدرات

میزان تقریبی محتوای کربوهیدرات با کم کردن محتوای چربی کل، محتوای پروتئین، خاکستر و رطوبت از ۱۰۰٪ برآورد شد (Desai et al. 2018):

رطوبت- خاکستر - پروتئین - چربی کل - ۱۰۰= محتوای کربوهیدرات

تعیین انرژی

ارزش انرژی با استفاده از فرمول توصیف شده توسط Merrill و همکاران (۱۹۷۳) محاسبه شد.

ارزش انرژی (کیلوکالری/۱۰۰) = (درصد پروتئین × ۴ + درصد چربی × ۹ + درصد کربوهیدرات × ۴

تعیین اسیدیته

میزان pH براساس روش AOAC (2005) اندازه‌گیری شد.

ویژگی‌های کیفی پخت

زمان پخت

برای اندازه‌گیری زمان پخت نمونه‌ها، میزان ۱۰ گرم پاستا در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر درحال جوش اضافه شد. ۲ دقیقه قبل از زمان پخت تقریبی و هر ۳۰ ثانیه یک‌بار، یک تکه از پاستای درحال پخت خارج و بین دو صفحه شیشه‌ای فشرده شد تا زمانی که هیچ اثری از مغز سفید وسط پاستا باقی نماند. در این صورت پاستا به‌طور کامل پخته شده و زمان آن تعیین شد (Iranian National Standards, No. 213).

اندازه‌گیری لعاب (افت پخت)

۱۰ گرم نمونه به ۲۰۰ میلی‌لیتر آب جوش تا رسیدن به زمان مناسب پخت اضافه شد. این میزان در پاستاهای تازه، زمانی است که خط سفید مرکزی رشته پاستا در آب پخت از بین می‌رود. سپس پاستاها خارج شده و آب پخت باقی‌مانده درون بشر به مدت ۱۰ ساعت در یک آون با دمای ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا آب آن به‌طور کامل تبخیر شود. ماده خشک باقی‌مانده توزین و به صورت درصد ماده از دست رفته یا افت پخت در هر زمان پخت بیان شد (Iranian National Standards, No. 213).

درصد جذب آب

۱۰ گرم پاستا در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در حال جوش غوطه‌ور شد. بعد از پخت پاستا در زمان تعیین شده، پاستاها را خارج کرده و بعد از خنک شدن به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق، توزین، و درصد جذب آب آن‌ها طبق فرمول زیر محاسبه شد (Iranian National Standards, No. 213):

شاخص بادکردگی

شاخص بادکردگی طبق فرمول زیر محاسبه شد (Iranian National Standards, No. 213):

$$\text{درصد شاخص بادکردگی} = \frac{\text{وزن نمونه پخته شده و پلیت بعد آون} - \text{وزن نمونه پخته شده و پلیت قبل آون}}{\text{وزن نمونه پخته شده و پلیت بعد آون}} \times ۱۰۰$$

سنجش آماری

سنجش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS، نسخه ۲۲ انجام شد. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد و به منظور بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از روش تجزیه واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و آزمون دانکن (Duncan) در سطح ۹۵٪ استفاده شد. برای بررسی معنی‌داری شاخص‌های حسی نیز از آزمون غیر-پارامتریک کروسکال والیس استفاده شد.

نتایج

پروفایل آمینواسیدها

پروفایل آمینواسیدهای نمونه خام و نمونه‌های تیمار شده در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می شود، ۱۷ آمینواسید شناسایی و سنجش شد که از این میان ۱۰ آمینواسید ضروری، و ۷ آمینواسید غیرضروری بودند. مقدار تغییرات در آمینواسیدهای ضروری از ۳۸/۸۶ میلی‌گرم در تیمار شاهد به ۵۳/۲۱ میلی‌گرم در تیمار ۳ روند افزایشی و معنی دار نشان داد ($P<۰/۰۵$). همین‌طور در آمینواسیدهای غیرضروری روند افزایشی از مقدار ۹۶/۱۷۱ میلی‌گرم در تیمار شاهد به ۱۳۱/۳۳ میلی-گرم در تیمار ۳ به صورت معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). از طرف دیگر، در مقدار آمینواسیدها به غیر از متیونین و سیستئین روند افزایشی و به صورت معنی‌دار مشاهده شد. تغییرات در روند سیستئین در تیمار شاهد بیش از تیمارهای دیگر بود. همچنین، روند تغییرات در آمینواسید لایزین به صورت افزایشی مشاهده شد، اما مقدار این افزایش کم‌تر از آن بود که معنی‌دار باشد. به‌طور کلی مقدار آمینواسید به طور معنی‌دار از ۱۳۵/۰۳ میلی‌گرم در تیمار شاهد، به ۱۸۴/۵۵میلی‌گرم در تیمار ۳ رسید.

مقادیر ترکیبات شیمیایی

نتایج فراسنجه‌های شیمیایی همچون پروتئین، چربی، خاکستر، کربوهیدرات و انرژی در جدول ۲ آورده شده است. مقدار پروتئین در نمونه‌های پاستا با افزایش میزان پروتئین تغلیظ شده ماهی کپور، روند افزایشی نشان داد، به طوری‌که از ۱۹/۳۳٪ در تیمار شاهد به ۲۴/۴۸٪ در تیمار ۳ روند افزایشی معنی‌داری را نشان‌داد ($P<۰/۰۵$). همچنین مقدار چربی از ۶/۳۲٪ در تیمار شاهد به ۶/۷۴۳٪ در تیمار ۳ افزایش یافت که البته این افزایش معنی‌دار نبود. محتوای خاکستر از ۰/۹۲٪ در تیمار شاهد به ۱/۰۹۲٪ در تیمار ۳ رسید. روند تغییرات در محتوای کربوهیدرات متفاوت با دیگر ترکیبات بود و روند کاهشی در نمونه‌های تیمار در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده شد. محتوای کربوهیدرات از ۶۴/۷۱٪ در تیمار شاهد به ۵۹/۹۶٪ در تیمار ۳ کاهش - یافت ($P<۰/۰۵$). همچنین، مقدار انرژی در تیمار شاهد از ۳۹۱/۲۹ کیلوکالری به ۳۹۸/۴۱ کیلوکالری در تیمار ۳ افزایش نشان داد. مقدار رطوبت پاستا هم از ۸/۹۲٪ در تیمار شاهد به ۷/۷۳٪ در تیمار ۳ کاهش یافت.

جدول ۱ مقادیر آمینواسیدهای (میلی‌گرم) موجود در نمونه شاهد پاستا و نمونه‌های غنی‌سازی با مقادیر مختلف پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای

Table 1 Amino acid content (mg) in control sample of pasta compared to the enriched treatments by different levels of concentrated myofibrillar protein of silver carp

Amino acids	Treatments			
	Control	5%	10%	15%
Aspartic acid	7.23 ± 0.25^{c}	8.57 ± 0.55^{b}	9.12 ± 0.44^{b}	10.63 ± 0.38^{a}
Glutamic acid	49.11 ± 2.47^{d}	56.44 ± 1.34^{c}	63.03 ± 1.82^{b}	68.21 ± 0.63^{a}
Serine	6.15 ± 0.21^{d}	7.12 ± 0.36^{c}	8.44 ± 0.67^{b}	9.46 ± 0.52^{a}
Glycine	4.74 ± 0.35^{c}	5.46 ± 0.34^{b}	5.76 ± 0.46^{ab}	6.37 ± 0.28^{a}
Histidine	1.86 ± 0.07^{d}	2.11 ± 0.07^{c}	2.52 ± 0.17^{b}	3.37 ± 0.11^{a}
Arginine	2.04 ± 0.01^{c}	2.35 ± 0.07^{c}	2.92 ± 0.36^{b}	3.82 ± 0.12^{a}
Threonine	4.94 ± 0.12^{d}	5.65 ± 0.26^{c}	6.48 ± 0.49^{b}	7.24 ± 0.13^{a}
Alanine	14.48 ± 0.24^{c}	14.89 ± 0.02^{b}	15.15 ± 0.22^{b}	16.37 ± 0.05^{a}
Proline	12.41 ± 0.37^{d}	14.01 ± 0.07^{c}	15.17 ± 0.55^{b}	16.48 ± 0.09^{a}
Tyrosine	1.22 ± 0.17^{b}	1.30 ± 0.05^{b}	1.47 ± 0.18^{b}	2.10 ± 0.18^{a}
Valine	4.19 ± 0.12^{c}	4.75 ± 0.04^{b}	4.97 ± 0.14^{b}	5.30 ± 0.14^{a}
Methionine	0.83 ± 0.17^{a}	0.85 ± 0.04^{a}	0.90 ± 0.03^{a}	1.02 ± 0.05^{a}
Cysteine	0.26 ± 0.05^{ab}	0.24 ± 0.04^{b}	0.27 ± 0.02^{ab}	0.31 ± 0.01^{a}
Isoleucine	6.25 ± 0.08^{c}	6.68 ± 0.04^{bc}	6.74 ± 0.22^{b}	7.41 ± 0.42^{a}
Leucine	7.11 ± 0.59^{c}	8.56 ± 0.26^{b}	8.71 ± 0.09^{b}	10.08 ± 0.58^{a}
Phenylalanine	4.63 ± 0.44^{b}	4.76 ± 0.04^{b}	5.24 ± 0.36^{ab}	5.57 ± 0.29^{a}
Lysine	7.46 ± 0.58^{d}	8.48 ± 0.28^{c}	9.58 ± 0.49^{b}	10.82 ± 0.46^{a}
Total amount	135.03 ± 0.46^{d}	152.23 ± 0.23^{c}	166.49 ± 0.25^{b}	184.55 ± 0.14^{a}
Essential AA content	38.86 ± 1.03^{d}	43.39 ± 0.51^{c}	46.89 ± 1.32^{b}	53.21 ± 0.55^{a}
Non-essential AA content	96.17 ± 3.60^{d}	108.84 ± 1.95^{c}	119.60 ± 1.25^{b}	131.33 ± 1.05^{a}

Values are means and S.D. of duplicate; Means with the same small letter in a row were not significantly different at $P<0.05$ level in different treatment.

تغییرات مقدار اسیدیته

نتایج مقادیر اسیدیته در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۲ آورده شده است. مقدار اسیدیته نیز از ۶/۹۱ در تیمار کنترل به ۶/۷۱ در تیمار ۳ کاهش یافت.

شاخص‌های پخت

در بررسی شاخص‌های بعد از پخت، با افزودن پروتئین‌های میوفیبریلی در نمونه‌های پاستا و جایگزینی آن به جای آرد گندم، زمان پخت کاهش یافت، به‌طوری که از ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه در تیمار شاهد به ۱۹ دقیقه در تیمار ۳ کاهش پیدا کرد (جدول ۳). همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، افت پخت از ۱/۹۹٪ در تیمار شاهد به ۲/۴۷٪ در تیمار ۳ افزایش‌یافت ($P<0/05$). درصد جذب آب از دیگر فراسنجه‌های مورد بررسی بود که مقدار آن از ۱۱۲/۴۴٪ در تیمار شاهد به ۱۲۴/۴۲٪ در تیمار ۳ افزایش یافت. همین طور در بررسی شاخص بادکردگی از ۴/۵۱٪ در تیمار شاهد به ۴/۸۳٪ در تیمار ۳ افزایش یافت ($P<0/05$).

جدول ۲ مقادیر ترکیبات شیمیایی (درصد) موجود در نمونه شاهد پاستا و نمونه‌های غنی سازی با مقادیر مختلف پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای

Table 2 Chemical analysis (%) of control sample of pasta compared to the enriched treatments by different levels of concentrated myofibrillar protein of silver carp

Proximate analysis	Treatments			
	Control	5%	10%	15%
Protein (%)	19.33 ± 0.53^{d}	21.64 ± 0.28^{c}	22.84 ± 0.90^{b}	24.48 ± 0.41^{a}
Lipid (%)	6.13 ± 0.32^{a}	6.46 ± 0.31^{a}	6.60 ± 0.57^{a}	6.74 ± 0.22^{a}
Ash (%)	0.92 ± 0.03^{b}	1.01 ± 0.01^{ab}	1.05 ± 0.09^{a}	1.09 ± 0.02^{a}
Moisture (%)	8.92 ± 0.66^{a}	8.31 ± 0.46^{ab}	8.31 ± 0.15^{ab}	7.73 ± 0.17^{b}
Carbohydrate (%)	64.70 ± 0.76^{a}	62.58 ± 0.50^{bc}	61.21 ± 1.44^{b}	59.96 ± 0.41^{c}
Energy (kcal)	391.29 ± 3.01^{b}	395.03 ± 3.18^{ab}	395.54 ± 3.02^{ab}	398.41 ± 1.63^{a}
pH	6.91 ± 0.03^{a}	6.77 ± 0.02^{b}	6.73 ± 0.01^{b}	6.71 ± 0.01^{b}

Values are means and S.D. of triplicate (n=3); Means with the same small letter in a row were not significantly different at P<0.05 level in different treatment.

جدول ۳ شاخص‌های پخت در نمونه شاهد پاستا و نمونه‌های غنی سازی با مقادیر مختلف پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای

Table 3 Cooking indices of control sample of pasta compared to the enriched treatments by different levels of concentrated myofibrillar protein of silver carp

Proximate analysis	Treatments			
	Control	5%	10%	15%
Cooking time (min)	20:30	19:30	19:00	19:00
Cooking loss (%)	1.99 ± 0.10^{c}	2.18 ± 0.05^{b}	2.36 ± 0.03^{a}	2.47 ± 0.06^{a}
Water absorption (%)	112.44 ± 1.71^{c}	115.19 ± 1.68^{bc}	119.92 ± 2.49^{b}	124.42 ± 0.08^{a}
Swelling index (%)	4.51 ± 0.14^{b}	4.71 ± 0.01^{a}	4.78 ± 0.01^{a}	4.83 ± 0.03^{a}

Values are means and S.D. of triplicate (n=3); Means with the same small letter in a row were not significantly different at P<0.05 level in different treatment.

بحث

بر اساس نتایج این مطالعه، افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای تغییرات قابل ملاحظه‌ای در پروفایل آمینواسیدهای پاستا به وجود آورد. Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود گزارش کردند که با افزایش مقدار کنسانتره پروتئین ماهی در تیمارهای مختلف نان تست، محتوای آمینواسیدهای ضروری و غیر ضروری افزایش نشان داد. آن‌ها همچنین عنوان کردند که تغییرات در آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری معنی‌دار بود و در مجموع آمینواسیدهای ضروری در تیمار ۴٪ نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. de Souza و همکاران (۲۰۱۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. در مطالعه آنان گزارش شد که کنسانتره پروتئین ماهی تیلاپیا حاوی تمام آمینواسید-های ضروری است و همین‌طور محتوای آمینواسید بسیار بیش از استاندارد FDA برای کودکان و بزرگسالان است. در مطالعه‌ای که Ibrahim (۲۰۰۹) بر استفاده از کنسانتره پروتئین ماهی تیلاپیا در غنی‌سازی بیسکوئیت شور و بررسی میزان آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری محصول انجام داد، نتایج مشابهی گزارش شده است. در این تحقیق گزارش شده است که غنی‌سازی بیسکوئیت شور با پودر پروتئینی در افزایش محتوای پروتئین و سطوح آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری تأثیر مثبت داشته است. همینطور Cercel و همکاران (۲۰۱۶) و نیز Mohamed و همکاران (۲۰۱۴) نتایج مشابهی در غنی‌سازی نان و بیسکوئیت با کنسانتره ماهی گزارش کردند.

با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، مقدار پروتئین محصول به طـور معنی‌داری افزایش یافت، به گونه-ای‌که بیش‌ترین درصد افزایش در محتوای پروتئین نمونه‌ها در تیمار حاوی ۱۵٪ پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده اتفاق افتاد. نتایج داده‌ها با نتایج Goes و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت که گزارش کردند افزودن کنسانتره پروتئین

ماهی تیلاپیای تازه محتوای پروتئین را در ماکارونی افزایش می‌دهد. در تحقیق آنها محتوای پروتئین از ۹/۷۷٪ در تیمار شاهد به ۱۸/۲۸٪ در تیمار ۳ افزایش یافت. همچنین در مطالعه Shikha و همکاران (۲۰۲۰) محتوای پروتئین برای تیمار شاهد ۱۰/۵٪، تیمار ۱: ۱۹/۳۵٪، تیمار ۲: ۲۲٪/۳۳ و تیمار ۳: ۲۳/۶۶٪ گزارش شده است. نتایج این تحقیق تا حدود زیادی با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشت، اما مقدار پروتئین در تیمار شاهد بسیار کم‌تر از نتایج حاضر بود که می‌تواند به محتوای متفاوت پروتئین آرد گندم مربوط شود. Ejembi و همکاران (۲۰۱۴) بیشینه محتوای پروتئین رشته‌فرنگی را ۱۲/۶۹٪ گزارش کردند که این مقدار بسیار کم‌تر از مقدار گزارش شده پروتئین در سوریمی مصرفی است. نتایج تحقیق حاضر همچنین با نتایج Ikasari و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد. آنها گزارش کرده‌اند که با افزایش پودر پروتئین در فرمول کوکی‌ها، مقدار پروتئین افزایش معنی‌دار نشان داد. در مطالعه Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) بیان شده است که با افزایش درصد پروتئین در نان‌ها، میزان پروتئین از ۱۲/۹۲٪ در تیمار شاهد به ۱۴/۷۳ در تیمار ۴٪ کنسانتره پروتئین ماهی کپور افزایش داشته است. Moeini و همکاران (۲۰۰۹) و Taha و همکاران (۱۹۸۲) هم گزارش کرده‌اند که میزان پروتئین نان با افزودن پودر ماهی به نان افزایش یافته است. Adeleke و Odedeji (۲۰۱۰) پس از غنی-سازی نان توسط پودر پروتئین ماهی تیلاپیا به نتایج مشابهی دست یافتند. Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی مشابه بر غنی‌سازی ماکارونی با سوریمی ماهی کپور نقره‌ای به نتایج مشابه دست یافتند و افـزایش معنی‌داری در مقدار پروتئین پس از غنی‌سازی را گزارش کردند. نتایج یافته‌ها با نتایج Kooshki و همکاران (۲۰۲۱) در مورد غنی‌سازی پاستا با منابع پروتئینی گیاهی مطابقت داشت. به این صورت که با افزودن پروتئین کنجاله ارده به آرد سمولینا، مقدار پروتئین افزایش معنی‌دار داشته است. همچنین در نتایج مطالعه Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است که با افزایش مقدار کنسانتره ماهی سیم در نمونه‌ها، مقدار پروتئین نیز افزایش معنی‌دار یافت. سوریمی و محصولات تهیه شده از آن دارای مقادیر زیادی پروتئین بوده و بدیهی است با افزایش مقدار سوریمی در محصول تولیدی، پروتئین افزایش یابد. محتوای پروتئین در این محصولات به گونه ماهی، فصل صید و شرایط ماهی در زمان صید بستگی دارد (Ghaffari et al. 2020). در فراورده‌هایی مانند پاستا میزان پروتئین پایین است، پس افزایش معنی‌دار در محتویات پروتئین عامل بسیار مهمی است (Kooshki et al. 2021).

با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، در مقدار چربی افزایش جزیی مشاهده شد. نتایج یافته‌ها با نتایج Goes و همکاران (۲۰۱۶) درباره افزایش چربی در محصول مطابقت داشت که گزارش کردند با افزایش محتوای کنسانتره پروتئین ماهی تیلاپیا، مقدار چربی در نمونه‌های ماکارونی غنی‌شده افزایش یافت. این مقدار از ۱٪/۱۱ در تیمار شاهد به ۱/۴۳٪ در تیمار ۴٪ کنسانتره پروتئین ماهی تیلاپیا افزایش داشت. البته این مقادیر با مقادیر شناسایی شده در نتایج حاضر اختلاف داشت که این اختلاف ممکن است به نوع مواد اولیه و نوع آرد مصرفی بستگی داشته باشد. یافته‌های Shikha و همکاران (۲۰۲۰) نشان دهنده افزایش محتوای چربی در نودل‌ها از ۳/۶۸٪ در تیمار شاهد تا ۶/۱۵٪ در تیمار ۳۰٪ سوریمی کپور نقره‌ای بوده است. Ikasari و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه خود مبنی بر افزودن پودر پروتئین در فرمول کوکی‌ها به نتایج مشابه دست یافتند و با افزایش پودر پروتئین میزان چربی افزایش یافت که علت را بالا بودن میزان چربی در پودر پروتئین ماهی نسبت به آرد عنوان کردند. نتایج مشابهی توسط Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) گزارش شد که با افزودن سوریمی ماهی کپور نقره‌ای، چربی در تیمارها افزایش یافت. Moeini و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی پیرامون غنی‌سازی نان به نتایج مشابهی دست یافتند و گزارش کردند که در تیمارهای مختلف با افزایش مقدار پودر پروتئینه ماهی، مقدار چربی به مقدار اندک افزایش یافته و از میزان ۱/۱۳٪ در تیمار شاهد به ۱/۱۵٪ در تیمار ۴٪ کنسانتره کپور نقره‌ای افزایش یافته بود. در مطالعه Adelek و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی گزارش شد که با افزایش مقدار پودر پروتئینه ماهی تیلاپیا در نان، میزان چربی آنها تغییر کرده و از میزان ۲/۱۵٪ در تیمار شاهد به ۲/۸۸٪ در تیمار ۳ رسیده بود. همچنین Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه خود به نتایج مشابه دست یافتند، به طوری که با افزودن کنسانتره پروتئین ماهی، میزان چربی افزایش یافت که معنی‌دار نبود. با افزودن سوریمی و پودر سوریمی افزایش در چربی مشاهده شد که علت آن بالا بودن چربی نسبت به آرد و دیگر مواد فرموله شده است.

مقدار خاکستر با افزایش درصد پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده افزایش یافت. تنها بین تیمار شاهد با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Shikha و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت. در نتایج گزارش شده از تحقیق آنها، با افزایش مقدار پودر پروتئین ماهی، درصد خاکستر از ۱/۴۹ در تیمار شاهد به ۳ در تیمار ۳۰٪ سوریمی ماهی کپور نقره‌ای افزایش نشان داد. همچنین، مطالعه Goes و همکاران (۲۰۱۶) با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت داشت و افزایش خطی در محتوای خاکستر با افزودن کنسانتره پروتئین ماهی تیلاپیای تازه گزارش شد. نتایج یافته‌های حاضر تا حدودی با نتایج Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) متفاوت است به گونه‌ای که با اضافه‌کردن پودر پروتئینه به نان‌های تولید شده، میزان خاکستر از ۱/۵۳٪ در تیمار شاهد به ۱/۲۳٪ در تیمار ۳ کاهش یافته و بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. آن‌ها دلیل کاهش مقدار خاکستر را افزایش سهم پروتئین در نان‌ها دانستند و بیان کردند افزایش سهم پروتئین در نان از میزان خاکستر کاسته و هرچه میزان پروتئین در نان افزایش یابد از سهم املاح موجود در نان کاسته شود. نتایج یافته حاضر با نتایج Moeini و همکاران (۲۰۰۹) و Adelek و همکاران (۲۰۱۰) درباره غنی‌سازی نان مطابقت داشت و با افزایش میزان پودر پروتئین، میزان خاکستر نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. نتایج مطالعه Mohamed و همکاران (۲۰۱۴) با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت و با افزایش درصد پروتئین ماهی در بیسکوئیت‌ها، مقدار خاکستر افزایش یافته و از ۱/۸۰٪ در تیمار شاهد به ۱/۸۸٪ در تیمار ۳٪ افزایش یافت و علت را افزایش مواد معدنی و تغلیظ آن طی فرآیند تولید پروتئین ماهی عنوان کردند. نتایج یافته‌های Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) با نتایج حاضر مطابقت داشت و با افزایش درصد سوریمی، میزان خاکستر در تیمارها افزایش یافت و علت آن را بالا بودن مواد معدنی در سوریمی دانستند. نتایج Chin و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه حاضر مطابقت داشت و افزایش مقدار سوریمی و گوشت چرخ‌شده در نودل، محتوای خاکستر را در تیمارها افزایش داد. نتایج حاکی از آن است که طی فرایند ساخت سوریمی، پودر سوریمی و کنسانتره پروتئین ماهی، مواد معدنی موجود در بافت‌ها تغلیظ می‌یابد. بنابراین سطح مواد معدنی در محصول تولید شده افزایش و میزان خاکستر افزایش یافته است (Goes et al. 2016; Kalantar Mahdavi et al. 2017).

با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، رطوبت روند کاهشی داشت، که البته فقط بین نمونه شاهد با نمونه ۱۵٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. یافته حاضر با نتایج Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) مطابقت داشت. آنان گزارش کردند که با افزایش درصد کنسانتره پروتئین ماهی سیم در پاستا، درصد رطوبت کاهش یافته است. نتایج پژوهش Shikha و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که افزایش مقدار گوشت چرخ‌کرده کپور نقره‌ای به افزایش محتوای رطوبت نودل‌های تهیه شده می‌انجامد. مطالعات Kaur و همکاران (۲۰۱۳) و همچنین، Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) نیز با نتایج تحقیق حاضر تفاوت داشت. افزودن پروتئین حبوبات منجر به افزایش جذب آب و هیدراته شدن بیش‌تر شد. Moosavi Nasab و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهش خود دریافتند که سوریمی معمولی به دلیل محتوای پروتئینی پایین به جهت حذف پروتئین‌های سارکوپلاسمی در مقایسه با ایزوله‌های پروتئینی که بیش‌تر پروتئین‌های سارکوپلاسمی آن حفظ شده است، رطوبت کم‌تری دارد.

مطالعه Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) با نتایج تحقیق حاضر اختلاف داشت. در مطالعه آنها، افزایش مقدار پودر پروتئینه ماهی کپور نقره‌ای، رطوبت را در محصول تولید-شده کاهش داد، اما بین داده‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. آنها علت را به افزایش مقدار پودر پروتئین مربوط دانستند، زیرا پودر پروتئین تمایل به جذب آب بیش‌تر داشته و باعث افزایش رطوبت در نان‌ها شده است. همچنین، Mohamed و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهش خود به نتایج متفاوتی دست یافتند، به طوری‌که با افزایش پودر پروتئینه ماهی، مقدار رطوبت بیسکوئیت‌های نمکی تولیدشده افزایش یافت. Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود برروی غنی‌سازی ماکارونی با سوریمی ماهی کپور نقره‌ای به نتایج متفاوت دست یافتند و میزان رطوبت با افزایش درصد سوریمی روند افزایشی نشان داد. آنها علت را به بالا بودن محتوای رطوبت سوریمی مربوط دانستند.

افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا همچنین سبب شد تا مقدار کربوهیدرات کاهش معنی‌دار یافته و با افزایش درصد پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده، درصد کربوهیدرات نیز کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار کربوهیدرات در نمونه شاهد و کم‌ترین مقدار در تیمار ۱۵٪ پروتئین

میوفیبریلی تغلیظ شده ماهی کپور نقره‌ای مشاهده شد. از آنجا که محتوای ترکیبات شیمیایی محصول به درصد محاسبه می‌شود، می‌توان علت کاهش در محتوای کربوهیدرات را افزایش در مقدار پروتئین، چربی و خاکستر عنوان کرد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Shikha و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت. در مطالعه آنها با افزایش مقدار گوشت چرخ‌شده در فرمول نودل، کربوهیدرات کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار کربوهیدرات در تیمار شاهد حاوی ۷۴/۱۹٪ و کم‌ترین مقدار در تیمار ۳۰٪ سوریمی حاوی ۵۶/۴۲٪ بود. در مطالعه Goes و همکاران (۲۰۱۶) هم مطابق پژوهش حاضر روند کاهشی مشاهده شد و محتوای کربوهیدرات در ماکارونی تازه با افزودن کنسانتره پروتئین تیلاپیا به‌طور خطی از ۵۰/۹۲٪ به ۳۷/۶۳٪ کاهش معنی‌دار یافت. نتایج مطالعه Aminpour Daphchahi و همکاران (۲۰۲۱) با نتایج حاضر مطابقت داشت و با افزایش سطح غنی‌سازی، کربوهیدرات نیز کاهش یافت. نتایج مشابهی توسط Ibrahim و همکاران (۲۰۰۹) در خصوص غنی‌سازی بیسکوئیت شور با پروتئین ماهی تیلاپیا، Mohamed و همکاران (۲۰۱۴) بر روی بیسکوئیت با کنسانتره ماهی، Desai و همکاران (۲۰۱۶) در غنی‌سازی پاستا با پودر پروتئین و Cercel و همکاران (۲۰۱۶) در افزودن پروتئین به نان گزارش شد و در تمام مطالعات کاهش معنی‌دار کربوهیدرات مشاهده شد. این نتایج را می‌توان به افزایش در دیگر ترکیبات پاستا همچون پروتئین خام، چربی و خاکستر مربوط دانست.

افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به آرد روند افزایشی بر مقدار انرژی داشت. کم‌ترین مقدار کربوهیدرات در نمونه شاهد و بیش‌ترین مقدار در تیمار حاوی ۱۵٪ پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده مشاهده شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Goes و همکاران (۲۰۱۶) اختلاف داشت. در مطالعه آن‌ها افزودن کنسانتره ماهی تیلاپیا به ماکارونی منجر به کاهش خطی در کربوهیدرات و در نتیجه، کاهش انرژی شد و مقدار انرژی در تیمار شاهد ۲۵۲/۷۱ کیلوکالری و در تیمار حاوی ۳۰٪ کنسانتره ماهی تیلاپیا مقدار ۲۳۶/۵۸ کیلوکالری گزارش‌شد. همچنین، در مطالعه Shakha و همکاران (۲۰۲۰) بر خلاف نتایج حاضر مقدار انرژی کاهش یافت به گونه‌ای که در تیمار شاهد ۳۹۴/۱۱ کیلوکالری و در تیمار حاوی ۳۰٪ سوریمی مقدار ۳۶۵/۱۵ کیلوکالری گزارش شد. در مطالعه حاضر، کاهش مقدار کربوهیدرات با افزایش پروتئین، چربی و خاکستر جبران و در تیمار حاوی ۱۵٪ سوریمی کپور نقره‌ای بیش‌ترین مقدار انرژی مشاهده شد.

در مطالعه حاضر، با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا قبل از پخت، اسیدیته کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار اسیدیته در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار در تیمار ۱۵٪ پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده اندازه‌گیری شد. دلیل کاهش اسیدیته در تیمارها را می‌توان به ساختار آمینواسیدهای آن نسبت داد. قبل از پخت به دلیل بیش‌تر بودن دی‌اسیدهای مونوآمینه یا آمینواسیدهای اسیدی شامل اسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید نسبت به دیگر گروه‌های ساختمانی، اسیدیته کاهشی و به سمت اسیدی شدن تغییر کرد. نتایج تحقیقات Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) ثابت بودن اسیدیته در محدوده ۵/۵ را نشان داد، در صورتی که در نتایج تحقیق حاضر روند کاهشی جزیی در مقدار اسیدیته مشاهده شد. می‌توان علت این کاهش را به اسیدیته مواد اولیه (آرد و پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده) و همچنین آب نسبت داد. اسیدیته سوریمی مصرفی خنثی بود، با توجه به خنثی بودن آب و آرد مصرفی، تغییری در اسیدیته محصول گزارش نشد. در نتایج مربوط به پودر پروتئین، یافته‌هایی ناهمسو با یافته‌های تحقیق حاضر گزارش شد. در مطالعه Ibrahim و همکاران (۲۰۰۹) در خصوص غنی‌سازی بیسکوئیت شور با پروتئین ماهی تیلاپیا، با افزایش مقدار پودر پروتئین اسیدیته افزایش یافت. همچنین، در مطالعه Ghaffari و همکاران (۲۰۲۰) افزایش اسیدیته، افزایش معنی‌دار در داده‌های حاصل از افزایش پودر پروتئینه ماهی گزارش شد و علت آن اسیدیته بالای پودر پروتئین ذکر شد.

در مطالعه حاضر، با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، زمان پخت از ۲۰:۱۰ در تیمار شاهد به حداقل ۱۹:۰۰ دقیقه در نمونه‌های تیمار کاهش یافت که با نتایج Shikha و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت داشت. در مطالعه آنها، با افزایش گوشت چرخ شده و کاهش کربوهیدرات، زمان پخت کاهش یافت. در مطالعه Monteiro و همکاران (۲۰۱۹) نیز افزایش مقدار آرد نخودچی منجر به افزایش پروتئین ماکارونی شده و زمان پخت را کاهش داد. در پژوهش Kooshki و همکاران (۲۰۲۱) با افزودن ایزوله پروتئین کنجاله ارده مدت زمان پخت افزایش یافت. نتایج Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که با افزودن کنسانتره پروتئین به پاستا، زمان پخت کاهش نسبی داشت، اما اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها گزارش نشد. کاهش زمان

پخت، با افزایش مقدار پروتئین در محصولات فرموله شده و به همان نسبت کاهش کربوهیدرات ارتباط دارد. به عبارت دیگر، کاهش زمان پخت ممکن است به افزایش میزان نفوذ آب به هسته مـاکارونی در نبود ارتباط پیوسته در شبکه پروتئین-نشاسته مربوط باشد که می‌تواند انتشار آب در هسته ماکارونی را آسان کرده و در نتیجه، زمان آب را کاهش دهد.

در مطالعه حاضر، با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، افت پخت روند افزایشی معنی‌دار یافت. Kooshki و همکاران (۲۰۲۱) عنوان کردند که پروتئین‌ها مسئول نگهداری دانه‌های نشاسته در حین پخت هستند. بنابراین، با افزایش میزان پروتئین محصول، پروتئین‌ها همانند یک مانع عمل کرده و از خروج دانه‌های نشاسته جلوگیری می‌کنند. در نتیجه، با باقی ماندن نشاسته در مغز ذرات، میزان افت پخت کاهش می‌یابد. در واقع، با افزایش کیفیت و کمیت پروتئین، افت پخت کم‌تر می‌شود. از طرفی، نتایج تحقیق حاضر با نتایج Kim و همکاران (۲۰۱۶) متفاوت بود. در مطالعه آنان، افزودن پودر قارچ منجر به کاهش افت پخت شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت و افزایش سوریمی در فرمول پاستا منجر به افزایش افت پخت شد. همچنین نتایج حاضر با پژوهش Devi و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت و افزایش گوشت چرخ کرده ماهی در فرمول ماکارونی، افت پخت را افزایش داد. در مطالعهGrzybowski و همکاران (۱۹۷۹)، نتایج ناهمسو مشاهده شد و افزایش محتوای پروتئینی ماکارونی منجر به کاهش افت پخت شد. افت پخت یک فراسنجه مهم برای اندازه‌گیری کیفیت محصولات ماکارونی است. افت پخت به مقدار کم به عنوان کیفیت بالای ماکارونی شناخته می‌شود. افزایش افت پخت یک ویژگی نامطلوب بوده و به این معنی است که محتوای نشاسته باقیمانده در آب پخت افزایش یافته و ماکارونی‌ها مقاومت کمی به فرایند پخت دارند. هرچه ماکارونی آب بیش‌تری جذب کند، مواد جامد محلول و غیرمحلول بیش‌تری به آب پخت وارد شده و موجب افزایش افت پخت می‌شود. افت پخت به دلیل ضعیف‌تر و نامنظم‌تر بودن شبکه پروتئینی سوریمی در مقایسه با گلوتن است. در نتیجه، محصول از نظر ساختار داخلی ضعیف‌تر و نرم‌تر شده و مقدار لعاب پخت افزایش یافته است. حلالیت مواد مغذی منجر به تلفات آن‌ها، و جذب آب توسط ماکارونی در حین پخت می‌شود که در نتیجه، کاهش کسر جرمی مواد مغذی را به همراه دارد. در این مطالعه، تمام مقادیر حاصل از اتلاف پخت در حد قابل قبولی بودند، زیرا اتلاف جامد در آب پخت و پز نباید از ۹٪ تجاوز کند. کاهش محتوای نشاسته به‌علت بالا رفتن پروتئین محصول بر کیفیت پخت و بافت تأثیر مثبت گذاشته و منجر به مقبولیت بالای غنی‌سازی می‌شود.

با افزایش مقدار پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، درصد جذب آب افزایش داشته و کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد و بیش‌ترین مقدار در تیمار ۱۵٪ بود. یافته‌ها با نتایج Chin و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت که طی آن، با افزایش پودر سوریمی در نودل زرد مرطوب، در طول فرآیند پخت نشاسته و پروتئین ژلاتینه شده و منجر به افزایش جذب آب در محصول شد و وزن بعد از پخت افزایش یافت. همچنین نتایج Shikha و همکاران (۲۰۲۰) با نتایج حاضر مطابقت داشت و بیش‌ترین مقدار درصد جذب آب در تیمار حـاوی ۳۰٪ سوریمی کپور نقره‌ای به مقدار ۱۳۲٪ و کم-ترین مقدار در تیمار شاهد به مقدار ۱۱۲٪ گزارش شد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) مغایرت داشت زیرا در تحقیق آنها با افزایش مقدار کنسانتره پروتئین ماهی در پاستا، جذب آب کاهش یافت.

با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده به پاستا، شاخص بادکردگی روند افزایشی داشت. یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج Devi و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. در مطالعه آنها، ترکیب گوشت ماهی منجر به افزایش جذب آب ماکارونی شد که ممکن است به علت ساختار قوی نشاسته پروتئین تشکیل‌شده از گوشت چرخ‌شده ماهی باشد. در عوض، نتایج حاضر با نتایج Kalantar Mahdavi و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت داشت. در این تحقیق بیان شد که سوریمی نرخ جذب آب را افزایش داده و منجر به افزایش مقدار ظرفیت نگهداری آب طی مراحل ساختن و پختن ماکارونی می‌شود. نتایج Shoghi و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که با افزایش کنسانتره پروتئین ماهی شاخص بادکردگی محصول کاهش می‌یابد. در مطالعه Desai و همکاران (۲۰۱۸) بر روی استفاده از پودر پروتئین ماهی در ماکارونی، دریافتند که شاخص بادکردگی در پاستا با افزودن پودر پروتئین به فرمول پاستا افزایش می‌یابد.

این تحقیق به افزایش دانش در مورد منابع پروتئین جایگزین و کاربردهای آنها در محصولات غذایی کمک خواهد کرد. استفاده از پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده کپور نقره‌ای در تولید ماکارونی ممکن است یک رویکرد

پایدار برای ترویج مصرف گونه‌های ماهی کم استفاده و در عین حال یک گزینه غذایی خلاقانه و مغذی ارائه دهد. افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده تازه به پاستا تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری پاستا گذاشت و افزایش در محتوای پروتئین پاستا به وجود آورد. در واقع، با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ شده نه تنها پروتئین محصول بهبود یافت، بلکه ارزش غذایی آن که ناشی از اجزای تشکیل دهنده پروتئین است، افزایش پیدا کرد. تغییرات چربی بسیار اندک و کم‌تر از آن بود که بتواند تاثیرگذار باشد. خاکستر نمونه‌ها افزایش داشت که می‌توان عنوان کرد که غنی‌سازی منجر به افزایش مواد معدنی شده است. با افزودن پروتئین میوفیبریلی تغلیظ‌شده به فرمول، کربوهیدرات در تیمارها کاهش یافت که در نتیجه افزایش پروتئین، چربی و خاکستر اتفاق افتاد. همچنین، میزان انرژی در تیمارها روند افزایشی نشان داد. در خصوص شاخص‌های کیفی پخت، با افزایش درصد پروتئین میوفیبریلی تغلیظ‌شده، زمان پخت کاهش یافت. در شاخص‌های افت پخت، درصد جذب آب و شاخص بادکردگی افزایش یافت، اما مقدار این تغییرات در حد استاندارد بودند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند بینش‌های ارزشمندی را برای صنایع غذایی فراهم، و در عین حال به ترجیحات مصرف‌کننده برای تجربه‌های آشپزی نوآورانه توجه، و آن‌ها را به پذیرش مواد مغذی و پایدار تشویق کند.

منابع

Adeleke, R.O., Odedeji, J.O. 2010. Acceptability studies on bread fortified with Tilapia fish flour. Pakistan Journal of Nutrition 96: 531-534.

Adeli, A. 2015. Fish properties and nutritional value for human. New Technologies in Aquaculture Developmental (Journal of Fisheries) 9: 61-68. (In Persian).

Aminpour Daphchahi, E., Zakipour Rahimabadi, E., Rostamzad, H., Nejat Pirsaraii, E. 2021. The effect of enrichment with silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) protein powder on amino acid profile, proximate analysis and sensory characteristic of biscuit. Iranian Food Science and Technology Research Journal 17: 559-568. doi:10.22067/ifstrj.v17i5.87661. (In Persian).

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis (18th ed.). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists International.

Badfar, N., Jafarpour, S.A. 2019. The integrated effects of hydrogen peroxide (H_2O_2), washing cycles and water to mince ratios on the color and surimi quality of the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince. Journal of Fisheries 72: 143-154. (In Persian).

Badfar, N., Jafarpour, S.A., Abdolahi, M. 2020. The effects of washing the minced of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in the presence of hydrogen peroxide on rheological properties of produced surimi. Iranian Food Science and Technology 15: 667-677. (In Persian). doi: 10.22067/ifstrj.v16i1.74928.

Bresciani, A., Pagani, M.A., Marti, A. 2022. Pasta-making process: A narrative review on the relation between process variables and pasta quality. Foods 11: 256. doi: 10.3390/foods11030256.

Cercel, F., Burluc, R.M., Alexe, P. 2016. Nutritional effects of added proteins in wheat flour bread. Agriculture and Agricultural Science Procedia 10: 244-249. doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.060.

Chambó, A.P.S., de Souza, M.L.R., de Oliveira, E.R.N., Mikcha, J.M.G., Marques, D.R., Maistrovicz, F.C., Visentainer, J.V., Goes, E.S.D. 2018. Roll enriched with Nile tilapia meal: sensory, nutritional, technological and microbiological characteristics. Food Science and Technology, Campinas 38: 726-732. doi: 10.1590/1678-457X.15317.

Chin, C.K., Huda, N., Yang, T.A. 2012. Incorporation of surimi powder in wet yellow noodles and its effects on the

physicochemical and sensory properties. International Food Research Journal 19: 701-707.

Desai, A., Brennan, M.A., Brennan, C.S. 2018. The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. LWT-Journal of Food Science and Technology 89: 52-57. doi: 10.1016/j.lwt.2017.10.023.

de Souza, M.L.R., Yoshida, GM., Campelo, D.A.V., Moura, L.B., Xavier, T.O., Goes, E.S.D.R. 2017. Formulation of fish waste for human nutrition. ACTA Scientiarum. Technology 39: 525- 533. doi: 10.4025/actascitechnol.v39i5.29723.

Devi, N.L., Aparna, K., Kommi, K. 2013. Utilization of fish mince in formulation and development of pasta products. International Food Research Journal 20: 219-224.

Ejembi, D., Sanni, M., Emmanuel, F.T., Abbah, O.C. 2014. Evaluation of the biochemical composition and proximate analysis of in domie noodle. International Journal of Medicine Applied Sciences 3: 10-14.

Gangola, M.R., Ramadoss, B.R., Jaiswal, S., Chan. C., Mollard, R., Fadek, H., Tulbek, M., Jones, M., Sanchez-Hernandez, D., Anderson, G.H., Chibbar, R.N. 2021. Faba bean meal, starch or protein fortification of durum wheat pasta differentially influences noodle composition, starch structure and *in vitro* digestibility. Food Chemistry 349: 129167. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129167.

Ghaffari, S., Hosseini, S.V., Farhangi, M., Boreiri, M. 2020. Valuation of chemical and physiochemical properties of toast enriched with silver carp protein concentrate (*Hypophthalmichthys molitrix*). Journal of Aquaculture Sciences 7: 237-252. (In Persian).

Goes, E.S.R., de Souza, M.L.R., Michka, J.M.G., Kimura, K.S., Lara, J.A.F., Delbem, A.C.B., Gasparino, E. 2016. Fresh pasta enrichment with protein concentrate of tilapia: nutritional and sensory characteristics. Food Science and Technology 36: 76-82. doi: 10.1590/1678-457X.0020.

Grzybowski, R.A., Donnelly, B.J. 1979. Cooking properties of spaghetti: Factor affecting cooking quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry 27: 380-384.

Ibrahim, S.M. 2009. Evaluation of production and quality of salt-biscuits supplemented with fish protein concentrate. World Journal of Dairy and Food Sciences 4: 28-30.

Ikasari, D., Hastarini, E., Dwi Suryaningrum, T. 2020. Characteristics of cookies formulated with fish protein concentrate powder produced from snakehead fish (*Channa striata*) extraction by-product. E3S Web of Conferences 147: 03028. doi: 10.1051/e3sconf/202014703028.

Iranian National Standards No. 213. 2021. Pasta-specification and test methods. Iranian National Standards Organization. (In Persian).

Jafarpour, S.A., Shabanpour, B., Shirvani Filabadi, S. 2013. Biochemical properties of fish protein isolate (FPI) from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by application of acid-alkali processes compared to traditional prepared surimi. Ecopersia 1: 315-327. doi: 20.1001.1.23222700.2013.1.3.4.8.

Kalantar Mahdavi, M., Fazlara, A., Yasini Ardakani, S.A. 2017. The effect of surimi on chemical, cooking and sensory characteristics of macaroni. Iranian Journal of Food Science and Technology 13: 160-169. (In Persian).

Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H.P.S., Ranote, P.S. 2013. Enrichment of pasta with different plant proteins. Journal of Food Science and Technology 50: 1000-1005. doi: 10.1007/s13197-011-0404-2.

Kim, S., Lee, J.W., Heo, Y., Moon, B. 2016. Effect of *Pleurotus eryngii* mushroom β-glucan on quality characteristics of common wheat pasta. Journal of Food Science 81: C835- C840. doi: 10.1111/1750-3841.13249.

Kooshki, N., Haddad Khodaparast, M.H., Najafi Mirak, T., Vazifeh Doost, M., Naghi Pour, F. 2021. Effect of Tahini meal isolated protein addition on technological and sensory characteristics of pasta prepared from durum wheat and bread wheat. Journal of Innovation in Food Science and Technology 12: 41-53. doi: 10.30495/JFST.2020.674524. (In Persian).

Lina, R., Yanshun, X., Qixing, J., Wenshui, X., Chunjiang, Q. 2013. Investigation on structural changes of myofibrillar proteins from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during frozen storage. Food Science and Technology Research 19: 1051-1059. doi: 10.3136/fstr.19.1051.

Merrill, A.L., Watt, B.K. 1973. Energy value of foods: basis and derivation. Washington, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook, No 74. U.S. Government Printing Office.

Moeini, S., Rahimzade, E., Khanipour, A.A. 2009. Enrichment of rotchen bread by fish protein concentrate of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). Journal of Marine Science and Technology Research 4: 1-9. (In Persian).

Mohamed, G.F., Sulieman A.M., Soliman N.G., Bassiuny S.S. 2014. Fortification of biscuits with fish protein concentrate. World Journal of Dairy and Food Sciences 9: 242-249. doi: 10.5829/idosi.wjdfs.2014.9.2.1142

Monteiro, M.L.G., Marsico, E.T., Deliza, R., Castro, V.S., Mutz, Y.S., Saares Junior, M.S., Caliari, M., dos Santos, E.A., Conte-Junior, C.A. 2019. Physicochemical and sensory characteristics of pasta enriched with fish (*Oreochromis niloticus*) waste flour. LWT: Journal of Food Science and Technology 111: 751-758. doi: 10.1016/j.lwt.2019.05.075.

Moosavi Nasab, M., Azadian, M., Farahnaky, A., Yousefi, A.R. 2013. Comparing the textural properties of surimi and fish protein isolate gels produced from silver carp. Iran Agricultural Research 32: 1-10. (In Persian).

Najafian, L., Babji, A.S. 2014. Production of bioactive peptides using enzymatic hydrolysis and identification antioxidative peptides from patin (*Pangasius sutchi*) sarcoplasmic protein hydrolysate. Journal of Functional Foods 9: 280-289. doi: 10.1016/j.jff.2014.05.003.

Nilusha, R.A.T., Jayasinghe, J.M.J.K., Perera, O.D.A.N, Perera, P.I.P. 2019. Development of pasta products with nonconventional ingredients and their effect on selected quality characteristics: A brief overview. International Journal of Food Science 1: 6750726. doi: 10.1155/2019/6750726.

Shikha, F.H., Hossain, M.I., Farzana, L. 2020. Development of noodles with low cost Silver carp fish (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince. Bangladesh Journal of Fisheries 32: 107-114. doi: 10.52168/bjf.2020.32.12.

Shoghi, Z., Babakhani, A., Pourfarzad, A. 2019. Effect of protein concentrate from Bream (*Abramis brama*) on chemical and cooking properties of pasta. Journal of Fisheries 72: 156-167. (In Persian). doi: 10.22059/jfisheries.2020.74693.

Taha, F.S., Attia M., Shehata N.A. 1982. Protein enrichment of bread: I. Chemical and sensorics evaluation. Zeitschrift für Ernährungswissenschaft 21: 77-82.