Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 3, 2025, Pages: 66-85
DOI: 10.71901/jad-2025-3-866

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

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**

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحه های ۸۵-۶۶
DOI: 10.71901/jad-2025-3-866

"مقاله پژوهشی"

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

رضوان موسوی ندوشن[1*]، لیلا ابراهیمی[2]

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 دریافت: ۱۴۰۳/۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱

چکیده

غضروف فیل‌ماهی (*Huso huso*) بخش قابل‌توجهی 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 فیل‌ماهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که غضروف فیل‌ماهی شامل ۰.۱۳±۵۷.۶۳ درصد پروتئین خام، ۰.۲±۱۱.۴۹ درصد رطوبت و ۰.۰۳±۱۱.۰۵ درصد خاکستر است که نشان‌دهنده میزان بالای پروتئین در این ماده می‌باشد. ارزیابی اسیدهای‌آمینه نیز نشان داد که در غضروف فیل‌ماهی، مقادیر قابل‌توجهی از تمام اسیدهای‌آمینه ضروری وجود دارد. ترکیب اسیدهای‌آمینه غضروف، نسبت بیشتری از اسید گلوتامیک (۱.۱±۱۱.۴۹)، گلایسین (۰.۱±۸.۶۲) و پرولین (۰.۰۹±۸.۷۱) 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 (۰.۰۹±۲۷.۲۷٪) به عنوان بیشترین اسید چرب اشباع و اسید اولئیک (۰.۱۳٪±۴۵.۴۵) 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 اسیدهای‌آمینه ضروری و اسیدهای‌چرب ارزشمند مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: غضروف، فیل‌ماهی، نرخ کارآیی پروتئین، شاخص آتروژنیسیتی ، شاخص ترومبوژنیسیتی

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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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 می باشد. ترکیب اسیدهای‌آمینه 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 فراهم‌کردن اسیدهای‌آمینه ضروری (EAA) مرتبط می‌باشد. ترکیب اسیدهای‌چرب 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 لیپوپروتئین با دانسیته کم) می‌شود. در واقع نوع، ترکیب و میزان اشباعیت اسیدهای‌چرب در رژیم غذایی میزان بروز بیماری های 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 اسیدهای‌چرب در گروه ترکیبات بیواکتیو مهم قرار دارند و اسیدهای‌چرب خاص آثار مفیدی بر سلامت انسان دارند و می‌توانند به پیشگیری از بسیاری از بیماری‌های مزمن در انسان کمک کنند. شواهد قابل‌توجهی جمع‌آوری شده است که اسیدهای‌چرب امگا ۳ با زنجیره‌های بسیار بلند شامل [اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA) دارای خواص مفید قلبی‌عروقی 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 قابل‌توجهی 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 لینولنیک، DHA و اسید لینولئیک به‌عنوان فراوان‌ترین اسیدهای‌چرب بلند زنجیره شناسایی شدند (Xie *et al*., 2022). لذا غضروف ماهیان خاویاری به دلیل دارا بودن مقادیر قابل‌توجهی 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).

[۲] Functional food

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

تولید و فرآوری آبزیان دریایی و پرورشی باعث تولید میزان زیادی فرآورده های جانبی و ضایعات می‌شود. این محصولات جانبی می‌توانند 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 مجموعه‌ای از محصولات و بازارها مانند بخش‌های داروسازی، تولید غذاداروها، مکمل ها و غنی سازی مواد غذایی، آرایشی و پزشکی در نظر گرفته می‌شوند (Mousavi Nadushan and Hosseinzade, 2020; Mousavi-Nadushan *et al*., 2024). بنابراین استفاده بهینه از ضایعات تولید شده در صنعت شیلات امری لازم وضروری به نظر می‌رسد (Kenari *et al*., 2009; Abbasi *et a.l*, 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 درماهیان خاویاری نسبتاً بالا است. غضروف‌های موجود در سر، نوتوکورد و باله‌ها حدود ۱۰ درصد از وزن بدن این ماهیان را تشکیل می‌دهند. تحقیقات نشان داده است که غضروف منبع خوبی از گلیکوزآمینوگلیکان ها[۳]، به‌ویژه کندروئیتین سولفات است که به دلیل دارابودن خواص بیولوژیک متعدد حائز اهمیت است (Li *et al*., 2022). مطالعات دیگری بر روی استخراج کلاژن از غضروف در گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری متمرکز شده‌اند. این تحقیقات بر بهینه‌سازی پارامترهای فرآیند استخراج، شناسایی کلاژن استخراج‌شده با ارزیابی ویژگی‌های تشکیل فیبر و ارزیابی پپتیدهای عملکردی حاصل از کلاژن تمرکز داشتند (Ovissipour *et al*., 2009). در ماهی‌های خاویاری، گلیکوز آمینو گلیکان‌های ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدان موجود در استخوان‌ها و غضروف‌ها در سال‌های اخیر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند زیرا می‌توانند به عنوان ترکیبات زیست فعال مؤثر، در کنار سایر عوامل ایمنی، موجب تقویت پاسخ‌های تطبیقی گردیده به تسریع روند بهبودی زخم کمک کنند (Karimzadeh, 2018). تحقیقات نشان داده است که گلیکوز آمینو گلیکان‌های ماهی خاویاری سیبری، آنزیم مبدل آنژیوتنسین (AGE) را مهار کرده و اثرات ضدانعقادی دارند. همچنین کندروتین سولفات جدا شده از غضروف این ماهی اثر آنتی‌اکسیدانی دارد که با افزایش غلظت کندرویتین سولفات افزایش می‌یابد. علاوه بر این ثابت شده است که کندرویتین سولفات عملکرد ایمنی و فعالیت‌های ضدالتهابی و ضد آلرژیک موش‌ها را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (Chen *et al*., 2022b).

فیل ماهی (*Huso Huso*) از بزرگترین ماهیان دریای خزر است، این ماهی از گونه‌های مهم آبزیان در روسیه، اروپای شرقی، ژاپن و ایران به دلیل کاهش منابع طبیعی خاویار و گوشت ماهیان خاویاری محسوب می‌شود. این گونه‌ها 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

[۳] Glycosaminoglycans

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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 تغذیه‌ای غضروف فیل ماهی شامل تعیین پروفایل اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب و تعیین شاخص‌های وابسته به آن ها قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

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

آماده سازی غضروف فیل‌ماهی

جهت جداسازی غضروف فیل‌ماهی پس از ذبح، امعاء و احشا و سایر بافت‌های پیوندی و عضلانی در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد، حدود ۱۵ دقیقه حرارت داده شدند. سپس غضروف‌های 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 c° ۲۰- تا زمان استفاده نگهداری گردید.

آنالیز تقریبی غضروف فیل‌ماهی

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

میزان پروتئین خام با استفاده از روش کلدال (مدل Gerhardt، ساخت آلمان) و ضرب محتوی ازت در فاکتور پروتئینی ۶/۲۵ بدست آمد (AOAC, 1990). رطوبت به وسیله خشک کردن نمونه در آون (مدل Electrolux، ساخت سوئد) با دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. خاکستر کل با سوزاندن نمونه در کوره الکتریکی (مدل Qallenkamp، ساخت انگلیس) در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۸ ساعت ارزیابی گردید.

تعیین ترکیب اسیدهای‌آمینه

از روش هیدرولیز اسیدی با تغییرات جزئی برای تعیین پروفیل اسیدهای‌آمینه (AA) نمونه پودر غضروف همگن شده استفاده شد. پس از چربی‌زدایی نمونه‌ها با کلروفرم و متانول، هیدرولیز نمونه ها توسط اسید هیدروکلریک ۶ مولار به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. نمونه‌ها 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 HPLC) همراه با تجهیزات جانبی (Waters 1525 binary HPCL pump ، Waters 2487 Dual λ absorbance detector، Rheodyne injector) استفاده شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار (Breeze Version 3.200, Waters, Milford, MA, USA) و مقایسه با نتایج حاصل از نمونه استاندارد اسیدآمینه (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:

[۴] Protein Efficiency Ratio

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

معادله ۱: (تیروزین) ۰/۱۰۴- (لوسین)۰/۴۵۴+۰/۴۶۸- = نرخ کارایی پروتئین

معادله ۲: ۰/۱۰۹۴- (A) ۰/۰۸۰۸۴= نرخ کارایی پروتئین

معادله ۳: ۰/۱۵۳۹- (B) ۰/۰۶۳۲۰= نرخ کارایی پروتئین

معادله ۴: (تیروزین) ۰/۰۹۴۴- (هیستیدین)۰/۲۱۱+ (لوسین) ۰/۷۸۰+ (متیونین) ۰/۴۳۵+۱/۸۱۶= 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 فیل‌ماهی با توجه به نسبت پروفیل اسیدآمینه 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:

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

تعیین ترکیب اسیدهای چرب

برای آنالیز اسیدچرب، استخراج چربی کل نمونه‌ها طبق روش اصلاح شده Folch (۱۹۵۷) با استفاده از سیستم حلال کلروفرم: متانول (v/v, ۱:۲) که حاوی ۰/۰۱ ٪ هیدروکسی تولوئن بوتیله به عنوان آنتی اکسیدان بود، انجام شد. به منظور استری کردن چربی، از BF_3 (تری فلوراید بور) استفاده شد. برای بررسی و شناسایی اسیدهای‌چرب 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 ذوب‌شده از نوع BPX70 (SGM ,30 m×0.25 mm ID, 0.22 µm film thickness Victoria, Australia) و آشکارساز شعله یونشی FID (Flame Ionization Detector) تزریق گردید. برنامه دمایی ستون دستگاه ابتدا ۱۴۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه و سپس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت ۹ دقیقه و در نهایت دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به مدت ۲۵ دقیقه بود. دمای محلول تزریق و آشکارساز ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. به عنوان استاندارد از متیل‌استرهای اسیدهای چرب تهیه شده از شرکت آلدریچ (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 استفاده‌گردید. شناسایی اسیدهای چرب با مقایسه و اندازه‌گیری زمان‌های بازداری مشابه با پیک‌های استانداردهای FAME انجام شد. بدین‌ترتیب نوع و میزان اسیدهای چرب موجود درنمونه‌های مورد آزمایش مشخص شد. موقعیت و سطح زیر پیک با استفاده از نرم افزار ClarityTM DataApex (Prague, Czech Republic) مورد ارزیابی قرارگرفت. سپس شاخص‌های کیفی چربی شامل شاخص آتروژنز AI[۶] و شاخص ترومبوژنز TI [۷]

[۴] Retention time
[۵] Atherogenic Index
[۶] Thrombogenic Index

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

براساس درصدهای اسید چرب اشباع، اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) واسید چرب غیر اشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) محاسبه گردید (Ulbricht and Southgate, 1991; Piccolo *et al.*, 2008):

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

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

برای محاسبه اسیدهای چرب هیپوکلسترولمی از فرمول C18:1+C18:2+C18:3+C20:5 و اسیدهای چرب هایپرکلسترولمی از مجموع اسیدهای چرب ۱۲، ۱۴ و ۱۶ استفاده شد (Orellana *et al*., 2009).

نتایج

نتایج آنالیز تقریبی غضروف فیل ماهی

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

جدول :۱نتایج 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 اسیدهای‌آمینه

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، گلایسین 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 گلایسین 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 گلایسین یکی از سه اسیدآمینه ساختاری مهم در ترکیب کلاژن است. مقدار اسیدهای آمینه سولفوردار (سیستئین و متیونین) ۱/۳۳ mg/100 gr محاسبه گردید. اسیدهای آمینه شیرین (گلایسین و آلانین) در مقایسه با کل اسیدهای آمینه حدود ۱۴/۸۷٪ بود. اسیدهای آمینه اسیدی (اسید گلوتامیک و اسید آسپارتیک) با مقدار mg/100 gr pro ۱۴/۶۹میلی‌گرم در صد گرم، بیشتر از اسیدهای آمینه بازی (لیزین، آرژنین و هیستیدین) با مقدار ۱۲/۶۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم پروتیین بودند. مقدار اسیدهای آمینه آروماتیک (فنیل 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).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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 آمینه 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.

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+ Tyrosine	70.2	60	1.17	63(19)	93	102
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 پرانتز 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)

در این تحقیق سنجش میزان کارایی پروتئین به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی تغذیه ای نشان داد که پروتیین پودر غضروف فیل ماهی از کیفیت بالایی برخوردار است. به طورکلی، میزان کارایی پروتئین کمتر از ۱/۵ بیانگر کیفیت پایین ماده غذایی است، بین ۵-۱/۲ کیفیت متوسط و میزان کارایی پروتئین بالای ۲ حاکی از ماده غذایی با کیفیت بالا می‌باشد. میزان کارایی پروتئین مرجع استاندارد ماهی حدود ۲/۷ است و در مطالعه حاضر میزان میزان کارایی پروتئین محاسبه شده براساس شاخص‌های مختلف بالاتر از ۲ بدست آمد (جدول ۴).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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

Table 4: Protein efficiency of fish cartilage (shark cartilage) calculated by different methods (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]B: مجموع اسیدهای آمینه A به همراه هیستیدین، آرژنین و تیروزین.

[a]A: Sum of the amino acids threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, and lysine.
[b]B: 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 پالمتیک 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. شاخص‌ها و پارامترهای مهم در ارتباط با اسیدهای چرب شامل اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۹، نسبت امگا۳ 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

جدول ۵: ترکیب اسیدهای چرب غضروف ماهی خاویاری (٪)

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

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

نتایج بر اساس میانگین± انحراف استاندارد گزارش شده است.

از شاخص‌های مهم دیگر، مجموع اسیدهای چرب با نقش هایپوکلسترولمی (h) و هایپرکلسترولمی(H) می‌باشد. نسبت اسیدهای چرب هایپرکلسترولمی (H) (مجموع اسیدهای چرب با ویژگی افزاینده کلسترول خون) به هیپوکلسترولمی (h) (مجموع اسیدهای چرب با ویژگی کاهندگی کلسترول خون) در ارزیابی کیفیت روغن و چربی کاربرد دارد (جدول ۶).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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	*Huso huso* 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 فیل‌ماهی (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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

(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 (۰/۶ ±۱۸/۴ درصد) داشت و به دنبال آن اسید اسپارتیک (۰/۰۱± ۹/۹۴ درصد)، لیزین (۰/۲۵ ± ۹٪/۴۲) و لوسین (۰/۱۹ ± ۸/۴۵ درصد) قرارداشتند (Jannat Alipour *et al*., 2011). Kenari و همکاران (۲۰۰۹) نیز به بررسی اسیدهای آمینه در فیل ماهی پرورشی در سنین مختلف (۰.۲۵، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ ساله) پرداختند. تجزیه گوشت فیل‌ماهی نشان داد که اسیدهای آمینه غالب گلوتامات، لیزین، لوسین و اسپارتات بودند. درصد اسیدهای آمینه خوش‌طعم (اسپارتات و گلوتامات) و اسیدهای آمینه شیرین (گلیسین و آلانین) نسبت به کل اسیدهای آمینه، به‌طور 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) به‌طور 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 که اسیدهای آمینه اصلی در گوشت خام تاس ماهی پرورشی (*Acipenser spp*) شامل اسید گلوتامیک، اسید اسپارتیک، لیزین و لوسین بودند.

مقایسه اکثرآمینواسیدهای ضروری در غضروف فیل ماهی با الگوی انواع اسیدآمینه در پروتئین‌های مرجع توصیه شده توسط FAO/WHO (۱۹۹۱) مقادیر بالاتری را نشان داد. همچنین نسبت اسیدهای آمینه ضروری به غیرضروری در صد گرم غضروف، ۰/۶۲ میلی‌گرم محاسبه شد که این نسبت در گوشت فیل ماهی ۰/۷۸ میلی‌گرم گزارش شده است. به طورکلی 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 انسان های بالغ است. البته میزان کل اسیدهای آمینه ضروری (۳۹۳/۵mg/gr pro) از مقدار توصیه شده در پروتئین مرجع (۳۷۰ mg/gr pro) بیشتر بود و اسیدهای آمینه ضروری که برای رشد و نمو انسان های 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 پروتیین 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

و Liu (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 به‌ترتیب ۴۰/۷۰، ۴۱/۲۴ و ۴۰/۰۸ و نسبت‌های اسیدهای آمینه ضروری به اسیدهای آمینه غیرضروری به‌ترتیب ۶۸/۷۵، ۷۰/۲۰ و ۶۶/۸۴ درصد بود. در مقایسه با مدل ایده‌آل 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 به‌عنوان "اسید آمینه رشد" شناخته می‌شود در سه گونه ماهی خاویاری از مدل FAO/WHO از پروتئین تخم‌مرغ بیشتر بود (Xie and Liu, 2022). Chen 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 ایده‌آل 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 ۷۹/۶۱تا ۹۱/۷۳درصد 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 گونه های 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 آبزی محسوب می‌شود. اما در آبزیان جهت بررسی ارزش اسیدهای چرب علاوه بر شناسایی پروفایل اسیدهای چرب ازشاخص‌های 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 انجام‌شده 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،

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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) انجام‌شد، 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 سیبری 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 با 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 آتروژنیسیتی (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 ترومبوژنیسیتی (TI) نیز بیانگر تمایل به تشکیل لخته در عروق خونی می‌باشد. در واقع رابطه بین شاخص پروترومبوژنتیک (اسیدهای چرب اشباع)، آنتی ترومبوژنیک (اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) و اسیدهای چرب غیراشباع 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 برروی شاخص‌های آتروژنیسیتی، مقادیر شاخص‌های آتروژنیک و ترومبوژنیک در خاویار فیل‌ماهی 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-Góralska, 2020). تحقیقات نشان داده است مقادیر پایین‌تر شاخص‌های کیفیت تغذیه‌ای چربی (AI < 1، TI < 1) و مقادیر بالاتر شاخص h/H

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

(۱/۸۷۸– ۰/۸ برای ماهی و ۴/۶۷– ۱/۵۲ برای نرم‌تنان و میگو) نشان از این دارد که مصرف ماهی‌ها و صدف‌ها می‌توانند 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 می‌تواند مانند پودر غضروف کوسه مستقیما در تولید مکمل‌ها و یا بصورت افزودنی به منظور غنی سازی در صنعت غذا مورد استفاده قرارگیرد (Tanna *et al*., 2020; Mathew and Ravishankar, 2022; Li *et al*., 2022).

نتیجه گیری

غضروف ماهی خاویاری می‌تواند 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 می‌باشد. بنابراین، غضروف فیل‌ماهی، چه به صورت تازه و چه پودرشده، می‌تواند مستقیماً به عنوان ترکیب افزودنی در غذاهای سلامتی‌بخش مورد استفاده قرارگیرد. همچنین، پودر غضروف دارای مقادیر قابل توجهی کندرویتین سولفات، کلاژن و طیف وسیعی از ترکیبات زیست‌فعال و موادمعدنی است. بنابراین، توسعه تولید این محصول برای مصرف در غذاهای فراسودمند[۸] یا غذاداروها[۹]، امری ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

[۷] Functional Foods
[۸] nutraceuticals

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, RH., 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:

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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. *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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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-Góralska, M., Formicki, K., Dobrzański, Z., Wondołowska-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:

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]

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 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-866]