Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 2, 2026, Pages: 65-79
DOI: 10.71901/jad-2026-1-910

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Comparison of fatty acid profiles in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*) fillets before and after freezing

Fardin Kazempour,[1] Yasaman Fahim Dezhban[1*]

1-Department of Natural Resources, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

Received: 24 June 2025 **Accepted: 19 August 2025**

Extended Abstract:

Introduction: Compared to red meat and many other animal protein sources, fish have a special place in human nutrition due to the unique composition of their lipid profile. This profile includes balanced and diverse amounts of saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA), which are of high biological quality, especially in the case of omega-3 and omega-6. In fact, what distinguishes aquatic meat from other animal protein sources is not only the composition of fatty acids, but also the unique structure of their lipid profile. Two farmed fish species of significant economic and nutritional importance globally and regionally are rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). Trout, as a cold-water fish species, generally tend to have higher levels of marine omega-3 fatty acids (such as EPA and DHA), whereas carp, as a warm-water fish species, tend to store more plant-derived fatty acids (such as linolenic acid and linoleic acid). Despite the high nutritional value of fish meat, one of the main challenges in the processing and storage of these products is the occurrence of lipid oxidation, which by producing volatile compounds with an unpleasant odor, is one of the most important factors affecting the reduction of sensory and chemical quality and, as a result, the shelf life of marine products, and can lead to a decrease in consumer acceptance and a decrease in the market value of the product. In the meantime, the freezing method, as one of the common and effective strategies in the aquatic preservation industry, is used with the aim of reducing the speed of biochemical and microbial reactions. Preservation of fish at low temperatures and freezing conditions, while stopping the growth of most microorganisms, leads to a decrease in enzymatic and chemical activities and to some extent prevents the destruction of the protein and lipid structure of fish. The main objective of this study was to compare in detail the fatty acid profiles of two species, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*) before and after freezing at -18°C. This comparison was conducted to assess intrinsic species differences in lipid stability of both species.

Material and Methods: The studied species included farmed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) and common carp (*Cyprinus carpio*) from fish farms located in Savadkooh County, Mazandaran Province. Three pieces of them with an average weight of 250±1000 grams were transported to the laboratory in ice and inside ionolith boxes. After being transported to the laboratory, the fish were washed, gutted, and scaled in complete sanitary conditions. Then, they were divided into uniform pieces with an approximate weight of 60 grams. The sample pieces were stored in sterilized polyethylene packages and kept in a freezer at -18°C until preparation. After lipid extraction, the dried lipid fraction was subjected to

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

transmethylation to prepare fatty acid methyl esters. In order to identify, determine, and measure fatty acids, the composition of fatty acids extracted from the samples was analyzed by GC-FID chromatography.

Results and Discussion: In the present study, the fatty acid composition of two farmed fish species, rainbow trout and common carp, was investigated during a 90-day storage period at -18°C. Identification and analysis of fatty acids were performed using GC-FID chromatography, and a total of 17 different fatty acids were identified, with monounsaturated fatty acids (MUFA) having the highest contribution (34.14 % in trout and 39.83 %in carp) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) having the lowest contribution (27.72 %in trout and 17.29 %in carp) (Tenyang *et al*., 2019). Carp had the highest amount of saturated fatty acids (SFA) and MUFA, while trout had a significantly higher content of EPA, DHA and a better ratio of PUFA/SFA and omega- ٣to omega- ٦than carp (Öz, 2019). Also, during the storage period, the lowest rate of change against oxidation was related to saturated fatty acids. While a more significant decrease was observed in MUFA and especially in PUFA (Saberi *et al*., 2011). A significant decrease was also observed in the amount of omega-3 fatty acids, which is due to the high sensitivity of these fatty acids to oxidation. The results showed that freezing is an effective method in reducing the rate of fish fat degradation, but qualitative changes over time still exist. Also, the trout studied in this study had a higher consumption preference than common carp due to the presence of higher levels of unsaturated fatty acids before freezing and during storage at freezing temperature.

Conclusion: In this study, a significant difference in fatty acid composition was observed between the two species of rainbow trout and common carp; with trout containing higher levels of EPA and DHA fatty acids and a more favorable ratio of PUFA to SFA, which reinforces the preference for trout consumption from a nutritional perspective. Storage at -18°C resulted in a decrease in the content of saturated and unsaturated fatty acids, with the decrease being greater in polyunsaturated fatty acids than in other fatty acids. Freezing also proved to be an effective method in slowing down the rate of lipid degradation, but qualitative changes in PUFA and MUFA still persisted. Therefore, timely consumption and more appropriate storage, especially for trout, could lead to better utilization of the benefits of unsaturated fatty acids in fish. However, additional improvements such as antioxidants or oxidation management may be necessary to maximize the preservation of these fatty acids during long-term storage.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest between the authors of the article.

Acknowledgment: The authors would like to express their gratitude to all individuals who contributed in any way to the completion of this study.

Keywords: fatty acid, oxidation, Rainbow trout, Common carp

* *Corresponding Author: dr.fahim79@yahoo.com*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۵، صفحه های ۷۹-۶۵
DOI: 10.71901/jad-2026-1-910

"مقاله پژوهشی"

مقایسه پروفایل اسیدهای چرب در فیله ماهیان پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) قبل و بعد از انجماد

فردین کاظم‌پور[۱]، یاسمن فهیم دژبان [۱*]

۱- گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۸

چکیده

ماهیان منابع غنی اسیدهای چرب امگا-۳ از جمله ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) هستند که نقش مهمی در سلامت انسان دارند. در این مطالعه، تغییرات ترکیب اسیدهای چرب موجود در قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپورمعمولی طی ۹۰ روز نگهداری در دمای ۱۸ °C- بررسی شد. با استفاده از کروماتوگرافی GC-FID، ۱۷ اسید چرب مختلف شناسایی شدند که اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) بیشترین سهم (۳۴/۱۴ درصد در قزل‌آلای رنگین‌کمان و ۳۹/۸۳ درصد در کپورمعمولی) و اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) کمترین سهم (۲۷/۷۲ درصد در قزل‌آلای رنگین‌کمان و ۱۷/۲۹ درصد در کپورمعمولی) را داشتند. کپورمعمولی بیشترین مقدار اسیدهای چرب اشباع (SFA) و MUFA را دارا بود در حالی که قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور معنی‌داری محتوای بالاتری از EPA، DHA و نسبت بهتری از PUFA/SFA و امگا-۳ به امگا-۶ نسبت به کپورمعمولی داشت. همچنین طی دوره نگهداری، کمترین میزان تغییر در برابر اکسیداسیون مربوط به اسیدهای چرب اشباع بود. در حالی که کاهش محسوس‌تری در MUFA و خصوصاً در PUFA مشاهده شد. همچنین کاهش معنی‌داری در میزان اسیدهای چرب امگا-۳ دیده شد که ناشی از حساسیت بالای این اسیدهای چرب به اکسیداسیون است. نتایج نشان دادند که انجماد به‌عنوان روشی مؤثر در کاهش سرعت تخریب چربی ماهی‌ها عمل می‌کند، اما تغییرات کیفی در طول زمان همچنان وجود دارد. همچنین قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل حضور میزان بالاتر اسیدهای چرب غیر اشباع قبل از انجماد و در طی دوره نگهداری در دمای انجماد ارجحیت مصرف بالاتری نسبت به کپور معمولی دارد.

کلمات کلیدی: اسید چرب، اکسیداسیون، قزل‌آلای رنگین‌کمان، کپورمعولی

* عهده‌دار مکاتبات: dr.fahim79@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

مقدمه

ماهیان، در مقایسه با گوشت قرمز و بسیاری از منابع پروتئینی حیوانی دیگر، به‌واسطه ترکیب منحصربه‌فرد پروفایل چربی خود، جایگاه ویژه‌ای در تغذیه انسانی دارند. این پروفایل شامل مقادیر متوازن و متنوعی از اسیدهای چرب اشباع (SFA)، تک‌غیراشباع (MUFA) و چندغیراشباع (PUFA) است که به‌ویژه در مورد امگا-۳ و امگا-۶، از کیفیت زیستی بالایی برخوردارند (Sayady *et al*., 2020). تفاوت در نوع و تعداد پیوندهای دوگانه موجود در ساختار این اسیدهای چرب، به‌ویژه آن‌هایی که دارای زنجیره بلند و پیوندهای دوگانه متعدد هستند، نقش مهمی در تمایز کیفی میان گوشت ماهی و گوشت قرمز ایفا می‌کند. در واقع، آنچه گوشت آبزیان را از سایر منابع پروتئینی حیوانی متمایز می‌سازد، نه تنها ترکیب اسیدهای چرب، بلکه ساختار منحصربه‌فرد پروفایل چربی آنهاست (Özogul and Özogul, 2002). در این میان، دو اسید چرب ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک (DHA) به‌دلیل اثرات اثبات‌شده در بهبود عملکرد قلبی–عروقی، سیستم عصبی و کاهش فرآیندهای التهابی، در کانون توجه پژوهشگران و نهادهای بهداشت غذایی قرار گرفته‌اند (Djuricic and Calder, 2021). بر اساس توصیه سازمان ایمنی غذای اروپا و انجمن بین‌المللی مطالعه اسیدهای چرب و لیپیدها، دریافت روزانه ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم از مجموع EPA و DHAبرای بزرگسالان سالم پیشنهاد شده است (Cholewski *et al*., 2018; Rincón-Cervera *et al*., 2019; Rincón-Cervera *et al*., 2020).

گونه‌های پرورشی ماهیان، عمدتاً در دو گروه کلی گرم‌آبی و سردآبی طبقه‌بندی می‌گردند. در این میان، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، که در زمره ماهیان سردآبی قرار دارد، به علت برخورداری از ویژگی‌هایی نظیر کیفیت مطلوب بافت عضلانی، سازگاری مناسب با شرایط پرورش متراکم، دوره رشد کوتاه و تحمل نسبتاً بالای شرایط فیزیکوشیمیایی محیطی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گونه‌های پرورشی در کشور ایران شناخته می‌شود (Mohammadi *et al*., 2023). در سوی دیگر، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، متعلق به خانواده کپور ماهیان، به‌عنوان یک گونه گرم‌آبی و از آبزیان بومی آب‌های شیرین، در طیف وسیعی از اقلیم‌ها و سیستم‌های پرورشی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و سهم بسزایی در تأمین پروتئین حیوانی جوامع مختلف ایفا می‌نماید (Shabanpour *et al*., 2017; Mohammadi *et al*., 2017).

با وجود ارزش تغذیه‌ای بالای گوشت ماهی، یکی از چالش‌های اصلی در فرآوری و نگهداری این فرآورده‌ها، بروز پدیده اکسیداسیون چربی است. فرآیند اکسیداتیو، که به‌دلیل وجود مقادیر قابل‌توجهی از اسیدهای چرب چندغیراشباع در ساختار چربی ماهیان تسهیل می‌گردد، از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت حسی و شیمیایی و در نتیجه کاهش ماندگاری محصولات دریایی به‌شمار می‌رود. این پدیده با تولید ترکیبات نهایی ناخواسته، به‌ویژه ترکیبات فرار با بوی نامطبوع، می‌تواند منجر به کاهش پذیرش مصرف‌کننده و کاهش ارزش بازار محصول گردد (Aubourg *et al*., 2004, Sahari *et al*., 2011, Romotowska *et al*., 2016, Masniyom, 2011).

با عنایت به حساسیت بالای ترکیبات چربی ماهیان به اکسیداسیون، اتخاذ روش‌های مؤثر در کاهش نرخ این

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

واکنش‌ها در طی مراحل نگهداری، امری ضروری و کلیدی محسوب می‌شود. در این میان، روش انجماد، به‌عنوان یکی از استراتژی‌های متداول و مؤثر در صنعت نگهداری آبزیان، با هدف کاهش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی و میکروبی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نگهداری ماهی در دماهای پایین و شرایط انجماد، ضمن توقف رشد اغلب میکروارگانیسم‌ها، منجر به کاهش فعالیت‌های آنزیمی و شیمیایی گردیده و تا حدودی از تخریب ساختار پروتئینی و چربی ماهی جلوگیری می‌نماید. با این حال، شواهد پژوهشی متعدد حاکی از آن است که علی‌رغم تأثیرات مثبت فرآیند انجماد، برخی واکنش‌های مخرب همچون اکسیداسیون لیپیدها، تجزیه پروتئین‌ها و تغییر در ساختار اسیدهای چرب، در طول دوره نگهداری حتی در دماهای زیر صفر نیز به‌صورت کندتر ادامه می‌یابد (Suárez-Medina *et al*., 2024).

پژوهش‌هایی درباره شناسایی اسیدهای چرب و میزان آنها در آبزیان مختلف و تاثیر شرایط نگهداری بر این پارامترها انجام شده است. برای مثال، Saberi و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای بر روی ماهیان کپور، فیتوفاگ و قزل‌آلا پرورش‌یافته در رشت گزارش کردند که قزل‌آلا بیشترین میزان امگا-۳ (۰/۷۳ درصد) و امگا-۶ (۰/۶۳ درصد) را نسبت به دو گونه دیگر دارد. در پژوهشی دیگر، Dernekbaşı و همکاران (۲۰۲۲) اسیدهای میریستیک، استئاریک، پالمیتیک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، آراشیدونیک، EPA و DHA را به‌عنوان ترکیبات غالب در پروفایل اسیدهای چرب فیله قزل‌آلای پرورشی معرفی کردند. همچنین، Karami و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که در فیله تیلاپیا نیلی (*Oreochromis niloticus*) درصد اسیدهای چرب اشباع، تک‌غیراشباع و چندغیراشباع طی شش ماه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سلسیوس، نسبت به روز صفر تغییرات قابل توجهی داشته است.

با توجه به نبود مطالعاتی که به بررسی ترکیب اسیدهای چرب در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) و کپور معمولی (*C. carpio*) پرورشی شهرستان سوادکوه، پیش و پس از انجماد پرداخته باشند، پژوهش حاضر با هدف مقایسه تغییرات پروفایل اسیدهای چرب فیله خام این دو گونه در طی دوره انجماد طراحی شده است. نتایج این تحقیق می‌تواند در انتخاب گونه مناسب و بهبود کیفیت نهایی محصول نقش مؤثری ایفا کند.

مواد و روش‌ها

آماده سازی ماهی و تهیه تیمارها

گونه‌های مورد مطالعه شامل ماهیان پرورشی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) و کپور معمولی (*C. carpio*) از استخرهای پرورشی واقع در شهرستان سوادکوه استان مازندران تهیه گردیدند. تعداد سه قطعه از آنها با میانگین وزن ۲۵۰±۱۰۰۰گرم در مجاورت یخ و داخل جعبه‌های یونولیتی به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از انتقال به آزمایشگاه، ماهیان در شرایط بهداشتی کامل، تحت فرآیند شستشو، تخلیه شکمی و فلس‌گیری قرارگرفتند. سپس به قطعات یکنواخت با وزن تقریبی ۶۰ گرم تقسیم‌بندی شدند. قطعات نمونه در بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلنی استریل شده نگهداری و تا زمان آماده‌سازی در فریزر با دمای منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد حفظ شدند (khosravi Bache Mir *et al*., 2023).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

استخراج چربی

برای استخراج بخش چربی، کل محتویات هر نمونه به صورت همگن درآمد. سپس ۴ گرم از نمونه‌های همگن‌شده در لوله‌های ۵۰ میلی‌لیتری وزن شدند. به نمونه‌ها محلول کلروفرم: متانول (۲:۱، حجم به حجم) اضافه گردید و پس از آن محلول ۰/۷۳ درصد سدیم کلراید (NaCl) افزوده‌شد. نمونه‌ها به مدت ۱ تا ۲ دقیقه در ورتکس مخلوط شدند و سپس در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. لایه چربی (لایه پایینی) به‌دقت جمع‌آوری شده و در بالن‌های از قبل وزن شده ریخته شد و با استفاده از تبخیرکننده چرخان خشک شد. میزان کل چربی به صورت وزن گرم بر ۱۰۰ گرم نمونه تعیین‌گردید. جهت تهیه متیل‌استرهای اسید چرب، بخش چربی خشک‌شده تحت فرآیند ترانس‌متیلاسیون قرارگرفت. این فرآیند با افزودن مخلوط متانول: اسید سولفوریک (۹:۱، حجم به حجم) انجام شد و نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در فر قرارگرفتند. پس از آن، محلول رویی با n–هگزان رقیق گردید (Folch *et al*., 1957).

شناسایی، تعیین و اندازه‌گیری اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب استخراج شده از نمونه‌ها توسط کروماتوگراف گازی مجهز به انژکتور split/splitless و آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای (GC-FID، Dani Master GC، Dani Instrument، میلان، ایتالیا) تجزیه و تحلیل شد. دستگاه به یک ستون ZB-Wax (Phenomenex، Torrance، CA، ایالات متحده آمریکا) با طول ۳۰ متر، قطر داخل ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه نازک ۰/۲۵ میکرومتر مجهز بود. شرایط عملیاتی به شرح زیر بود: دمای آون ستون از ۵۰ درجه سانتی‌گراد (زمان نگهداری ۲ دقیقه) تا ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد (زمان نگهداری ۱۵ دقیقه) با نرخ گرمایش ۳ درجه سانتی‌گراد در دقیقه متغیر بود. دمای انژکتور و آشکارساز روی ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد که با سرعت خطی ۳۰ سانتی‌متر بر ثانیه (ثابت) جریان داشت. حجم تزریق ۱ میکرولیتر با نسبت تقسیم ۱:۵۰ بود. از نرم‌افزار DataApex) Clarity Chromatography v4.0.2، پراگ، جمهوری چک) برای جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها استفاده شد (Nava *et al*., 2023).

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری اسیدهای چرب، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.4M7 و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرارگرفتند. جهت تحلیل اثر زمان نگهداری بر ترکیب اسیدهای چرب در هر گونه به صورت جداگانه، از تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. در مواردی که اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها مشاهده شد، آزمون چنددامنه دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد به‌کارگرفته شد. برای مقایسه ترکیب اسیدهای چرب بین دو گونه ماهی (قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور معمولی) در هر زمان مشخص، از آزمون t مستقل استفاده گردید. تمامی تحلیل‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شدند.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

نتایج

شناسایی پروفایل اسید چرب و میزان آنها در نمونه های ماهی

در تحقیق حاضر، مجموعاً ۱۷ نوع اسید چرب در هر دو گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپورمعمولی مورد شناسایی قرارگرفت. داده‌های حاصل از این بررسی نشان‌دهنده حضور سه گروه عمده از اسیدهای چرب در بافت فیله ماهی‌ها بود: اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA) و اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA)، که در مراحل مختلف نگهداری، به‌صورت کمی و کیفی بررسی شدند. در هر دو گونه مورد مطالعه، اسیدهای چرب تک غیراشباع سهم غالب را در میان اسیدهای چرب تشکیل می‌دادند و پس از آن به‌ترتیب اسیدهای چرب اشباع و چند غیراشباع قرار داشتند. مطابق با جدول ۱، در میان SFAها، پالمیتیک اسید (C16:0) و استئاریک اسید (C18:0) بیشترین درصد حضور را نشان دادند. در گروه MUFAها، اولئیک اسید (C18:1) به‌عنوان اسید چرب غالب شناسایی شد. در گروه PUFAها، لینولئیک اسید (C18:2, ω-6) بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. از مهم‌ترین نتایج قابل ذکر در این مطالعه، حضور معنی‌دار اسیدهای چرب بلند زنجیره امگا-۳ از جمله EPA و DHA بود که میزان آن‌ها در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به کپورمعمولی به‌طور معنی‌اداری بالاتر بود. در تحلیل آماری انجام‌شده بر اساس داده‌های جدول ۲، میان دو گونه ماهی مورد بررسی در مقادیر EPA+DHA، SFA، MUFA، PUFA، نسبت PUFA/SFA و نیز نسبت امگا-۳ به امگا-۶ در تمامی روزها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<0/05$). بالاترین میزان PUFA، نسبت PUFA/SFA و نسبت امگا-۳ به امگا-۶ به‌صورت پایدار در تمام ایام ذخیره‌سازی در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان مشاهده شد، در حالی که ماهی کپورمعمولی بیشترین مقدار SFA و MUFA را دارا بود. با بررسی داده‌های حاصل از جدول ۱و ۲ مشخص گردید که طی دوره نگهداری در دمای انجماد، ترکیب اسیدهای چرب دچار تغییراتی شده است. اسیدهای چرب اشباع در برابر اکسیداسیون، کمترین میزان تغییر را تجربه کرده‌اند؛ در حالی که کاهش محسوس‌تری در MUFA و خصوصاً در PUFAها مشاهده گردید.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

جدول ۱: میانگین پروفایل اسید چرب (گرم در ۱۰۰ گرم) در ماهی کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان

Table 1: Average fatty acid profile (grams per 100 grams) in common carp and rainbow trout

Fatty acid	Treatment	Storage time (Day)			
		0	30	60	90
C14:0	*O. mykiss*	0.92 ±0.02 ^{Ab}	0.94 ±0.03 ^{Ab}	0.96 ±0.10 ^{Ab}	0.97 ±0.11 ^{Ab}
	C. *carpio*	1.18±0.01 ^{Aa}	1.17±0.02 ^{Aa}	1.16±0.04 ^{Aa}	1.15±0.05 ^{Aa}
C15:0	*O. mykiss*	0.23 ±0.02 ^{Aa}	0.24 ±0.03 ^{Aa}	0.25 ±0.04 ^{Aa}	0.25 ±0.07 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.26±0.04 ^{Aa}	0.26±0.06 ^{Aa}	0.25±0.06 ^{Aa}	0.25±0.04 ^{Aa}
C16:0	*O. mykiss*	19.52 ±0.04 ^{Ab}	19.43 ±0.09 ^{Ab}	19.24 ±0.06 ^{ABb}	18.96±0.36 ^{Bb}
	C. *carpio*	23.50±0.07 ^{Aa}	23.31±0.14 ^{ABa}	23.08±0.24 ^{ABa}	22.86±0.34 ^{Ba}
C18:0	*O. mykiss*	6.71 ±0.09 ^{Ab}	6.64 ±0.16 ^{Ab}	6.50 ±0.09 ^{ABb}	6.29±0.21 ^{Bb}
	C. *carpio*	8.80±0.15 ^{Aa}	8.75±0.14 ^{Aa}	8.64±0.04 ^{Aa}	8.55±0.15 ^{Aa}
C20:0	*O. mykiss*	0.45 ±0.01 ^{Aa}	0.44 ±0.02 ^{Aa}	0.43 ±0.03 ^{Aa}	0.41 ±0.02 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.33±0.02 ^{Ab}	0.33±0.02 ^{Ab}	0.32±0.02 ^{Ab}	0.30±0.005 ^{Ab}
C22:0	*O. mykiss*	0.15 ±0.05 ^{Aa}	0.15 ±0.08 ^{Aa}	0.15 ±0.04 ^{Aa}	0.14 ±0.01 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.12±0.02 ^{Aa}	0.11±0.01 ^{Aa}	0.11±0.03 ^{Aa}	0.11±0.01 ^{Aa}
C24:0	*O. mykiss*	0.21 ±0.02 ^{Aa}	0.21 ±0.05 ^{Aa}	0.20 ±0.05 ^{Aa}	0.20 ±0.07 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.18±0.05 ^{Aa}	0.18±0.07 ^{Aa}	0.17±0.05 ^{Aa}	0.17±0.04 ^{Aa}
C16:1	*O. mykiss*	1.92± 0.29 ^{Aa}	1.90± 0.26 ^{Aa}	1.87± 0.30 ^{Aa}	1.85± 0.32 ^{Aa}
	C. *carpio*	1.55±0.18 ^{Aa}	1.54±0.017 ^{Aa}	1.52±0.15 ^{Aa}	1.50±0.17 ^{Aa}
C18:1	*O. mykiss*	31.63 ±0.51 ^{Ab}	31.26 ±0.31 ^{Ab}	30.75±0.49 ^{ABb}	30.22±0.16 ^{Bb}
	C. *carpio*	37.81±0.14 ^{Aa}	37.40±0.35 ^{ABa}	37.00±0.21 ^{BCa}	36.50±0.50 ^{Ca}
C20:1	*O. mykiss*	0.41 ±0.03 ^{Aa}	0.40 ±0.06 ^{Aa}	0.40 ±0.02 ^{Aa}	0.39 ±0.04 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.34±0.09 ^{Aa}	0.33±0.07 ^{Aa}	0.31±0.10 ^{Aa}	0.29±0.08 ^{Aa}
C22:1	*O. mykiss*	0.18 ±0.06 ^{Aa}	0.18 ±0.08 ^{Aa}	0.17 ±0.09 ^{Aa}	0.17 ±0.07 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.13±0.01 ^{Aa}	0.12±0.06 ^{Aa}	0.12±0.08 ^{Aa}	0.11±0.07 ^{Aa}
C18:2	*O. mykiss*	16.20 ±0.27 ^{Aa}	15.91 ±0.25 ^{ABa}	15.64 ±0.43 ^{ABa}	15.27±0.17 ^{Ba}
	C. *carpio*	11.06±0.04 ^{Ab}	10.80±0.22 ^{ABb}	10.55±0.45 ^{ABb}	10.20±0.26 ^{Bb}
C18:3	*O. mykiss*	2.83 ±0.08 ^{Aa}	2.78 ±0.05 ^{Aa}	2.72 ±0.08 ^{Aa}	2.65 ±0.18 ^{Aa}
	C. *carpio*	1.07±0.09 ^{Ab}	1.05±0.06 ^{Ab}	1.04±0.06 ^{Ab}	1.00±0.03 ^{Ab}
C20:2	*O. mykiss*	0.52 ±0.05 ^{Aa}	0.51 ±0.04 ^{Aa}	0.50 ±0.05 ^{Aa}	0.50 ±0.06 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.43±0.02 ^{Aa}	0.42±0.03 ^{Aa}	0.40±0.05 ^{Aa}	0.39±0.05 ^{Aa}
C20:4	*O. mykiss*	1.04 ±0.03 ^{Aa}	1.01 ±0.05 ^{Aa}	0.98 ±0.02 ^{Aa}	0.95 ±0.07 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.87±0.03 ^{Ab}	0.84±0.04 ^{Ab}	0.83±0.04 ^{Ab}	0.80±0.02 ^{Ab}
C20:5	*O. mykiss*	1.21 ±0.15 ^{Aa}	1.12 ±0.13 ^{Aa}	1.04 ±0.03 ^{Aa}	0.99 ±0.07 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.75±0.09 ^{Ab}	0.70±0.02 ^{Ab}	0.66±0.08 ^{Ab}	0.62±0.08 ^{Ab}
C22:6	*O. mykiss*	5.92±0.15 ^{Aa}	5.58 ±0.27 ^{ABa}	5.25 ±0.08 ^{Ba}	5.02 ±0.35 ^{Ba}
	C. *carpio*	3.11±0.02 ^{Ab}	2.98±0.19 ^{Ab}	2.85±0.30 ^{Ab}	2.72±0.49 ^{Ab}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون و برای یک نوع اسید چرب مشخص، نشان‌دهنده تفاوت‌های آماری معنی‌دار هستند (p<0/05). حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف و برای دو گونه ماهی، نشان‌دهنده تفاوت‌های آماری معنی‌دار می‌باشند (p<0/05).

Different lowercase letters within each column and for a given fatty acid type indicate statistically significant differences at the 95% confidence level (p< 0.05). Different uppercase letters within each row and for tow fish species indicate statistically significant differences at the 95% confidence level (p< 0.05).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

جدول ۲: تغییرات ترکیب اسیدهای چرب (گرم در ۱۰۰ گرم) در کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان

Table 2: Changes in fatty acid composition (grams per 100 grams) in common carp and rainbow trout

Fatty acid	Treatment	Storage time (Day)			
		0	30	60	90
EPA + DHA	*O. mykiss*	7.13±0.21 ^{Aa}	6.70±0.30 ^{ABa}	6.29±0.36 ^{BCa}	6.01±0.08 ^{Ca}
	C. *carpio*	3.86±0.09 ^{Ab}	3.68±0.19 ^{Ab}	3.51±0.50 ^{Ab}	3.34±0.31 ^{Ab}
SFA	*O. mykiss*	28.19±0.12 ^{Ab}	28.05±0.21 ^{Ab}	27.73±0.17 ^{ABb}	27.22±0.38 ^{Bb}
	C. *carpio*	34.37±0.18 ^{Aa}	34.11±0.22 ^{ABa}	33.73±0.26 ^{BCa}	33.39±0.44 ^{Ca}
MUFA	*O. mykiss*	34.14±0.59 ^{Ab}	33.74±0.42 ^{ABb}	33.19±0.72 ^{ABb}	32.63±0.60 ^{Bb}
	C. *carpio*	39.83±0.24 ^{Aa}	39.39±0.36 ^{ABa}	38.95±0.52 ^{ABa}	38.40±0.54 ^{Ba}
PUFA	*O. mykiss*	27.72±0.36 ^{Aa}	26.91±0.40 ^{Aa}	25.93±0.45 ^{Ba}	25.38±0.44 ^{Ba}
	C. *carpio*	17.29±0.14 ^{Ab}	16.79±0.30 ^{ABb}	16.33±0.47 ^{BCb}	15.73±0.56 ^{Cb}
PUFA/SFA	*O. mykiss*	0.98±0.01 ^{Aa}	0.96±0.02 ^{Aa}	0.93±0.02 ^{Aa}	0.93±0.02 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.50±0.005 ^{ab}	0.49±0.01 ^{Ab}	0.48±0.015 ^{Ab}	0.47±0.02 ^{Ab}
ω3/ω6	*O. mykiss*	0.56±0.02 ^{Aa}	0.54±0.02 ^{Aa}	0.53±0.01 ^{Aa}	0.52±0.02 ^{Aa}
	C. *carpio*	0.40±0.01 ^{Ab}	0.39±0.02 ^{Ab}	0.39±0.03 ^{Ab}	0.38±0.04 ^{Ab}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون و برای یک نوع اسید چرب مشخص، نشان‌دهنده تفاوت‌های آماری معنی‌دار هستند (p<0/05). حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف و برای دو گونه ماهی، نشان‌دهنده تفاوت‌های آماری معنی‌دار می‌باشند (p<0/05).

Different lowercase letters in each column and for a given parameter type indicate statistically significant differences at the 95% confidence level (p< 0.05). Different uppercase letters in each row and for tow fish species indicate statistically significant differences at the 95% confidence level (p< 0.05). Abbreviation: EPA (Eicosapentaenoic acid); DHA (Docosahexaenoic acid); SFA (Saturated fatty acids); MUFA (monounsaturated fatty acids); PUFA (polyunsaturated fatty acids); ω3 (omega-3); ω6 (omega-6).

بحث

شناسایی پروفایل اسید چرب و میزان آنها در نمونه‌های ماهی

ماهی‌ها از دیرباز به‌عنوان منابع غنی از پروتئین با کیفیت بالا در رژیم غذایی انسان مورد توجه بوده‌اند. افزون بر این، در سال‌های اخیر اهمیت چربی‌های ماهی، به‌ویژه به دلیل ترکیب ویژه اسیدهای چرب غیراشباع آن‌ها، جایگاه ویژه‌ای در مطالعات تغذیه‌ای یافته است. چربی‌های موجود در ماهی‌ها سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع با زنجیره بلند هستند که نقش‌های مهمی در سلامت انسان ایفا می‌کنند (Noreen *et al*., 2025, Weber *et al*., 2008). نتایج بررسی ترکیبات اسیدهای چرب در بافت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور معمولی نشان داد که هر دو گونه حاوی سه گروه عمده از اسیدهای چرب اشباع، تک غیراشباع و چند غیراشباع است. در این تحقیق فراوان‌ترین نوع اسیدهای چرب در هر دو نوع ماهی، اسیدهای چرب تک غیراشباع و اشباع بودند. هم‌راستا با پژوهش حاضر، Öz و همکاران (۲۰۱۹) مقادیر SFA در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش‌یافته در شرایط مختلف را بین ۲۱/۴۵ تا ۲۹/۳۸ درصد و مقادیر PUFA و MUFA را به ترتیب در بازه‌ای از ۱۸/۵۶ تا ۳۴/۱۷ درصد و ۲۵/۳۶ تا ۵۹/۴۹ درصد گزارش دادند (Öz, 2019). در مطالعه دیگر، نسبت‌های کل SFA، MUFA و PUFA قزل‌آلای رنگین‌کمان صید شده از طبیعت به شرح زیر بود: ۰/۵۴ ± ۲۸/۰۴، ۰/۷۳ ± ۲۴/۶۹ و ۰/۹۵ ± ۳۵/۰۷ (Mustafa and Dikel, 2015). در بررسی‌های دیگر، Tommonaro و همکاران (۲۰۲۳) سهم SFA در بافت کپور را در محدوده ۲۴ تا ۵۴ درصد و میزان MUFA

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

را در بازه ۳۳ تا ۵۸ درصد کل اسیدهای چرب اعلام نمودند. Jorjani و همکاران (۲۰۱۵) میزان MUFA کپور معمولی و کپور نقره‌ای را به ترتیب ۴۵ درصد و ۳۳ درصد از کل اسیدهای چرب ارزیابی نمودند.

در این پژوهش، اولئیک اسید و لینولئیک اسید به ترتیب به‌عنوان فراوان ترین اسیدهای چرب تک غیراشباع و چند غیراشباع شناخته شدند. همچنین، پالمیتیک و استئاریک اسید به‌عنوان عمده‌ترین اسیدهای چرب اشباع در نمونه‌ها شناسایی شدند. براساس نتایج، میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره امگا-۳، از جمله EPA وDHA، در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌طور معنی‌داری بالاتر از کپورمعمولی بود. این ترکیبات به‌عنوان اجزای زیست‌فعال شناخته‌شده با اثرات ضدالتهابی، ضداکسیدانی و نقش مهم در سلامت قلبی-عروقی، از اهمیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار هستند. یافته‌های Sabetian و همکاران (۲۰۱۲) بر این امر تأکید داشت که در قزل‌آلای رنگین‌کمان، اسیدهای میریستیک، پالمیتیک و استئاریک بیشترین سهم را درSFAها داشته و ترکیبات غالب PUFA شامل لینولئیک، لینولنیک، EPA و DHA بودند؛ همچنین، MUFA- در این گونه بیشترین درصد را به خود اختصاص داده بود. Dernekbaşı و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی، میریستیک، استئاریک، پالمیتیک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک و آراشیدونیک اسید، EPA و DHA را به عنوان اسیدهای چرب غالب در ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی اعلام کردند. Kocatepe و همکاران (۲۰۲۲) میزان اسیدهای چرب اشباع در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و ماهی آزاد اقیانوس اطلس را به ترتیب ۲۵/۴۴ درصد و ۱۶/۱۷ درصد گزارش دادند.

طبق نتایج آنها پالمیتیک اسید فراوان‌ترین SFA در دو نمونه بود. همچنین تفاوت معنی‌داری در میزان همه SFAها وجود داشت. اولئیک اسید و پالمیتولئیک اسید نیز فراوان‌ترین MUFA در نمونه‌ها بودند. علاوه براین میزان کل PUFA نمونه‌ها بسیار نزدیک به هم بود و تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. لینولئیک اسید، DHA و لینولنیک اسید اجزای غالب PUFA در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بودند. بیشترین EPA و DHA نیز در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یافت شد. Ren و همکاران (۲۰۲۳) میزان SFA و MUFA ماهی کپور را به ترتیب ۱/۴۵ ± ۳۱/۸ و ۰/۹۶ ± ۲۶/۹ درصد گزارش کردند. بیشترین اسیدچرب اشباع، تک غیراشباع و چند غیر اشباع شناسایی شده در آن پژوهش به ترتیب پالمیتیک اسید، اولئیک اسید و لینولئیک اسید بودند.

Farahi و همکاران (۲۰۱۸) در خصوص بررسی پروفایل اسیدهای چرب در گورامی غول‌پیکر (*Osphronemus goramy*) و کپور معمولی نشان دادند که اختلاف معنی‌داری در مقادیر EPA، DHA و SFA میان این دو گونه وجود ندارد، اما نسبت PUFA/SFA در کپور مطلوب‌تر از گورامی گزارش شد. مطابق با نتایج گزارش‌شده توسط Saberi و همکاران (۲۰۱۱)، بررسی محتوای EPA، DHA و امگا-۶ در گوشت سه گونه پرورشی شامل قزل‌آلای رنگین‌کمان، کپور معمولی و فیتوفاگ نشان داد که قزل‌آلا رنگین‌کمان بالاترین میزان این اسیدهای چرب را در مقایسه با سایر گونه‌ها داراست، در حالی که کپور معمولی کمترین مقادیر را نشان داد. در مطالعه‌ای دیگر، میزان EPA ماهی قزل‌آلا، ۱/۹۳ درصد و میزان DHA، ۵/۶۹ درصد بود (Özyılmaz, 2019). به طور کلی رژیم غذایی یکی از مهمترین دلایل ایجاد تفاوت در پروفایل

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

اسیدهای چرب در ماهی‌ها می باشد. پروفایل اسیدهای چرب غذایی که ماهی‌ها با آن تغذیه می‌شوند در شکل‌دهی به پروفایل اسیدهای چرب ماهی بسیار مهم است. الگوهای تغذیه ماهی و محیط زیست آنها برای پروفایل اسیدهای چرب و محتوای بدن مهم هستند (Öz, 2019).

یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی ارزش بیولوژیکی چربی، نسبت PUFA به SFA و همچنین نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ است. نسبت بالاتر امگا-۳ از لحاظ بیولوژیکی مطلوب‌تر تلقی می‌شود و بر اساس استانداردها، مقادیر بیشتر از ۰/۵ نشان‌دهنده وضعیت تغذیه‌ای مناسب‌تری هستند (Roy *et al*., 2022; Vujković *et al*., 1999). در این مطالعه، به‌طور قابل توجهی میان دو گونه ماهی مورد بررسی در مقادیر EPA+DHA، SFA، MUFA، PUFA، نسبت PUFA/SFA و نسبت امگا-۳ به امگا-۶ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین میزان PUFA، نسبت PUFA/SFA و نسبت امگا-۳ به امگا-۶ به‌صورت پایدار در تمامی مراحل نگهداری در فیله قزل‌آلای رنگین‌کمان ثبت شد، در حالی که کپور معمولی بیشترین درصد SFA و MUFA را نشان داد. نتایج حاکی از آن است که در طول دوره نگهداری در دمای انجماد، بالاترین میزان فساد اکسیداتیو در اسیدهای چرب چندگانه و تک‌غیراشباع مشاهده شد، در حالی‌که اسیدهای چرب اشباع به دلیل پایداری بیشتر در برابر اکسیداسیون، کمترین تغییرات را نشان دادند. دلیل این تفاوت به حساسیت بالای EPA و DHA نسبت داده می‌شود، که در شدت واکنش‌های اکسیداتیو نقش مهمی ایفا می‌کنند. Pirestani و همکاران (۲۰۱۰)، تغییرات اسیدهای چرب چند گونه ماهی دریای خزر شامل ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*)، کفال طلایی (*Liza aurata*)، کپور معمولی (*C. carpio*)، سوف (*Sander lucioperca*) و کیلکای معمولی (*Clupeonella cultiventris caspia*) را بررسی نموده و اعلام کردند که در طول دوره نگهداری در سردخانه کاهش قابل توجهی در PUFA و افزایش در SFA مشاهده شد. در پژوهشی دیگر توسط Nazemroaya در سال ۲۰۰۹، تحت عنوان اثر انجماد طی ۶ ماه بر اسیدهای چرب دو گونه Scomberomorus و Carcharhinus نیز روند کاهش PUFA و افزایش SFA در طول دوره نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد ثبت گردید (Sahari *et al*., 2009). Al-Sabagh و همکاران (۲۰۱۶) با مقایسه اسیدهای چرب ماهی تازه و منجمدشده، کاهش ترکیباتی نظیر میریستولئیک اسید و پنتادکانوئیک اسید را در نمونه‌های منجمد مشاهده نمودند. همچنین، SFA از ۴/۷۳ به ۰/۶۶ و اسیدهای چرب غیراشباع از ۲/۴۶ به ۳/۳۶ گرم در ۱۰۰ گرم تغییر پیدا کرد (Al-Sabagh *et al*., 2016). Gandotra و همکاران (۲۰۱۲) نیز در پژوهش خود بیان کردند که کاهش چربی کل در طی فرآیند نگهداری ناشی از اکسیداسیون و تخریب تری‌گلیسیریدهاست. این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر نیز همخوانی دارد (Gandotra *et al*., 2012). Tenyang و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که در کپور قرمز تازه، بالاترین میزان اسیدهای چرب مربوط به SFA و پایین ترین میزان متعلق به PUFAها بود. ذخیره‌سازی منجمد در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد، به‌طور قابل‌توجهی پروفایل اسید چرب کپور قرمز را تغییر داد. به طوریکه در طول دوره ذخیره‌سازی، میزان کل SFAها و MUFAها افزایش و میزان PUFAها

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

به‌ویژه EPA، DHA و همچنین نسبت امگا ۳ به امگا ۶ کاهش یافت. علاوه براین از مقدار نسبت PUFA/SFA به دلیل اکسیداسیون PUFAها طی گذشت زمان کاسته شد و کمترین میزان پس از ۹ ماه نگهداری در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد به دست آمد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تفاوت قابل توجهی در ترکیب اسیدهای چرب میان دو گونه قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور معمولی مشاهده شد؛ به‌طوری که رنگین‌کمان حاوی میزان بالاتری از اسیدهای چرب EPA و DHA و نسبت مطلوب‌تری از PUFA به SFA بود که این امر ترجیح مصرف قزل‌آلای رنگین‌کمان از منظر تغذیه‌ای را تقویت می‌کند. نگهداری در دمای منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد منجر به کاهش میزان اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع شد که این کاهش در اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه از سایر اسیدهای چرب بالاتر بود. همچنین انجماد توانست به‌عنوان روشی مؤثر در کاهش سرعت تخریب چربی‌ها عمل کند، اما تغییرات کیفی در PUFA و MUFA همچنان وجود دارد. بنابراین مصرف به‌موقع و نگهداری مناسب‌تر، به‌ویژه برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ، می‌تواند منجر به بهره‌گیری بهتر از مزایای اسیدهای چرب غیراشباع موجود در ماهی شود. با این حال، بهبودهای مکملی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها یا مدیریت اکسیداسیون ممکن است برای حفظ حداکثر این اسیدهای چرب در طول نگهداری طولانی لازم باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت های همکاران محترم کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Al-Sabagh, E.S., El-Far, A.H., Sadek, K. M., Taha, N.M. and Saleh, E.A., 2016. Effect of Freezing and Frozen Storage on Amino Acid Profile and Fatty Acid Pattern in Imported and Local Meat. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences, 49*(1), pp.113-121. DOI:10.5455/ajvs.209080
2. Aubourg, S.P., Perez-alonso, F. and Gallardo, J.M., 2004. Studies on rancidity inhibition in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*) by citric and ascorbic acids. *European Journal of Lipid Science and Technology, 106*(4), pp.232-240. DOI: 10.1002/ejlt.200400937
3. Cholewski, M., Tomczykowa, M. and Tomczyk, M., 2018. A comprehensive review of chemistry, sources and bioavailability of omega-3 fatty acids. *Nutrients, 10*(11), 1662. DOI: 10.3390/nu10111662
4. Dernekbaşı, S., Karataş, E. and Karausel, İ., 2022. Comparative analysis of biochemical and fatty acid composition and mineral matter contents of cultured rainbow trouts (*Oncorhynchus mykiss*) in different stations. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 11*(3), pp.123-134.
5. Djuricic, I. and Calder, P.C., 2021. Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: an update for 2021. *Nutrients, 13*(7), 2421. DOI: 10.3390/nu13072421
6. Farahi, A., Sudagar, M., Yousefi Siahkalroudi, S., Mazandarani, M., Dadgar, Sh. and Ojagh, M., 2018. Comparison of growth performance, fillet efficiency and amino acid profile of common carp (*Cyprinus carpio*) and giant gourami (*Osphronemus goramy*)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

reared in concrete pools. *Journal of Aquaculture Sciences, 6*, pp.32-41. [In Persian]

7. 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. DOI:10.1016/S0021-9258(18)64849-5
8. Gandotra, R., Sharma, S., Koul, M. and Gupta, S., 2012. Effect of chilling and freezing on fish muscle. *Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 2*(5), pp.5-9. DOI:10.9790/3008-0250509
9. Jorjani, S., Ghelichi, A. and Jorjani, H., 2015. Comparison of Chemical Compositions and Fatty Acid Profile of Cultured Common Carp (*Cyprinus carpio*) and Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). Biology Education and Research in a Changing Planet: Selected Papers from the 25th Biennial Asian Association for Biology Education Conference, Springer, pp.167-172. DOI:10.1007/978-981-287-524-2_17
10. Karami, B,. Moradi, Y. and Motalleb, A., 2022. The Effect of Slow and Quick Freezing on Fatty Acid and Total Count of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fillets. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, *13*(4), pp. 177-186. [In Persian]
11. Khosravi Bache Mir, S., Kazemian, M. and Azizi, M.H., 2023. The effect of the type of packaging on the physicochemical and microbial characteristics of rainbow salmon (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored at refrigerator temperature. *Journal of Food Science and Technology, 20*(142), pp.239-252. DOI: 10.22034/FSCT.20.142.239. [In Persian]
12. Kocatepe, D., Turan, H., Kostekli, B., Altan, C. and Çorapci, B., 2022. Preliminary investigation of the nutritional composition of two commercial fish species: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 73*(4), pp.4817-4826. DOI: 10.12681/jhvms.27821
13. Masniyom, P., 2011. Deterioration and shelf-life extension of fish and fishery products by modified atmosphere packaging. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33*(2), pp.181-192.
14. Mohammadi, Q., M, Mesbah., Gh, Khajeh. and Mombini, A., 2017. Characteristics of farmed carp (*Cyprinus carpio*) millet in Khuzestan Province. *Journal of Marine Biology*, *9*(4), 93-100. [In Persian]
15. Mohammadi, A., Abdoli, L. and Akbarzadeh, A., 2023. The comparison of growth parameters of Iranian and imported Spanish strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in two water sources of river and spring. *Journal of Fisheries Science and Technology, 12*(2), pp.100-111. [In Persian]
16. Mustafa, O. and Dikel, S., 2015. Comparison of body compositions and fatty acid profiles of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Science and Technology, 3*(4), pp.56-60. DOI:10.13189/fst.2015.030402
17. Nava, V., Turco, V.L., Licata, P., Panayotova, V., Peycheva, K., Fazio, F., Rando, R., Di bella, G. and Potorti, A.G., 2023. Determination of fatty acid profile in processed fish and shellfish foods. *Foods, 12*(13), 2631. DOI: 10.3390/foods12132631
18. Nazemroaya, S., Sahari, M. and Rezaei, M., 2009. Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of *Scomberomorus commersoni* and *Carcharhinus dussumieri*. *Journal of Applied Ichthyology, 25*(1), pp.91-95. DOI:10.1111/j.1439-426.2008.01176.x
19. Noreen, S., Hashmi, B., Aja, P.M. and Atoki, A.V., 2025. Health benefits of fish and fish by-products—a nutritional and functional perspective. *Frontiers in*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

and Arason, S., 2016. Influence of feeding state and frozen storage temperature on the lipid stability of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *International Journal of Food Science and Technology, 51*(7), pp.1711-1720. DOI:10.1111/ijfs.13146

28. Roy, V.C., Park, J.S., Ho, T.C. and Chun, B.S., 2022. Lipid indexes and quality evaluation of omega-3 rich oil from the waste of Japanese spanish mackerel extracted by supercritical CO2. *Marine Drugs, 20*(1), 70. DOI: 10.3390/md20010070
29. Saberi, H., Aliakbar, A. and Ashournia, M., 2011. Determination of unsaturated fatty acids (EPA, DHA) and omega 6 in three species of aquaculture fish, rainbow trout, common carp and silver carp. *Iranian Journal of Biology*, *24*(4), 528-538. [In Persian]
30. Sabetian, M., Delshad, S.T., Moini, S., Islami, H.R. and Motalebi, A., 2012. Identification of fatty acid content, amino acid profile and proximate composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of American Science, 8*(4), pp.670-677.
31. Sahari, M.A,. Nazemroaya, S. and Rezaei, M., 2011. Identification of fatty acid in mackerel (*Scomberomorus commersoni*) and shark (*Carcharhinus dussumieri*) fillets and their changes during six month of frozen storage at-18 C. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, *3*(3), pp.519-527.
32. Sayady, M.R., Khoshkhoo, Z. and Zarehgashti, G., 2020. Comparison of fatty acid profiles in Sea bream minced mixed with flesh Red meat Storage at refrigerated temperature (4 °C). *Food Research Journal, 30*(3), pp.51-63. [In Persian]
33. Shabanpour, B., Kordjazi, M., Ojagh, S. M. and Nadimi, A., 2017. Effect of primary preparation on Cyprinus carpio quality during refrigerated storage. *Journal of Food Industry Research*, *27*(2), pp.1-15. [In Persian]
34. Suarez-medina, M.D., Saez-casado, *Nutrition, 12*, 1564315. DOI: 10.3389/fnut.2025.1564315
20. Öz, M., 2019. Effects of habitats and feeding patterns on fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Eurasian Journal of Food Science and Technology, 3*(2), pp.34-39.
21. Özogul, Y. and Özogul, F., 2002. Degradation products of adenine nucleotide in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) stored in ice and in modified atmosphere packaging. *Turkish Journal of Zoology, 26*(2), pp.127-130.
22. Özyılmaz, A., 2019. Differences in nutrition value and fatty acid profiles of cultured fish consumed in Turkey. Food Chemistry**,** *103*(1), pp. pp.217-223. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.08.009
23. Pirestani, S., Saharian, M. and Barzegar, M., 2010. Fatty acids changes during frozen storage in several fish species from South Caspian Sea. *Journal of Agricultural Science and Technology, 12*(3), pp.321-329.
24. Ren, H.T., Gao, S.Y., Huang, Y. and Gao, X.C., 2023. Temperature regulates fatty acid desaturase and elongase at the transcriptional level and modulates the fatty acid profile in the early stage of the common carp (*Cyprinus carpio*). *Czech Journal of Animal Science, 68*(7), pp.313-321. DOI:10.17221/22/2023-CJAS
25. Rincon-cervera, M.Á., Gonzalez-barriga, V., Valenzuela, R., Lopez-arana, S., Romero, J. and Valenzuela, A., 2019. Profile and distribution of fatty acids in edible parts of commonly consumed marine fishes in Chile. *Food Chemistry, 274*, pp.123-129. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.08.113
26. Rincon-cervera, M.Á., Gonzalez-barriga, V., Romero, J., Rojas, R. and Lopez-arana, S., 2020. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in South Pacific fish and shellfish species. *Foods, 9*(2), 233. DOI: 10.3390/foods9020233
27. Romotowska, P.E., Karlsdottir, M.G., Gudjonsdottir, M., Kristisston, H.G.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]

M.I., Martinez-moya, T. and Rincon-cervera, M., 2024. The Effect of Low Temperature Storage on the Lipid Quality of Fish, Either Alone or Combined with Alternative Preservation Technologies. *Foods, 13*(7), 1097. DOI: 10.3390/foods13071097

35. Tenyang, N., Tiencheu, B., Tonfack dgikeng, F., Morfor, A.T. and Womeni, H.M., 2019. Alteration of the lipid of red carp (*Cyprinus carpio*) during frozen storage. *Food Science and Nutrition, 7*(4), pp.1371-1378. DOI: 10.1002/fsn3.971
36. Tommonaro, G., Paris, D., Guerriero, G., Majdoubi, F.Z., Grieco, G., Iodice, C., Caso, L., Ouizgane, A., El Moujtahid, A. and El Ghizi, S., 2023. Fatty acids in waste tissues: the nutraceutical value of gonads and livers from the Moroccan Hypophthalmichthys molitrix and Cyprinus carpio fishes. *Marine Drugs, 21*(3), 188. DOI: 10.3390/md21030188
37. Vujković, G., Karlovic, Đ., Vujkovic, I., Vorosbaranti, I. and Jovancovic, B., 1999. Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 76*(4), pp.475-480. DOI: 10.1007/s11746-999-0027-1
38. Weber, L.P., Dube, M.G., Rickwood, C.J., Driedger, K., Portt, C., Brereton, C. and Janz, D.M., 2008. Effects of multiple effluents on resident fish from Junction Creek, Sudbury, Ontario. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 70*(3), pp.433-445. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2007.08.001

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-910]