

Proximate composition, amino acid and fatty acid profile of cartilage from giant sturgeon (*Huso huso*)

Mousavi Nadushan, R.^{1*}, Ebrahimi, L.¹

1- Department of fisheries science, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Department of Food Science and Technology, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 21 September 2024

Accepted: 31 December 2024

Abstract

Introduction: The cartilage of the giant sturgeon (*Huso huso*) constitutes a significant portion of the by-products generated during caviar and fillet processing. Exploring the nutritional potential of this cartilage may offer a sustainable approach to valorize fish processing waste and develop innovative food ingredients.

Methods: This study examined the approximate composition, amino acid profile, and fatty acid composition of beluga sturgeon cartilage. Standard biochemical analyses were employed to determine moisture, ash, and crude protein contents. Amino acid profiling was conducted to quantify essential amino acids, and fatty acid analysis identified predominant saturated and unsaturated fats.

Results: The results revealed that beluga cartilage contains approximately 57.63% crude protein, 11.49% moisture, and 11.05% ash, indicating a high protein content. All essential amino acids were present in significant amounts, with glutamic acid (11.49%), glycine (8.62%), and proline (8.71%) being the most abundant. The Protein Efficiency Ratio exceeded 2, suggesting good nutritional quality. The fatty acid profile showed palmitic acid (27.27%) as the dominant saturated fatty acid, while oleic acid (45.45%) was the main unsaturated fatty acid. Additionally, the low atherogenicity and thrombogenicity indices indicate a reduced cardiovascular risk associated with its consumption.

Discussion: The high protein and essential amino acid content underscores the nutritional value of sturgeon cartilage. The presence of beneficial unsaturated fats further enhances its potential as a functional

food ingredient. Its low atherogenic and thrombogenic indices suggest health benefits, making it suitable for developing dietary supplements or food products aimed at promoting cardiovascular health.

Conclusion: Sturgeon cartilage is a nutritionally rich by-product that can be processed into cartilage powder and incorporated into food products as a source of essential amino acids and valuable fatty acids. This valorization offers a sustainable solution for managing processing waste and creating new functional food ingredients.

Key Words: Cartilage, *Huso huso*, Protein Efficiency Ratio, Atherogenicity index, Thrombogenicity index

* Corresponding Author: r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

"مقاله پژوهشی"

ترکیب شیمیایی، پروفایل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در غضروف فیل ماهی (*Huso huso*)

رضوان موسوی ندوشن^{۱*}، لیلا ابراهیمی^۲

۱- گروه شیلات، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۳۱

چکیده

غضروف فیل ماهی (*Huso huso*) بخش قابل توجهی از محصولات جانبی این ماهی در فرآوری خاویار و فیله را تشکیل می‌دهد و بنابراین، استفاده بهینه از غضروف می‌تواند راهکاری جدید برای بهره‌برداری بهتر از ضایعات این ماهی ارزشمند باشد. در این مطالعه، ترکیبات تقریبی، ترکیب اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب غضروف فیل ماهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که غضروف فیل ماهی شامل 0.13 ± 57.63 درصد پروتئین خام، 0.2 ± 11.49 درصد رطوبت و 0.03 ± 11.05 درصد خاکستر است که نشان‌دهنده میزان بالای پروتئین در این ماده می‌باشد. ارزیابی اسیدهای آمینه نیز نشان داد که در غضروف فیل ماهی، مقادیر قابل توجهی از تمام اسیدهای آمینه ضروری وجود دارد. ترکیب اسیدهای آمینه غضروف، نسبت بیشتری از اسید گلوتامیک (1.1 ± 11.49)، گلیسین (0.1 ± 8.62) و پرولین (8.71 ± 0.09) را داشت. همچنین، نرخ کارایی پروتئین، که به عنوان شاخصی برای سنجش کیفیت ماده غذایی به کار می‌رود، بالاتر از ۲ محاسبه شد. در ترکیب اسیدهای چرب، اسید پالمیتیک (0.09 ± 27.27 ٪) به عنوان بیشترین اسید چرب اشباع و اسید اولئیک (45.45 ± 0.13 ٪) به عنوان بیشترین اسید چرب غیراشباع تعیین گردید. پایین بودن شاخص‌های آتروژنیستی و ترومبوژنیستی نشان‌دهنده کاهش پتانسیل ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی در صورت استفاده از این غضروف در فرآورده‌های غذایی است. در نتیجه، غضروف ماهی خاویاری می‌تواند به صورت پودر تولید شده و به عنوان یک مکمل یا منبع غذایی فراسودمند برای تأمین اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب ارزشمند مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: غضروف، فیل ماهی، نرخ کارایی پروتئین، شاخص آتروژنیستی، شاخص ترومبوژنیستی

* عهده‌دار مکاتبات: r_mousavi.nadushan@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

آبزیان منبع غنی از مواد غذایی برای مصارف انسانی هستند. مؤثرترین مزایای غذاهای دریایی که آن را از سایر منابع متمایز می‌کند، پروتئین و چربی آن می‌باشد. ترکیب اسیدهای آمینه بیشترین اهمیت را در تعیین کیفیت پروتئین دارد و شاخص شیمیایی در جهان برای ارزیابی کیفیت پروتئین به کار می‌رود (Sayyari *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2022a). ارزش تغذیه‌ای پروتئین در مواد غذایی به قابلیت هضم و توانایی فراهم کردن اسیدهای آمینه ضروری (EAA) مرتبط می‌باشد. ترکیب اسیدهای چرب ماده غذایی نیز در بروز یا جلوگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی ناشی از تصلب شرایین (آترواسکلروز) و ترومبوز مؤثر بوده و سبب کاهش میزان کلسترول سرم و غلظت LDL (کلسترول لیوپروتئین با دانسیته کم) می‌شود. در واقع نوع، ترکیب و میزان اشباعیت اسیدهای چرب در رژیم غذایی میزان بروز بیماری‌های قلبی-عروقی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Idris and Sundram, 2002). شاخص‌های آتروژنز و ترومبوژنز بر سلامت انسان به ویژه از طریق برآورد احتمال تشکیل آتروم و ترومبوز حائز اهمیت هستند. پایین بودن این شاخص‌ها می‌تواند پتانسیل ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی را کاهش دهد (Garaffo *et al.*, 2011). از سوی دیگر افزایش سطح کلسترول خون به عنوان عامل خطر در بیماری عروق کرونر به شمار می‌آید و یکی از عمده‌ترین علل آترواسکلروز بوده، همواره تلاش جهانی را برای یافتن راهی برای کاهش سطح کلسترول به دنبال داشته است (Johansson *et al.*, 1991). ارزش تغذیه‌ای بالای ماهی عمدتاً به پروتئین‌هایی مرتبط است که به آسانی هضم شده و بهترین منبع EAA و PUFA هستند

(Awuchi *et al.*, 2022). گزارش‌های متعدد نشان داده‌اند که اسیدهای چرب در گروه ترکیبات بیواکتیو مهم قرار دارند و اسیدهای چرب خاص آثار مفیدی بر سلامت انسان دارند و می‌توانند به پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های مزمن در انسان کمک کنند. شواهد قابل توجهی جمع‌آوری شده است که اسیدهای چرب امگا ۳ با زنجیره‌های بسیار بلند شامل [اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA)] دارای خواص مفید قلبی-عروقی و ضدالتهابی هستند. همچنین مشخص گردیده است که میزان مصرف آن‌ها در اکثر رژیم‌های غربی ناکافی است (Van Name *et al.*, 2020). از سوی دیگر، تعداد زیادی از مطالعات نشان داده‌اند که ماهیان خاویاری غنی از دو اسید چرب بیواکتیو EPA و DHA هستند. علاوه بر این دو اسید چرب امگا ۳، مقادیر قابل توجهی از اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک در محصولات جانبی مختلف ماهیان خاویاری یافت شده است. به عنوان مثال، در پوست ماهی خاویاری هیبرید (*A. baerii* × *A. schrenckii*)، اسید لینولئیک، DHA و اسید لینولئیک به عنوان فراوان‌ترین اسیدهای چرب بلند زنجیره شناسایی شدند (Xie *et al.*, 2022). لذا غضروف ماهیان خاویاری به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات زیست فعال ارزشمند دارای پتانسیل مصرف در غذاهای عملگرا^۲ می‌باشد (Gui *et al.*, 2015). همچنین در حال حاضر از غضروف کوسه ماهیان در صنعت تولید پودر غضروف، استخراج ژلاتین و انواع گلیکوزآمینوگلیکان‌ها استفاده می‌شود (Li *et al.*, 2022).

^۲Functional food

تولید و فراوری آبزیان دریایی و پرورشی باعث تولید میزان زیادی فرآورده های جانبی و ضایعات می شود. این محصولات جانبی می توانند به عنوان یک منبع غنی و متنوع از مولکول های زیست فعال که اثرات مفیدی در زمینه سلامتی دارند، مورد استفاده قرار گیرند. لذا به عنوان منابع پایدار برای مجموعه ای از محصولات و بازارها مانند بخش های داروسازی، تولید غذاداروها، مکمل ها و غنی سازی مواد غذایی، آرایشی و پزشکی در نظر گرفته می شوند (Mousavi Nadushan and Hosseinzade, 2020; Mousavi-Nadushan *et al.*, 2024). بنابراین استفاده بهینه از ضایعات تولید شده در صنعت شیلات امری لازم و ضروری به نظر می رسد (Kenari *et al.*, 2009; Abbasi *et al.*, 2021). غضروف به عنوان یکی از محصولات جانبی (زیرفرآورده) در صنایع گوشت و تولید فیله بشمار میرود و ترکیبات زیست فعال موجود در غضروف بسیار پیچیده هستند (Zhang *et al.*, 2013). میزان غضروف در ماهیان خاویاری نسبتاً بالا است. غضروف های موجود در سر، نوتوکورد و باله ها حدود ۱۰ درصد از وزن بدن این ماهیان را تشکیل می دهند. تحقیقات نشان داده است که غضروف منبع خوبی از گلیکوزآمینوگلیکان ها^۳، به ویژه کندروئیتین سولفات است که به دلیل دارا بودن خواص بیولوژیک متعدد حائز اهمیت است (Li *et al.*, 2022). مطالعات دیگری بر روی استخراج کلاژن از غضروف در گونه های مختلف ماهیان خاویاری متمرکز شده اند. این تحقیقات بر بهینه سازی پارامترهای فرآیند استخراج، شناسایی کلاژن استخراج شده با ارزیابی ویژگی های تشکیل فیبر و ارزیابی پپتیدهای عملکردی حاصل از

^۳Glycosaminoglycans

کلاژن تمرکز داشتند (Ovissipour *et al.*, 2009). در ماهی های خاویاری، گلیکوز آمینو گلیکان های ضدالتهابی و آنتی اکسیدان موجود در استخوان ها و غضروف ها در سال های اخیر مورد مطالعه قرار گرفته اند زیرا می توانند به عنوان ترکیبات زیست فعال مؤثر، در کنار سایر عوامل ایمنی، موجب تقویت پاسخ های تطبیقی گردیده به تسریع روند بهبودی زخم کمک کنند (Karimzadeh, 2018). تحقیقات نشان داده است که گلیکوز آمینو گلیکان های ماهی خاویاری سبیری، آنزیم مبدل آنژیوتنسن (AGE) را مهار کرده و اثرات ضدانعقادی دارند. همچنین کندروئین سولفات جدا شده از غضروف این ماهی اثر آنتی اکسیدانی دارد که با افزایش غلظت کندروئین سولفات افزایش می یابد. علاوه بر این ثابت شده است که کندروئین سولفات عملکرد ایمنی و فعالیت های ضدالتهابی و ضد آلرژیک موش ها را به طور قابل توجهی افزایش می دهد (Chen *et al.*, 2022b).

فیل ماهی (*Huso Huso*) از بزرگترین ماهیان دریای خزر است، این ماهی از گونه های مهم آبزیان در روسیه، اروپای شرقی، ژاپن و ایران به دلیل کاهش منابع طبیعی خاویار و گوشت ماهیان خاویاری محسوب می شود. این گونه ها به دلیل سرعت رشد، سهولت در تولید مثل، ضریب تبدیل غذایی بالاتر در مقایسه با سایر ماهیان خاویاری و تحمل شرایط پرورش متغیر، برای پرورش بسیار مناسب است (Mohseni *et al.*, 2006). در ایران اولین تجربه پرورش فیل ماهی و سایر ماهیان خاویاری در سواحل دریای خزر در سال ۱۹۲۲، با تولید لاروها آغاز شد و در سال ۱۹۲۸ حدود دو میلیون بچه ماهی تولید شد (Abdolhay and Tahori, 2006). در حال حاضر در مجموعه هایی شیلاتی در شمال کشور

فاکتور پروتئینی ۶/۲۵ بدست آمد (AOAC, 1990). رطوبت به وسیله خشک کردن نمونه در آون (مدل Electrolux، ساخت سوئد) با دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه گیری شد. خاکستر کل با سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی (مدل Qallenkamp، ساخت انگلیس) در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد و به مدت ۸ ساعت ارزیابی گردید.

تعیین ترکیب اسیدهای آمینه

از روش هیدرولیز اسیدی با تغییرات جزئی برای تعیین پروفیل اسیدهای آمینه (AA) نمونه پودر غضروف همگن شده استفاده شد. پس از چربی زدایی نمونه ها با کلروفرم و متانول، هیدرولیز نمونه ها توسط اسید هیدروکلریک ۶ مولار به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد انجام شد. نمونه ها پس از مشتق سازی بوسیله فنیل ایزوتیوسیانات (PITC) و با استفاده از دستگاه HPLC فاز معکوس استخراج گردیدند (Mousavi Nadushan and Hellat, 2019). در این آنالیز از سیستم (Milford, MA, USA, Water 1525 Waters 2487 Dual λ ، binary HPCL pump، absorbance detector، Rheodyne injector) استفاده شد. نتایج با استفاده از نرم افزار Breeze (Version 3.200, Waters, Milford, MA, USA) و مقایسه با نتایج حاصل از نمونه استاندارد اسید آمینه (Pierce Chemical Co., Rockford, IL, USA) به دست آمد. با توجه به تخریب ساختار تریپتوفان موجود در نمونه طی فرآیند هیدرولیز اسیدی، میزان آن آنالیز نگردید. پیش بینی نرخ کارایی پروتئین (PER)^۴ طبق معادله Alsmeyer و همکاران (۱۹۷۴) محاسبه گردید:

$$\text{Protein Efficiency Ratio}^{\text{۴}}$$

ماهیان خاویاری از جمله فیل ماهی با هدف تولید خاویار و تولید گوشت پرورش داده می شوند. لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی ترکیب شیمیایی و ترکیب تغذیه ای غضروف فیل ماهی شامل تعیین پروفایل اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و تعیین شاخص های وابسته به آن ها قرار گرفت.

مواد و روش ها

فیل ماهی از مجتمع کشاورزی و پرورش آبزیان جواد الائمه (استان قم، شهر قم، جاده قمرود) خریداری گردید.

آماده سازی غضروف فیل ماهی

جهت جداسازی غضروف فیل ماهی پس از ذبح، امعاء و احشا و سایر بافت های پیوندی و عضلانی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد، حدود ۱۵ دقیقه حرارت داده شدند. سپس غضروف های جداسازی شده، به قطعات کوچک برش و سپس با آب شستشو داده شد. قطعات غضروف به دست آمده در دمای اتاق خشک شد و پس از آسیاب و نرم شدن، جهت استحصال ذرات یکدست، از الک با مش ۳۰۰ میکرون عبور داده شد (Zhao et al., 2013). پودر غضروف نهایی در دمای ۲۰ °C - تا زمان استفاده نگهداری گردید.

آنالیز تقریبی غضروف فیل ماهی

آنالیز تقریبی پودر غضروف ماهی خاویاری مطابق روش های AOAC (۱۹۹۰) انجام شد. مقادیر پروتئین، رطوبت و خاکستر به ترتیب از طریق روش های استاندارد شماره های ۹۵۴/۰۱، ۹۳۴/۰۱ و ۹۲۰/۱۵۳ ارزیابی گردید.

میزان پروتئین خام با استفاده از روش کلدال (مدل Gerharddt، ساخت آلمان) و ضرب محتوی ازت در

معادله ۱: (تیروزین) -0.104 - (لوسین) $-0.468 + 0.454$ = نرخ کارایی پروتئین

معادله ۲: -0.1094 - (A) 0.08084 = نرخ کارایی پروتئین

معادله ۳: -0.1539 - (B) 0.06320 = نرخ کارایی پروتئین

معادله ۴: (تیروزین) -0.0944 - (هیستیدین) 0.211 + (لوسین) 0.780 + (متیونین) $0.435 + 1.816$ = نرخ کارایی پروتئین

A: مجموع اسیدهای آمینه ترئونین، والین، متیونین، ایزولوسین، لوسین، فنیل آلانین و لیزین.

B: مجموع اسیدهای آمینه A به همراه هیستیدین، آرژنین و تیروزین.

امتیاز شیمیایی پودر غضروف فیل ماهی با توجه به نسبت پروفیل اسید آمینه ضروری مربوط به پروتئین استاندارد که به وسیله FAO/WHO تنظیم و توصیف شده است (Consultation *et al.*, 1991; Young and Pellett, 1991) طبق معادله زیر محاسبه گردید:

$$\frac{\text{میزان اسید آمینه ضروری (g/100g)}}{\text{میزان اسید آمینه مرجع (g/100g)}} = \text{امتیاز شیمیایی استاندارد}$$

تعیین ترکیب اسیدهای چرب

برای آنالیز اسید چرب، استخراج چربی کل نمونه‌ها طبق روش اصلاح شده Folch (۱۹۵۷) با استفاده از سیستم حلال کلروفرم: متانول (۱:۲، v/v) که حاوی ۰/۰۱٪ هیدروکسی تولوئن بوتیل به عنوان آنتی اکسیدان بود، انجام شد. به منظور استری کردن چربی، از BF_3 (تری فلوراید بور) استفاده شد. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه، متیل استرهای اسیدهای چرب (FAME) تولید شده به دستگاه کروماتوگرافی گازی GC-PU4400 (Phillips Scientific, Cambridge, UK) مجهز به ستون قطبی موئینه از جنس سیلیکای ذوب شده از نوع BPX70 (SGM, 30 m×0.25 mm ID, 0.22 μm) و آشکارساز شعله یونشی FID (Flame Ionization Detector) (Victoria, Australia) قرار گرفت.

تزریق گردید. برنامه دمایی ستون دستگاه ابتدا ۱۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه و سپس ۱۸۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۲۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه به مدت ۹ دقیقه و در نهایت دمای ۲۰۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۲۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه به مدت ۲۵ دقیقه بود. دمای محلول تزریق و آشکارساز ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید. به عنوان استاندارد از متیل استرهای اسیدهای چرب تهیه شده از شرکت آلد ریچ (Catalog No: 29,902-2, Lot No: 12502BU) در شرایط مشابه استفاده شد و از زمان های بازداری^۵ برای شناسایی اسیدهای چرب در نمونه‌های چربی استفاده گردید. شناسایی اسیدهای چرب با مقایسه و اندازه گیری زمان های بازداری مشابه با پیک های استاندارد های FAME انجام شد. بدین ترتیب نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در نمونه های مورد آزمایش مشخص شد. موقعیت و سطح زیر پیک با استفاده از نرم افزار ClarityTM (Prague, Czech Republic) DataApex مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس شاخص های کیفی چربی شامل شاخص آتروژن^۶ AI و شاخص ترومبوژن^۷ TI

Retention time^۴
Atherogenic Index^۵
Thrombogenic Index^۷

Ulbricht and Southgate, 1991; Piccolo *et al.*,)
:2008

براساس درصدهای اسید چرب اشباع، اسید چرب
غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) و اسید چرب
غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) محاسبه گردید

$$AI = [C12:0 + 4C(14:0) + C16:0] / [MUFA + n-3 PUFA + n-6 PUFA]$$

$$TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / (0.5 C18:1 + 0.5 MUFA + 0.5(n-6 PUFA) + 3(n-3 PUFA) + (n-3 PUFA / n-6 PUFA))$$

چرب هایپرکلسترولمی از مجموع اسیدهای چرب ۱۲،
۱۴ و ۱۶ استفاده شد (Orellana *et al.*, 2009).

برای محاسبه اسیدهای چرب هیپوکلسترولمی از
فرمول $C18:1 + C18:2 + C18:3 + C20:5$ و اسیدهای

میزان پروتئین، رطوبت و خاکستر پودر غضروف
فیل ماهی در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتایج نتایج آنالیز تقریبی غضروف فیل ماهی

جدول ۱: نتایج آنالیز تقریبی ترکیبات پودر غضروف ماهی خاویاری

Table 1: Approximate Results of Fish Cartilage Powder Composition Analysis

Component	Protein (%)	Moisture (%)	Ash (%)
Content	13.0 ± 0.63	2.0 ± 0.49	0.3 ± 0.05

نتایج بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شده است.

آنالیز ترکیب اسیدهای آمینه

در این تحقیق ۱۷ اسید آمینه در غضروف فیل ماهی
شناسایی گردید. نتایج آنالیز اسیدهای آمینه در جدول ۲
نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که اسیدهای
آمینه مهم و اصلی غضروف فیل ماهی اسیدهای آمینه
های اسیدگلوتامیک، پرولین، لوسین، گلیسین و
پرولین بوده، بطوریکه این اسیدهای آمینه بیشترین
مقدار را در ترکیب اسیدهای آمینه نشان دادند. بالعکس
هیستیدین، سیستئین و متیونین کمترین مقدار را به خود
اختصاص دادند. میزان گلیسین در پودر غضروف فیل
ماهی بالا بود، که بالا بودن آن به این دلیل است که
قسمت عمده ای از پروتئین غضروف را کلاژن تشکیل
می دهد و گلیسین یکی از سه اسید آمینه ساختاری
مهم در ترکیب کلاژن است. مقدار اسیدهای آمینه

سولفوردار (سیستئین و متیونین) ۱/۳۳ mg/100 gr
محاسبه گردید. اسیدهای آمینه شیرین (گلیسین و
آلانین) در مقایسه با کل اسیدهای آمینه حدود ۱۴/۸۷٪
بود. اسیدهای آمینه اسیدی (اسید گلوتامیک و اسید
آسپارتیک) با مقدار ۱۴/۶۹ mg/100 gr pro میلی گرم
در صد گرم، بیشتر از اسیدهای آمینه بازی (لیزین،
آرژنین و هیستیدین) با مقدار ۱۲/۶۲ میلی گرم در ۱۰۰
گرم پروتئین بودند. مقدار اسیدهای آمینه آروماتیک
(فیل آلانین و تیروزین) ۷/۰۲ بود که البته تریپتوفان
محاسبه نگردید. همانطور که نشان داده شده است،
اسیدهای آمینه ضروری برای مصرف انسانی (ΣEAA)
۳۵/۳۶ بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲: پروفایل اسیدهای آمینه پودر غضروف ماهی خاویاری.

Table 2: Amino Acid Profile of Fish Cartilage Powder.

Amino Acid	Content (g/100g protein)
Essential Amino Acids	
Threonine (Thr)	0.07 ± 0.01
Valine (Val)	0.40 ± 0.09
Methionine (Met)	0.07 ± 0.81
Isoleucine (Ileu)	0.40 ± 0.71
Leucine (Leu)	0.60 ± 0.69
Phenylalanine (Phe)	0.09 ± 0.71
Lysine (Lys)	0.52 ± 0.82
Cysteine (Cys)	0.07 ± 0.52
Tryptophan (Trp)	- (not available)
Non-Essential Amino Acids	
Aspartic Acid (Asp)	0.16 ± 0.23
Glutamic Acid (Glu)	1.1 ± 0.49
Serine (Ser)	0.07 ± 0.83
Glycine (Gly)	0.1 ± 0.62
Histidine (His)	0.05 ± 0.68
Arginine (Arg)	0.12 ± 0.12
Proline (Pro)	0.09 ± 0.71
Alanine (Ala)	0.08 ± 0.25
Tyrosine (Tyr)	0.04 ± 0.31
Totals and Ratios	
Total Essential Amino Acids	36.35
Total Non-Essential Amino Acids	57.21
Total Aliphatic Amino Acids	12.62
Total Acidic Amino Acids	14.69
Sulfur-containing Amino Acids	1.33
Aromatic Amino Acids	0.27
Leucine to Isoleucine Ratio	1.84
Total Amino Acids	92.57

نتایج بر اساس میانگین ± انحراف استاندارد گزارش شده است.

The results are reported as mean ± standard deviation.

آمینو پیشنهادی و مورد نیاز برای انسان توصیه شده براساس دو ماده غذایی منتخب توسط FAO/WHO و محاسبه امتیاز شیمیایی هریک، در جدول ۳ ارائه شده است.

همچنین نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری حدود ۰/۶۲ و در حدود مقادیر مرجع توصیه شده توسط FAO/WHO (۱۹۹۱) یعنی ۰/۶، محاسبه گردید. مقایسه ترکیب اسیدهای آمینه ضروری پودر غضروف فیل ماهی به همراه مجموعه اسیدهای

جدول ۳: مقایسه ترکیب اسیدهای آمینه ضروری غضروف فیل ماهی با الگوی FAO/WHO و دو ماده غذایی با کیفیت بالا

Table 3: Comparison of the amino acid composition of fish cartilage (*Huso huso*) with the FAO/WHO pattern and two high-quality food sources

Animal products		Essential Amino Acids	Amino acid Content (mg/ gr)	Reference protein ^a (mg/ gr)	chemical score ^b	Requirements for Preschool Children and Adults ^c
Egg	Cow Milk					
Histidine	16.8	20	0.84	19(16)	22	27
Isoleucine	47.1	40	1.17	28(13)	54	47
Lucine	86.9	70	1.25	66(19)	86	95
Lysine	38.2	55	0.7	58(16)	70	78
Methionine+ Cysteine	13.3	35	0.38	25(17)	57	33
Phenylalanine+	70.2	60	1.17	63(19)	93	102
Tyrosine						
Threonine	50.1	40	1.25	34(9)	47	44
Valine	70.9	50	1.42	35(13)	66	64
Total	393.5	370	8.18	328(122)	495	490

^a اسیدهای آمینه ضروری پروتئین مرجع مطابق با FAO/WHO (1991)

^b امتیاز شیمیایی محاسبه شده به وسیله پروتئین مرجع FAO/WHO (1991)

^c داده های مربوط به بزرگسالان داخل پراکنش نشان داده شده است. کودکان پیش دبستانی ۵-۲ ساله بودند (FAO/WHO, 1991)

^a Essential amino acid profiles of the reference protein according to FAO/WHO (1991)

^b Chemical score calculated using the reference protein according to FAO/WHO (1991)

^c Chemical score calculated using the reference protein according to FAO/WHO (1991)

حاکمی از ماده غذایی با کیفیت بالا می باشد. میزان کارایی پروتئین مرجع استاندارد ماهی حدود ۲/۷ است و در مطالعه حاضر میزان کارایی پروتئین محاسبه شده براساس شاخص های مختلف بالاتر از ۲ بدست آمد (جدول ۴).

در این تحقیق سنجش میزان کارایی پروتئین به عنوان یکی از روش های ارزیابی تغذیه ای نشان داد که پروتئین پودر غضروف فیل ماهی از کیفیت بالایی برخوردار است. به طور کلی، میزان کارایی پروتئین کمتر از ۱/۵ بیانگر کیفیت پایین ماده غذایی است، بین ۱/۲-۵ کیفیت متوسط و میزان کارایی پروتئین بالای ۲

جدول ۴: میزان کارایی پروتئین محاسبه شده غضروف ماهی خاویاری به روش های مختلف ($\text{mg amino acid gr}^{-1}$)

Table 4: Protein efficiency of fish cartilage (shark cartilage) calculated by different methods ($\text{mg amino acid gr}^{-1}$)

Equation	Description	Cartilage (Huso huso)
1	(Tyrosine) 0.104 - (Leucine) 0.454 + 0.468	3.237
2	0.08084 ^a (A) - 0.1094	2.707
3	0.6320 ^b (B) - 0.153	2.750
4	(Tyrosine) 0.944 - (Histidine) 0.211 + (Leucine) 0.780 + (Methionine) 0.435 + 1.816	9.070

^a A: مجموع اسیدهای آمینه ترئونین، والین، متیونین، ایزولوسین، لوسین، فنیل آلانین و لیزین. B: مجموع اسیدهای آمینه A به همراه هیستیدین، آرژنین و تیروزین.

^aA: Sum of the amino acids threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, and lysine.

^bB: Sum of amino acids A along with histidine, arginine, and tyrosine.

آنالیز ترکیب اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب (بر حسب درصد) در غضروف فیل ماهی در جدول ۵ نمایش داده شده است. مطابق پروفیل اسیدهای چرب، فراوانترین اسید چرب اشباع را اسید پالمیتیک ۱۶:۰ (۲۷/۲۶۹٪) و اسید چرب غیراشباع را اسید اولئیک ۱۸:۱ (۴۵/۴۵۰٪) به خود اختصاص داده است. اسیدهای چرب کوتاه زنجیر ۱۵:۰ و ۱۷:۰ کمترین مقدار یعنی زیر ۱ را نشان دادند. شاخص ها و پارامترهای مهم در ارتباط با اسیدهای

چرب شامل اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۹، نسبت امگا ۳ به امگا ۹، نسبت مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه به اسیدهای چرب اشباع، نسبت اسیدهای چرب اشباع به کل اسیدهای چرب غیراشباع، شاخص آتروژنز (AI) و ترومبوژنز (TI) و اسیدهای چرب هیپوکلسترولمی (h) و هایپرکلسترولمی (H) و نسبت این دو (h/H) در جدول ۵ محاسبه و ارائه شده است.

جدول ۵: ترکیب اسیدهای چرب غضروف ماهی خاویاری (%).

Table 5- Composition of fatty acids in shark cartilage (%). The results are reported as mean $\pm$ standard deviation

Fatty Acid	<i>Huso huso</i> cartilage powder (mg/g)
C14:0 Myristic acid	2.467 $\pm$ 0.03
C15:0 Pentadecanoic acid	0.947 $\pm$ 0.98
C16:0 Palmitic acid	27.269 $\pm$ 0.09
C17:0 Heptadecanoic acid	0.776 $\pm$ 0.03
C18:0 Stearic acid	0.520 $\pm$ 0.07
C16:1 (n-9) Palmitoleic acid	3.817 $\pm$ 0.2
C18:1 (n-9) Oleic acid	45.0 $\pm$ 0.13
C18:2 (n-6) Linoleic acid	3.463 $\pm$ 0.03
C18:3 (n-3) Linolenic acid	4.390 $\pm$ 0.07
C20:1 (n-9) Eicosenoic acid (Gadoleic acid)	0.346 $\pm$ 0.12
C20:2 (n-6) Eicosadienoic acid	1.358 $\pm$ 0.28
C20:3 (n-3) Eoxatrienoic acid	0.190 $\pm$ 0.23
C20:4 (n-6) Arachidonic acid	2.603 $\pm$ 0.36
C20:5 (n-3) EPA Eicosapentaenoic acid	4.266 $\pm$ 0.73
C22:6 (n-3) Docosahexaenoic acid	8.614 $\pm$ 0.09

نتایج بر اساس میانگین $\pm$ انحراف استاندارد گزارش شده است.

خون) به هیپوکلسترولمی (h) (مجموع اسیدهای چرب با ویژگی کاهندگی کلسترول خون) در ارزیابی کیفیت روغن و چربی کاربرد دارد (جدول ۶).

از شاخص‌های مهم دیگر، مجموع اسیدهای چرب با نقش هیپوکلسترولمی (h) و هایپرکلسترولمی (H) می‌باشد. نسبت اسیدهای چرب هایپرکلسترولمی (H) (مجموع اسیدهای چرب با ویژگی افزایشدهنده کلسترول

جدول ۶: شاخص‌های مهم در ارتباط با اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع

Table 6: Important indices related to saturated and unsaturated fatty acids

Index	<i>Huso huso</i> cartilage powder (mg/g)
ΣSFA (Total Saturated Fatty Acids)	36.479
ΣMUFA (Total Mono-Unsaturated Fatty Acids)	49.267
ΣPUFA (Total Poly-Unsaturated Fatty Acids)	23.884
ΣPUFA-n3	20.46
ΣPUFA-n6	7.424
ΣMUFA + ΣPUFA (Total Unsaturated Fatty Acids, TUFA)	73.15
n-3 / n-6	2.2
ΣPUFA / ΣSFA	0.65
SFA / TUFA	0.5
Atherogenic Index (AI)	0.19
Thrombogenic Index (TI)	0.34
Hypercholesterolemia (H)	29.736
Hypocholesterolemia (h)	57.0
h / H	1.855

بحث

نتایج بیانگر این بود که غضروف فیل ماهی دارای پروتئین و خاکستر بالایی می باشد. Liang و همکاران (۲۰۱۴) مقدار پروتئین و خاکستر غضروف تاس ماهی آمور (*Acipenser schrenckii*) را به ترتیب ۶۱/۸۵ و ۸/۴۳ گزارش کردند، که با توجه به نتایج مطالعه حاضر میزان پروتئین ماهی خاویاری آمور بسیار نزدیک به میزان پروتئین غضروف فیل ماهی (۵۷/۶۳٪) است. ولی میزان خاکستر غضروف فیل ماهی (۱۱/۰۵٪) بالاتر از تاس ماهی آمور بود (Liang et al., 2014). Zhao و

همکاران (۲۰۱۳) پروتئین، خاکستر و رطوبت غضروف تاس ماهی چینی (*Acipenser sinensis*) را به ترتیب ۵۲، ۵/۶۸ و ۱۱/۹٪ گزارش کردند و مشاهده گردید که میزان پروتئین و خاکستر غضروف فیل ماهی (مطالعه حاضر) بالاتر از ماهی خاویاری چینی بود. ولی درصد رطوبت غضروف فیل ماهی مشابه رطوبت غضروف ماهی خاویاری چینی مشخص گردید.

تحلیل اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری در گوشت خام فیل ماهی نشان داد که اسیدهای آمینه غالب اسید گلوتامیک (۱۸.۱ درصد)، اسید اسپارتیک

که اسیدهای آمینه اصلی در گوشت خام تاس ماهی پرورشی (*Acipenser spp*) شامل اسید گلوتامیک، اسید اسپارتیک، لیزین و لوسین بودند.

مقایسه اکثر آمینواسیدهای ضروری در غضروف فیل ماهی با الگوی انواع اسید آمینه در پروتئین‌های مرجع توصیه شده توسط FAO/WHO (۱۹۹۱) مقادیر بالاتری را نشان داد. همچنین نسبت اسیدهای آمینه ضروری به غیر ضروری در صد گرم غضروف، ۰/۶۲ میلی گرم محاسبه شد که این نسبت در گوشت فیل ماهی ۰/۷۸ میلی گرم گزارش شده است. به طور کلی مواد غذایی دارای پروتئین بالا، اسیدهای آمینه ضروری بیشتری دارند. همچنین پروتئینی که امتیاز شیمیایی بالایی دارد، ارزش بیولوژیک بالایی داشته و بیشتر در بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. امتیاز شیمیایی مورد ارزیابی در این تحقیق در مورد پودر غضروف فیل ماهی بالاتر از ۱ بود که واجد شرایط مناسب برای انسان‌های بالغ است. البته میزان کل اسیدهای آمینه ضروری (۳۹۳/۵ mg/gr pro) از مقدار توصیه شده در پروتئین مرجع (۳۷۰ mg/gr pro) بیشتر بود و اسیدهای آمینه ضروری که برای رشد و نمو انسان‌های بالغ و کودکان مورد نیاز است، به میزان کافی وجود داشت.

تحقیقات نشان داده‌است فرآورده‌ها و محصولات حاصل از ماهیان خاویاری غنی از اسیدهای آمینه ضروری هستند. در سال‌های اخیر، تعداد روزافزونی از افراد به مطالعه اجزای تغذیه‌ای پروتئین ماهیان خاویاری پرداخته‌اند. Lujiao و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که میانگین محتوای پروتئین تخم خام تاس ماهی روسی و تاس ماهی سیبری حدود ۲۰/۳۸ تا ۲۰/۷۷ درصد است و خاویار هر دو گونه دارای ۱۷ اسید آمینه مختلف هستند (Lujiao et al., 2012). در تحقیقی دیگر Xie

(۱۶/۱ درصد)، لوسین (۹/۶ درصد) و لیزین (۸/۵ درصد) بودند (Kaya et al., 2008). همچنین میان ترکیب اسیدهای آمینه موجود در گوشت تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) تشابه قابل توجهی با فیل ماهی مشاهده شد. مشخص گردید محتوای کل اسیدهای آمینه غیر ضروری (NEAA) (۵۷/۸۵ درصد) و بیشتر از محتوای اسیدهای آمینه ضروری (EAA) (۴۲/۹۷ درصد) می‌باشد. در بین آن‌ها، اسید گلوتامیک بالاترین میزان را (۱۸/۴ ± ۰/۶ درصد) داشت و به دنبال آن اسید اسپارتیک (۹/۹۴ ± ۰/۰۱ درصد)، لیزین (۰/۲۵ ± ۹/۴۲ درصد) و لوسین (۸/۴۵ ± ۰/۱۹ درصد) قرار داشتند (Jannat Alipour et al., 2011). Kenari و همکاران (۲۰۰۹) نیز به بررسی اسیدهای آمینه در فیل ماهی پرورشی در سنین مختلف (۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ساله) پرداختند. تجزیه گوشت فیل ماهی نشان داد که اسیدهای آمینه غالب گلوتامات، لیزین، لوسین و اسپارتات بودند. درصد اسیدهای آمینه خوش طعم (اسپارتات و گلوتامات) و اسیدهای آمینه شیرین (گلیسین و آلانین) نسبت به کل اسیدهای آمینه، به طور قابل توجهی بالا و به ترتیب بین ۲۳/۹ درصد تا ۲۹/۲ درصد و ۱۰/۸ درصد تا ۱۲ درصد متغیر بود. محتوای کل آمینواسیدهای ضروری (EAA) به طور قابل توجهی با سن ماهی تغییر کرد و مقادیر آن بین ۴۲ درصد تا ۴۵ درصد بود. علاوه بر این، نسبت EAA/NEAA بین ۰/۷۳۰ تا ۰/۸۱۹ متغیر بود که بیشتر از مقدار توصیه شده FAO/WHO (۰/۶) است. این نسبت در ماهی‌های ۵ ساله بالاترین مقدار را داشت و نشان‌دهنده این است که اسیدهای آمینه ضروری بیشتری با افزایش سن ماهی تولید می‌شود (Kenari et al., 2009). Badiani و همکاران (۱۹۹۶) نیز دریافتند

Liu و (۲۰۲۲) اجزای تغذیه‌ای ماهیان خاویاری سیبری، ماهیان تاس ماهی آمور (*A. schrenckii*) و هیبریدهای آن‌ها را مورد بررسی قرار داده و پروتئین‌های آن‌ها را با استفاده از مدل امتیازدهی اسید آمینه FAO/WHO ارزیابی کردند. این مطالعه نشان داد که نسبت‌های اسیدهای آمینه ضروری به کل اسیدهای آمینه در سه گونه ماهیان خاویاری به ترتیب ۴۰/۷۰، ۴۱/۲۴ و ۴۰/۰۸ و نسبت‌های اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری به ترتیب ۶۸/۷۵، ۷۰/۲۰ و ۶۶/۸۴ درصد بود. در مقایسه با مدل ایده آل FAO/WHO، نسبت اسیدهای آمینه ضروری به کل اسیدهای آمینه ۴۰ درصد و نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری در این ماهیان بیش از ۶۰ درصد است که نشان‌دهنده کیفیت خوب پروتئین است، بنابراین پروتئین‌های هر سه ماهی خاویاری نیازهای پروتئین با کیفیت بالا را تأمین می‌کنند. علاوه بر این، بالاترین محتوای لیزین که به عنوان "اسید آمینه رشد" شناخته می‌شود در سه گونه ماهی خاویاری از مدل FAO/WHO از پروتئین تخم مرغ بیشتر بود (Xie and Chen, 2022). Liu, 2022). و همکاران یک ماهی خاویاری هیبریدی (*Acipenser schrenckii* × *Huso dauricus*) را مطالعه و نتیجه‌گیری کردند که نسبت اسیدهای آمینه ضروری به کل اسیدهای آمینه در تمام قسمت‌های این ماهی خاویاری هیبریدی ۴۵ تا ۴۶ درصد و بالاتر از ۴۰ درصد مدل ایده آل FAO/WHO است، که نشان می‌دهد پروتئین این ماهی خاویاری هیبریدی نیز، پروتئینی با کیفیت بالاست. آنها ماهی خاویاری روسی را به هشت منطقه از سر تا دم تقسیم کرده و پروتئین آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش مذکور نسبت اسیدهای آمینه ضروری به کل

اسیدهای آمینه در ماهی خاویاری روسی را بین ۳۹/۸۷ تا ۴۳/۰۹ درصد و میانگین آن را ۴۲/۳۶ و نسبت اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری را بین ۷۹/۶۱ تا ۹۱/۷۳ درصد محاسبه نمود، که بسیار بالاتر از ۶۰ درصد است. این امر همچنین اثبات کرد که پروتئین ماهی خاویاری روسی از کیفیت بالایی برخوردار است (Chen et al., 2022b).

در پروفایل اسیدهای چرب غضروف فیل ماهی، درصد اسیدهای چرب ۱۵:۰ و ۱۷:۰ کمتر از ۱ بوده که دارای ارزش تغذیه ای محدودی می‌باشند. اسید پالمیتیک ۱۶:۰ بیشترین اسید چرب اشباع است که معمولاً در گونه‌های دریایی یافت می‌شود (Garaffo et al., 2011). Piccolo و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که پالمیتیک اسید به عنوان کلید بسیاری از فرآیندهای متابولیکی در ماهی و دیگر جانوران آبی محسوب می‌شود. اما در آبزبان جهت بررسی ارزش اسیدهای چرب علاوه بر شناسایی پروفایل اسیدهای چرب از شاخص‌های ارزیابی مختلفی از قبیل نسبت n-3/n-6، میزان EPA+DHA، شاخص ترومبوژنیک و شاخص آتروژنیک استفاده می‌شود. در این تحقیق نسبت n3/n6 در غضروف فیل ماهی به میزان ۲/۲ بدست آمد. این نسبت در خاویار فیل ماهی وحشی ۱/۷ و در خاویار فیل ماهی پرورشی ۰/۴۵ اندازه گیری شده است (Hosseini et al., 2017).

ترکیب اسیدهای چرب در گوشت ماهیان خاویاری نشان‌دهنده نسبت بالاتر اسیدهای چرب غیراشباع نسبت به اسیدهای چرب اشباع در تمامی مطالعات انجام شده می‌باشد (Ghoi et al., 2011). محتوی کل اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) و چند غیراشباع (PUFA) بسته به گونه متغیر است و در برخی موارد،

اسیدهای چرب MUFA نسبت به اسیدهای چرب PUFA و در برخی گونه‌ها اسیدهای چرب PUFA غالب بودند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط Lopez و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد، مشخص گردید که گوشت تاس ماهی سفید نر (*Acipenser transmontanus*) نسبت های بالاتر PUFA را (۴۴.۲ درصد) در مقایسه با گوشت ماهیان ماده (۳۳/۹ درصد) همین گونه و حتی در مقایسه با تاس کاهی سیری ماده (*Acipenser baerii*) (۳۵.۲ درصد)، دربر داشته‌اند. این یافته از فرضیه‌ای حمایت می‌کند که براساس آن ماهیان ماده به طور انتخابی اسیدهای چرب ضروری (ARA، EPA، DHA) را در تخم‌های خود برای تولید مثل ذخیره می‌کنند، در حالیکه دیگر اسیدهای چرب (به‌ویژه OA، LA و ALA) در ذخایر چربی آن‌ها انباشته می‌شوند. محتوای اسیدهای چرب PUFA شامل اسیدهای چرب n-3 و n-6 در میان گونه‌های مختلف، متفاوت است و همچنین ویژگی‌های رژیم غذایی و شرایط پرورش را منعکس می‌کند. بدیهی است که سطوح بالای EPA و DHA در ماهیان خاویاری از مزایای فیله آنها به عنوان یک محصول محتوای چربی کم و ارزش غذایی بالا در بازار مصرف بشمار می‌رود. این اطلاعات می‌تواند نظرات موجود درباره گوشت و ضایعات ماهیان خاویاری را به عنوان یک محصول جانبی در مسیر تولید خاویار تغییر دهد و چشم‌اندازهای پرورش ماهیان خاویاری را که بر تولید گوشت آنها متمرکز باشد، افزایش دهد (Lopez et al., 2020).

شاخص آتروژنیسیته (AI)، نشان دهنده ارتباط بین مجموع اسیدهای چرب اشباع مهم و گروه‌های مهم غیر اشباع می‌باشد که تحت عنوان پروآتروژنیک (که باعث

چسبندگی چربی‌ها به سلول‌های سیستم ایمنی و گردش خون می‌شوند) و آنتی آتروژنیک هستند که وظیفه آنها بازدارندگی از تجمع پلاکت‌ها و کاهش سطوح اسیدهای چرب استری، کلسترول و فسفولیپید است و از بروز بیماری‌های قلبی و عروقی جلوگیری می‌کنند. شاخص ترومبوژنیسیته (TI) نیز بیانگر تمایل به تشکیل لخته در عروق خونی می‌باشد. در واقع رابطه بین شاخص پروترومبوژنیک (اسیدهای چرب اشباع)، آنتی ترومبوژنیک (اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) و اسیدهای چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه n-3 و n-6) را تعریف می‌کند. پایین بودن این شاخص‌ها در منبع غذایی می‌تواند پتانسیل ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی را بویژه در افراد حساس کاهش دهد (Mgbechidinma et al., 2023). در این مطالعه مقادیر شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک در غضروف فیل ماهی بترتیب ۰/۱۹ و ۰/۳۴ اندازه گیری شد. در تحقیق بر روی شاخص‌های آتروژنیسیته، مقادیر شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک در خاویار فیل ماهی وحشی، بترتیب ۰/۲۳ و ۰/۲۹ و در خاویار ماهی پرورشی ۰/۲۷ و ۰/۳۳ بدست آمد (Hosseini et al., 2017)، و نتایج مقایسه نشان داد مقادیر شاخص‌های مذکور در غضروف فیل ماهی از مقادیر آنها در فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و بسیاری از غذاهای دیگر کمتر است (Giosuè et al., 2022). در واقع با افزایش میزان اسیدهای چرب هیپوکلسترولمی و افزایش نسبت h/H، ترکیب مورد نظر برای مصرف مناسب تر خواهد بود (Bušová, 2020; Kowalska-Góralaska, 2020). تحقیقات نشان داده است مقادیر پایین‌تر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای چربی ($AI < 1$ ، $TI < 1$) و مقادیر بالاتر شاخص h/H

منابع

1. Abbasi, S., Naghdi, S. and Mousavi Nadushan, R., 2021. Evaluation of the effect of acidic and enzymatic extraction methods on collagen recovery from parrot fish (*Scarus ghobban*) skin and evaluation of their structural, chemical, antioxidant and functional properties. *Aquaculture Sciences*, 9(1), pp.213-228. [In Persian]
2. Abdolhay, H.A. and Tahori, H.B., 2006. Fingerling production and Release for Stock Enhancement of Sturgeon in the Southern Caspian Sea: an overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(1), pp.125-131. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00940.x
3. Alsmeyer, R.H., Cunningham, A.E. and Happich, M.L., 1974. Equations predict PER from amino acid analysis. *Food Technology*, 28 (7), pp.34-40.
4. AOAC., (1990) Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemist, Washington DC.
5. Awuchi, C.G., Chukwu, C.N., Iyiola, A.O., Noreen, S., Morya, S., Adeleye, A.O., Twinomuhwezi, H., Leicht, K., Mitaki, N.B. and Okpala, C.O.R., 2022. Bioactive compounds and therapeutics from fish: revisiting their suitability in functional foods to enhance human wellbeing. *BioMed Research International*, 2022(1), pp.3661866. DOI: 10.1155/2022/3661866
6. Badiani, A., Anfossi, P., Fiorentini, L., Gatta, P.P., Manfredini, M., Nanni, N., Stipa, S. and Tolomelli, B., 1996. Nutritional composition of cultured sturgeon (*Acipenser* spp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 9(2), pp.171-190. DOI: 10.1006/jfca.1996.0024
7. Bušová, M., Kouřimská, L. and Tuček, M., 2020. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic indices in freshwater fish common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from market chain. *Central European Journal of Public Health*, 28(4), pp.313-319. DOI:

(۱/۸۷۸-۰/۸ برای ماهی و ۴/۶۷-۱/۵۲ برای نرم تنان و میگو) نشان از این دارد که مصرف ماهی ها و صدف ها می توانند مزایای سلامتی برای مصرف کنندگان داشته باشند. در این مطالعه در غضروف فیل ماهی نسبت h/H بالا و حدود ۱/۸۵۵ تعیین گردید. لذا پودر غضروف قبل ماهی می تواند مانند پودر غضروف کوسه مستقیماً در تولید مکمل ها و یا بصورت افزودنی به منظور غنی سازی در صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرد (Tanna *et al.*, 2020; Mathew and Ravishankar, 2022; Li *et al.*, 2022).

نتیجه گیری

غضروف ماهی خاویاری می تواند به عنوان منبع پروتئینی، بیشتر اسیدهای آمینه ضروری بدن انسان را تأمین کند. علاوه بر این، به عنوان منبع اسیدهای چرب ضروری، حاوی چربی و اسیدهای چرب فراسودمند نیز می باشد. بنابراین، غضروف فیل ماهی، چه به صورت تازه و چه پودر شده، می تواند مستقیماً به عنوان ترکیب افزودنی در غذاهای سلامتی بخش مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، پودر غضروف دارای مقادیر قابل توجهی کندرویتین سولفات، کلاژن و طیف وسیعی از ترکیبات زیست فعال و موادمعدنی است. بنابراین، توسعه تولید این محصول برای مصرف در غذاهای فراسودمند^۸ یا غذا داروها^۹ امری ضروری به نظر می رسد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نمایم.

- Comparative Clinical Pathology*, 21, pp.111-114. DOI: 10.1007/s00580-011-1228-1
16. Gui, M., Song, J., Zhang, L., Wang, S., Wu, R., Ma, C. and Li, P., 2015. Chemical characteristics and antithrombotic effect of chondroitin sulfates from sturgeon skull and sturgeon backbone. *Carbohydrate polymers*, 123, pp.454-460. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.01.046
 17. Hosseini, S.V., Babakhani Lashkan, A. B.L. and Oji Fard, A., 2017. Comparison of fatty acids biochemical quality in the caviar of reared and wild beluga, *Huso huso*. *Aquatic Animals Nutrition*, 3(6), pp.57-67. [In Persian]
 18. Idris, C.A.C. and Sundram, K., 2002. Effect of dietary cholesterol, trans and saturated fatty acids on serum lipoproteins in non-human primates. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11, pp.S408-S415. DOI: 10.1046/j.1440-6047.11.s.7.12.x
 19. Jannat Alipour, H., Shabanpoor, B., Shabani, A. and Sadeghi Mahoonak, A., 2010. Effects of cooking methods on physico-chemical and nutritional properties of Persian sturgeon *Acipenser persicus* fillet. *International Aquatic Research*, 2(1), pp.15-23.
 20. Johansson, J., Carlson, L.A., Landou, C. and Hamsten, A., 1991. High density lipoproteins and coronary atherosclerosis. A strong inverse relation with the largest particles is confined to normotriglyceridemic patients. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Journal of Vascular Biology*, 11(1), pp.174-182. DOI: 10.1161/01.atv.11.1.174
 21. Karimzadeh, K., 2018. Antihypertensive and anticoagulant properties of glycosaminoglycans extracted from the sturgeon (*Acipenser persicus*) cartilage. *Pharmacy and Medical Sciences*, 31(4), pp.163-169. DOI: 10.1515/cipms-2018-0031
 22. Kaya, Y., Turan, H. and Emin Erdem, M., 2008. Fatty acid and amino acid composition of raw and hot smoked 10.21101/cejph.a5966
 8. Chen, J., Jayachandran, M., Bai, W. and Xu, B., 2022a. A critical review on the health benefits of fish consumption and its bioactive constituents. *Food Chemistry*, 369, pp.130874. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130874
 9. Chen, R., Liu, Z., Wang, J., Jin, W., Abdu, H.I., Pei, J., Wang, Q. and Abd El-Aty, A.M., 2022b. A review of the nutritional value and biological activities of sturgeon processed byproducts. *Frontiers in Nutrition*, 9, pp.1024309. DOI: 10.3389/fnut.2022.1024309
 10. Consultation, J.F.W.E., 1991. Protein quality evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 51, pp.1-66.
 11. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), pp.497-509.
 12. Food and Agriculture Organization/World Health Organization, 1991. Protein quality evaluation in human diets FAO Food and Nutrition paper 51 FAO Rome.
 13. Garaffo, M.A., Vassallo-Agius, R., Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., Dugo, G. and Giuffrida, D., 2011. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product "Bottarga". *Food and Nutrition Sciences*, 2(7), pp.736-743. DOI: 10.4236/fns.2011.27101
 14. Giosuè, A., Calabrese, I., Lupoli, R., Riccardi, G., Vaccaro, O. and Vitale, M., 2022. Relations between the consumption of fatty or lean fish and risk of cardiovascular disease and all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*, 13(5), pp.1554-1565. DOI: 10.1093/advances/nmac006
 15. Ghomi, M.R., Nikoo, M. and Babaei, Z., 2012. Fatty acid composition in farmed great sturgeon *Huso huso*.

- 10.13233/j.cnki.mar.fish.2012.01.010
29. Mathew, S. and Ravishankar, C.N., 2022. Utilization of Secondary Raw Materials from Fish for Developing High Value Novel Foods and Dietary Supplements. Impact of Climate Change on Hydrological Cycle, Ecosystem, *Fisheries and Food Security*, pp.439-458.
30. Mgbechidinma, C.L., Zheng, G., Baguya, E.B., Zhou, H., Okon, S.U. and Zhang, C., 2023. Fatty acid composition and nutritional analysis of waste crude fish oil obtained by optimized milder extraction methods. *Environmental Engineering Research*, 28(2), pp.1-14. DOI: 0.4491/eer.2022.034
31. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahmani, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R. and Salehpour, M., 2006. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, pp.278-282. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00968.x
32. Mousavi Nadushan, R. and Hellat, R., 2019. Production of iron-chelating proteinous hydrolysate from freshwater prawn, *Macrobrachium nipponense*. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(1), pp.9-18. [In Persian]
33. Mousavi Nadushan, R. and Hosseinzade, I., 2020. Optimization of production and antioxidant activity of fucoxanthin from marine haptophyte algae, *Isochrysis galbana*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(6), pp.2901-2908. DOI: 10.22092/isfj.2019.118537
34. Mousavi-Nadushan, R., Roohi-Shalmaee, N. and Mahmoodi-Kelarijani M., 2024. Extraction microstructural, and FTIR characterization of elastin from skin and swim bladder of Caspian white fish *Rutilus kutum*. *Fisheries Science*. 90(2), pp.7-17. DOI: 10.1007/s12562-023-01733-2
35. Piccolo, G., Bovera, F., De Riu, N., Marono, S., Salati, F., Cappuccinelli, R. sturgeon (*Huso huso*, L. 1758). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8), pp.635-642. DOI: 10.1080/09637480701585511
23. Kenari, A.A., Regenstein, J.M., Hosseini, S.V., Rezaei, M., Tahergorabi, R., Nazari, R.M., Mogaddasi, M. and Kaboli, S.A., 2009. Amino acid and fatty acid composition of cultured Beluga (*Huso huso*) of different ages. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(3), pp.245-265. DOI: 10.1080/10498850902758586
24. Kowalska-Górska, M., Formicki, K., Dobrzański, Z., Wondolowska-Grabowska, A., Skrzyńska, E., Korzelecka-Orkisz, A., Nędzarek, A. and Tański, A., 2020. Nutritional Composition of and Fish Eggs. *Annals of Animal Science*, 20(2), pp.629-645. DOI: 10.2478/aoas-2019-0072
25. Liang, Q., Wang, L., Sun, W., Wang, Z., Xu, J. and Ma, H., 2014. Isolation and characterization of collagen from the cartilage of Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Process Biochemistry*, 49(2), pp.318-323. DOI: 10.1016/j.procbio.2013.12.003
26. Li, W., Ura, K. and Takagi, Y., 2022. Industrial application of fish cartilaginous tissues. *Current Research in Food Science*, 5, pp.698-709. DOI: 10.1016/j.crfs.2022.04.001
27. Lopez, A., Vasconi, M., Bellagamba, F., Pazzaglia, T.M.M. and Moretti, V.M., 2020. Volatile Organic Compounds Profile in White Sturgeon (*Acipenser transmontanus*) Caviar at Different Stages of Ripening by Multiple Headspace Solid Phase Microextraction. *Molecules*, 27, 25(5), pp.1074. DOI:10.3390/molecules25051074
28. Lujiao, G., Yongtao, X., Yanqing, H., Wei, S., Ping, Z. and Tao, Z., 2012. Comparison of nutrient composition between Russian sturgeon eggs and Siberian sturgeon eggs. *Marine Fishes*, 34, pp.57-63. DOI:

- Journal of Nutrition*, 150(9), pp.2314-2321. DOI: 10.1093/jn/nxaa183
42. Xie, Q. and Liu, Y., 2022. Comparative analysis of the nutrient components in the muscle and skin tissues of hybrid sturgeon (*Acipenser baerii*♀×*Acipenser schrenckii*♂) of different sizes. *Aquaculture Research*, 53(17), pp.6124-6134. DOI: 10.1111/are.1608
 43. Young, V.R. and Pellett, P.L., 1991. Protein evaluation, amino acid scoring and the Food and Drug Administration's proposed food labeling regulations. *The Journal of Nutrition*, 121(1), pp.145-150. DOI: 10.1093/jn/121.1.145
 44. Zhang, L., Zhao, S., Xiong, S., Huang, Q. and Shen, S., 2013. Chemical structure and antioxidant activity of the biomacromolecules from paddlefish cartilage. *International journal of biological macromolecules*, 54, pp.65-70. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2012.11.030
 45. Zhao, T., Zhou, Y., Mao, G., Zou, Y., Zhao, J., Bai, S., Yang, L. and Wu, X., 2013. Extraction, purification and characterisation of chondroitin sulfate in Chinese sturgeon cartilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(7), pp.1633-1640. DOI: 10.1002/jsfa.5937
 - and Moniello, G., 2008. Effect of two different protein/fat ratios of the diet on meagre (*Argyrosomus regius*) traits. *Italian Journal of Animal Science*, 7(3), pp.363-371. DOI: 10.4081/ijas.2008.363
 36. Orellana, C., Peña, F., García, A., Perea, J., Martos, J., Domenech, V. and Acero, R., 2009. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat Science*, 81(1), pp.57-64. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.06.015
 37. Ovissipour, M., Abedian, A., Motamedzadegan, A., Rasco, B., Safari, R. and Shahiri, H., 2009. The effect of enzymatic hydrolysis time and temperature on the properties of protein hydrolysates from Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) viscera. *Food Chemistry*, 115(1), pp.238-242. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.013
 38. Sayyari, Z., Rabani, M., Farahmandfar, R., Esmaeilzadeh Kenari, R. and Mousavi Nadoshan, R., 2021. The effect of nanocomposite edible coating enriched with *Foeniculum vulgare* essential oil on the shelf life of *Oncorhynchus mykiss* fish fillets during the storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 30(5), pp.579-595. DOI: 10.1080/10498850.2021.1901815
 39. Tanna, P.D., Fofandi, D.C. and Motivarash, Y.B., 2020. Processing and utilization of shark cartilage. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(1), pp.614-615.
 40. Ulbricht, T.L.V. and Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*, 338(8773), pp.985-992.
 41. Van Name, M.A., Savoye, M., Chick, J.M., Galuppo, B.T., Feldstein, A.E., Pierpont, B., Johnson, C., Shabanova, V., Ekong, U., Valentino, P.L. and Kim, G., 2020. A low ω -6 to ω -3 PUFA ratio (n-6: N-3 PUFA) diet to treat fatty liver disease in obese youth. *The*