



مقایسه ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب عضله و کبد سیاه ماهی فلس ریز (*Capoeta*)

damascina وحشی و پرورشی

مهسا فرجی^{۱*}، عزیزالله فلاح مهرجردی^۲، تینا جعفری^۳

۱. کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی،

دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۲. گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

۳. گروه بیوشیمی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۰۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۰

چاپ: تابستان ۱۴۰۴

DOI:

کلمات کلیدی: اسیدهای چرب

امگا-۳، آبی پروری، ترکیبات

مغذی، سیاه ماهی فلس ریز، نسبت

n-6/n-3

* نویسنده مسئول: Email

Mahsa_faraji7@yahoo.com

با افزایش جمعیت جهان و تقاضای روزافزون برای منابع پروتئینی سالم، آبی پروری به عنوان راهکاری برای تأمین پایدار غذا اهمیت یافته است. سیاه ماهی فلس ریز (*Capoeta damascina*) یکی از گونه های بومی و اقتصادی ایران است که در سال های اخیر به عنوان گونه مناسب برای پرورش شناخته شده است. این مطالعه با هدف مقایسه ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب عضله و کبد سیاه ماهی وحشی و پرورشی انجام شد. تعداد ۶۰ قطعه سیاه ماهی با میانگین وزنی 5 ± 80 گرم از رودخانه ارمند لردگان صید و به مدت ۴ ماه در شرایط کنترل شده با غذای تجاری حاوی ۳۰ درصد پروتئین و ۶ درصد چربی پرورش یافتند. همزمان، ۲۰ قطعه ماهی وحشی با میانگین وزنی 15 ± 200 گرم نیز صید شدند. ترکیبات مغذی با روش های استاندارد AOAC و پروفایل اسیدهای چرب با کروماتوگرافی گازی تعیین شدند. شاخص های کیفیت چربی شامل اندیس آتروژنیک و ترومبوژنیستی محاسبه گردیدند. میزان رطوبت در ماهی وحشی (۷۸ درصد) به طور معناداری بالاتر و محتوای چربی (۲/۰۴ درصد) پایین تر از ماهی پرورشی (۷۴/۵ درصد و ۵/۱۰) بود ($P < 0.05$). محتوای درصدی EPA و DHA در ماهی وحشی (۱۰/۰۴ درصد و ۱۷/۶ درصد) به طور معناداری بیشتر از ماهی پرورشی (۵/۹۸ درصد و ۱۰/۲ درصد) بود، اما مقدار مطلق EPA+DHA در ماهی پرورشی (۷۵۰ میلی گرم/۱۰۰ گرم) بالاتر از ماهی وحشی (۴۸۰ میلی گرم/۱۰۰ گرم) بود. نسبت n-6/n-3 در ماهی پرورشی (۰/۸۶) بالاتر از ماهی وحشی (۰/۲۷) بود. اندیس ترومبوژنیستی در ماهی وحشی (۰/۲۱) پایین تر از ماهی پرورشی (۰/۲۹) بود ($P < 0.05$). هر دو نوع ماهی منابع مناسبی از پروتئین و اسیدهای چرب ضروری هستند. کیفیت چربی در ماهی وحشی برتر است، اما ماهی پرورشی مقدار مطلق بیشتری EPA+DHA فراهم می کند. بهینه سازی رژیم غذایی در آبی پروری می تواند کیفیت محصول پرورشی را بهبود بخشد.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و تقاضای روزافزون برای منابع پروتئینی سالم، نقش آبزیان به عنوان منبع تأمین غذا اهمیت فزاینده‌ای یافته است. ماهی به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع پروتئین حیوانی، علاوه بر کیفیت بالای پروتئین، حاوی اسیدهای چرب ضروری به‌ویژه اسیدهای چرب امگا-۳ است که نقش حیاتی در سلامت انسان دارند (۱). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که مصرف منظم ماهی می‌تواند خطر بیماری‌های قلبی-عروقی را کاهش دهد، عملکرد مغز و سیستم عصبی را بهبود بخشد و در پیشگیری از بیماری‌های مزمن مؤثر باشد (۲، ۳). اسیدهای چرب امگا-۳ با زنجیره بلند، به‌ویژه ایکوزاپنتانوئیک‌اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک‌اسید (DHA)، دارای خواص ضدالتهابی قوی هستند و در کاهش سطح تری‌گلیسرید پلاسما، بهبود عملکرد شناختی و حفظ سلامت قلب و عروق نقش اساسی ایفا می‌کنند (۳، ۴). سازمان بهداشت جهانی توصیه می‌کند که بزرگسالان حداقل ۲۵۰-۵۰۰ میلی‌گرم EPA+DHA در روز مصرف کنند (FAO/WHO, 2008). با این حال، صید بی‌رویه، تغییرات اقلیمی و آلودگی محیط‌زیست منجر به کاهش ذخایر ماهیان وحشی شده است. آبی‌پروری به عنوان راهکاری برای تأمین پایدار غذا، در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. با این حال، تفاوت‌های کیفی بین ماهی پرورشی و وحشی یکی از موضوعات مهم در ادبیات

علمی است. این تفاوت‌ها عمدتاً ناشی از رژیم غذایی، شرایط محیطی و میزان فعالیت فیزیکی است (۵، ۶). مطالعات نشان داده‌اند که محتوای اسیدهای چرب امگا-۳ در ماهیان پرورشی به دلیل استفاده از روغن‌های گیاهی در جیره غذایی، در دو دهه اخیر کاهش یافته است (۷، ۸). کیفیت گوشت ماهی تحت تأثیر عوامل داخلی (ژنتیک، اندازه، جنسیت) و عوامل بیرونی (رژیم غذایی، دما، شوری آب) قرار دارد. رابطه معکوس بین محتوای رطوبت و چربی در بافت ماهی به‌خوبی مستند شده است (۹). ماهیان وحشی به دلیل فعالیت فیزیکی بالا و تغذیه از منابع طبیعی، معمولاً دارای محتوای چربی کمتر و نسبت بالاتری از اسیدهای چرب امگا-۳ هستند (۹). مطالعات مقایسه‌ای متعددی بر روی گونه‌های مختلف ماهی انجام شده است. Jensen و همکاران (۲۰۲۰) در نروژ گزارش کردند که محتوای چربی در سالمون پرورشی (۱۸ درصد) سه برابر سالمون وحشی (۶ درصد) است، در حالی که نسبت امگا-۳ در سالمون وحشی (۲۴/۱ درصد) به‌طور معناداری بالاتر از سالمون پرورشی (۸/۹ درصد) بود (۵). مطالعه Sprague و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که محتوای EPA+DHA در سالمون پرورشی اسکاتلند بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ حدود ۵۰ درصد کاهش یافت که عمدتاً به دلیل جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در جیره غذایی بود (۷). Gladyshev و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان دادند که برخی سویه‌ها توانایی بالاتری در حفظ محتوای EPA و DHA دارند، حتی زمانی

که روغن‌های گیاهی در جیره استفاده می‌شود. این یافته نشان می‌دهد که انتخاب ژنتیکی می‌تواند در بهبود کیفیت تغذیه‌ای ماهیان پرورشی مؤثر باشد (۱۰). Ahmed و Sheikh (2022) در بررسی جامع خود بیان کردند که ۹۶-۹۸ درصد بدن ماهی از رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر تشکیل شده و این ترکیبات تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارند (۱).

علی‌رغم اهمیت سیاه‌ماهی فلس‌ریز در آبی‌پروری ایران، مطالعات جامع در مورد مقایسه ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب این گونه در شرایط وحشی و پرورشی محدود است. اکثر تحقیقات بر روی گونه‌های وارداتی متمرکز بوده‌اند. همچنین، بررسی همزمان بافت عضله و کبد و محاسبه شاخص‌های کیفیت چربی در این گونه به‌طور کامل انجام نشده است. اهداف این مطالعه عبارتند از: (۱) مقایسه ترکیبات مغذی در بافت عضله و کبد؛ (۲) تعیین پروفایل اسیدهای چرب؛ (۳) ارزیابی نسبت امگا-۶ به امگا-۳؛ (۴) محاسبه شاخص‌های کیفیت چربی. فرضیه‌ها شامل: (۱) ماهی پرورشی محتوای چربی بالاتری دارد؛ (۲) ماهی وحشی میزان امگا-۳ بالاتری دارد؛ (۳) نسبت n-6/n-3 در ماهی پرورشی بالاتر است.

مواد و روش کار

الف: نمونه‌برداری و شرایط پرورش

تعداد ۶۰ قطعه سیاه‌ماهی فلس‌ریز با میانگین وزنی 5 ± 80 گرم از رودخانه ارمند لردگان صید شدند. پس از انتقال

به سایت آبیان دانشگاه شهرکرد، ماهیان به مدت یک هفته سازگار شدند. سپس به مدت ۴ ماه در استخرهای بتنی با دمای ۱۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد و غذای تجاری حاوی ۳۰ درصد پروتئین و ۶ درصد چربی پرورش یافتند. همزمان، ۲۰ قطعه ماهی وحشی با میانگین وزنی 15 ± 200 گرم از همان محل صید شدند.

ب: آنالیز ترکیبات مغذی

رطوبت با روش خشک‌کردن در آون ۱۰۵ درجه (AOAC 950.46)، پروتئین با روش کج‌لدال (AOAC 984.13)، چربی با روش سوکسله و خاکستر در کوره ۵۵۰ درجه (AOAC 942.05) اندازه‌گیری شدند (۱۱).

ج: آنالیز اسیدهای چرب

استخراج چربی با روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) و متیل‌سازی با متانول-اسید سولفوریک انجام شد (۱۲). آنالیز با کروماتوگرافی گازی (Agilent 7890A) و شناسایی با استانداردهای معتبر انجام گردید. برای تبدیل نتایج به گرم اسید چرب در ۱۰۰ گرم بافت خوراکی از فرمول‌های ذیل طبق روش Weihrauch و همکاران (۱۹۷۷) استفاده شد (۱۳).

د: محاسبه شاخص‌ها

اندیس آتروژنیک (AI) و اندیس ترومبوژنیستی (TI) با استفاده از فرمول‌های Ulbricht و Southgate (1991) محاسبه شدند (۱۴).

$$AI = \frac{[c12:0 + (4 \times c14:0) + c16:0]}{[(n - 6PUFA) + (n - 3PUFA) + c18:1 + otherMUFA]}$$

$c12:0$ = اسید لوریک

$c14:0$ = اسید میریستیک

$c16:0$ = اسید پالمیتیک

$n - 6PUFA$ = اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه خانوادهی اُمگا-۶

$n - 6PUFA$ = اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه خانوادهی اُمگا-۳

$c18:1$ = اسید اولئیک (MUFA)

$otherMUFA$ = سایر اسیدهای چرب غیراشباع یک زنجیره ای

$$TI = \frac{(c14:0 + c16:0 + c18:0)}{\left[(0.5 \times c18:1) + (0.5 \times otherMUFA) + (0.5 \times n - 6PUFA) + (3 \times n - 3PUFA) + \left(\frac{n^3}{n6PUFA} \right) \right]}$$

$c14:0$ = اسید میریستیک

این فرمول ها برای محاسبه ی شاخص های آتروژنیک و

$c16:0$ = اسید پالمیتی

ترومبوژنیسیته ی استفاده می شوند تا کیفیت چربی ها و تأثیر

$c18:0$ = استئاریک

آن ها بر خطرات قلبی-عروقی بررسی شود.

$c18:1$ = اسید اولئیک

ر: آنالیز آماری

$otherMUFA$ = سایر اسیدهای چرب غیراشباع

نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک

یک زنجیره ای

تایید شد. از آنجا که تمام داده ها توزیع نرمال داشتند، داده ها

$n - 6PUFA$ = اسیدهای چرب غیراشباع

با آزمون t مستقل مقایسه شدند و سطح معنی داری $P < 0.05$

چندگانه خانوادهی اُمگا-۶

در نظر گرفته شد (GraphPad Prism v8).

$n - 3PUFA$ = اسیدهای چرب غیراشباع

چندگانه خانوادهی اُمگا-۳

نتایج

نتایج این مطالعه تطبیقی بر روی سیاه ماهی فلس ریز

• $n3/n6PUFA$ = نسبت اسیدهای چرب اُمگا-۳ به

وحشی و پرورشی، تفاوت های معنی داری را در ترکیبات مغذی

اُمگا-۶

و پروفایل اسیدهای چرب نشان داد. ارزیابی ها شامل تعیین

ترکیبات تقریبی در بافت عضله و کبد، تحلیل کامل اسیدهای

برتری کیفی مشخصی نشان داد. این تفاوت‌ها عمدتاً ناشی از رژیم غذایی متفاوت و شرایط محیطی است که در جداول زیر به تفصیل ارائه شده‌اند.

مقایسه ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب سیاه‌ماهی وحشی و پرورشی

چرب به روش کروماتوگرافی گازی، و محاسبه شاخص‌های کیفیت چربی بود. یافته‌های اصلی حاکی از آن است که ماهی پرورشی با وجود محتوای چربی کل بالاتر (۵/۱۰ درصد در مقابل ۲/۰۴ درصد) و میزان مطلق بیشتر EPA+DHA، از نظر کیفیت چربی در سطح پایین‌تری نسبت به ماهی وحشی قرار داشت. ماهی وحشی با نسبت بهینه‌تر امگا-۶ به امگا-۳ (۰/۲۷ در مقابل ۰/۸۶) و شاخص‌های قلبی-عروقی مطلوب‌تر،

جدول ۱- مقایسه ترکیبات مغذی عضله و کبد سیاه‌ماهی وحشی و پرورشی

بافت	مواد مغذی	ماهی وحشی	ماهی پرورشی	سطح معنی‌داری
عضله	(%) رطوبت	78.0 ± 0.60^b	74.5 ± 0.51^a	*
عضله	(%) پروتئین تام	18.5 ± 0.57	19.1 ± 0.47	NS
عضله	(%) چربی تام	2.04 ± 0.25^b	5.10 ± 0.18^a	*
عضله	(%) خاکستر	1.03 ± 0.07	0.98 ± 0.03	NS
کبد	(%) رطوبت	69.5 ± 0.96	67.9 ± 0.85	NS
کبد	(%) پروتئین تام	23.5 ± 0.57	24.1 ± 0.39	NS
کبد	(%) چربی تام	4.21 ± 0.69	6.02 ± 0.66	NS
کبد	(%) خاکستر	1.75 ± 0.10	1.50 ± 0.08	NS

^{a,b}حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت

معنی‌دار است ($P < 0.05$)

NS = عدم تفاوت معنی‌دار

نتایج آنالیز ترکیبات مغذی نشان داد که در بافت عضله،

میزان رطوبت سیاه‌ماهی وحشی به‌طور معنی‌داری بالاتر از

نوع پرورشی بود (۷۸ درصد در مقابل ۷۴/۵ درصد)، در حالی‌که محتوای چربی کل در ماهی پرورشی بیش از دو برابر ماهی وحشی مشاهده شد (۵/۱۰ درصد در مقابل ۲/۰۴ درصد). این یافته با رابطه معکوس شناخته‌شده بین رطوبت و چربی در بافت ماهیان همخوانی دارد. میزان پروتئین تام و

خاکستر در عضله تفاوت آماری معنی‌داری بین دو گروه نداشتند که نشان‌دهنده تأثیر ناچیز شرایط پرورش بر این ترکیبات است. در بافت کبد نیز هیچ‌یک از پارامترهای اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری بین ماهی وحشی و پرورشی نشان ندادند، هرچند روند افزایش چربی در کبد ماهی پرورشی قابل مشاهده بود. بالاتر بودن چربی در ماهی‌های پرورشی احتمالاً ناشی از فعالیت فیزیکی کمتر و دسترسی آسان‌تر به غذا در محیط پرورش است.

جدول ۲- پروفایل اسیدهای چرب اصلی عضله سیاه‌ماهی (بر حسب درصد کل اسیدهای چرب)

اسید چرب	نام فارسی	ماهی وحشی	ماهی پرورشی	معنی‌داری
اسیدهای چرب اشباع				
C12:0	لوریک	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.01	NS
C14:0	میرستیک	1.93 ± 0.52	1.96 ± 0.45	NS
C16:0	پالمیتیک	16.4 ± 1.03	16.7 ± 0.71	NS
C17:0	مارگاریک	0.52 ± 0.07	0.31 ± 0.04	*
C18:0	استئاریک	7.26 ± 0.92	5.99 ± 0.70	NS
C20:0	آراشیدیک	0.55 ± 0.06	0.42 ± 0.05	NS
C22:0	بهنیک	0.18 ± 0.03	0.14 ± 0.01	NS
C24:0	لیگنوسریک	0.19 ± 0.04	0.22 ± 0.03	NS
ΣSFA	مجموع اشباع	27.2 ± 1.94	25.8 ± 1.45	NS
C14:1	میرستولنیک	0.33 ± 0.02	0.28 ± 0.01	NS

NS	9.88 ± 0.77	8.93 ± 1.13	±	پالمیتولئیک	C16:1
NS	0.98 ± 0.09	0.91 ± 0.13	±	هپتادسنوئیک	C17:1
**	25.0 ± 1.49	16.2 ± 1.53	±	اولئیک	C18:1 n-9
**	2.59 ± 0.37	0.50 ± 0.12	±	گادولئیک	C20:1 n-9
NS	1.05 ± 0.07	0.95 ± 0.09	±	اروسیک	C22:1 n-9
NS	0.10 ± 0.01	0.08 ± 0.01	±	نرونیک	C24:1 n-9
***	39.9 ± 1.88	27.9 ± 2.62	±	مجموع تک غیر اشباع	ΣMUFA
***	1.23 ± 0.10	5.75 ± 0.48	±	(ALA) آلفالینولئیک	C18:3 n-3
NS	0.89 ± 0.07	1.09 ± 0.10	±	ایکوزاتری انونیک	C20:3 n-3
**	5.98 ± 0.56	10.4 ± 1.27	±	(EPA) ایکوزاپنتانوئیک	C20:5 n-3
***	10.2 ± 0.85	17.6 ± 1.01	±	(DHA) دوکوزاهگزانوئیک	C22:6 n-3
***	18.3 ± 0.54	34.9 ± 2.14	±	مجموع امگا-۳	Σn-3 PUFA
***	12.9 ± 0.78	3.60 ± 0.72	±	لینولئیک	C18:2 n-6
NS	0.29 ± 0.01	0.33 ± 0.01	±	گامالینولئیک	C18:3 n-6
NS	0.35 ± 0.03	0.29 ± 0.02	±	دی هومو-گامالینولئیک	C20:3 n-6
**	2.06 ± 0.48	5.34 ± 0.81	±	آراشیدونیک	C20:4 n-6

$\Sigma n-6$ PUFA	مجموع امگا-۶	$\pm$	9.56	15.6 ± 1.18	**
			1.53		
ΣPUFA	مجموع چندغیراشباع	$\pm$	44.4	33.9 ± 0.89	**
			3.65		
n-6/n-3	نسبت امگا-۶ به امگا-۳	$\pm$	0.27	0.86 ± 0.08	***
			0.03		
PUFA/SFA	نسبت چندغیراشباع/اشباع	$\pm$	1.64	1.32 ± 0.05	**
			0.08		

^{a,b} حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت

معنی‌دار است ($P < 0.05$)

به‌ویژه EPA و DHA، در ماهی وحشی بود. مجموع امگا-۳ در ماهی وحشی تقریباً دو برابر ماهی پرورشی مشاهده شد (۳۴/۹ درصد در مقابل ۱۸/۳ درصد). در مقابل، اسید لینولئیک (C18:2 n-6) در ماهی پرورشی بیش از سه برابر ماهی وحشی بود، که منجر به افزایش نسبت n-6/n-3 از ۰/۲۷ در ماهی وحشی به ۰/۸۶ در ماهی پرورشی شد. نسبت پایین‌تر n-6/n-3 در ماهی وحشی از نظر تغذیه‌ای مطلوب‌تر است. همچنین نسبت PUFA/SFA در ماهی وحشی بالاتر بود که نشان‌دهنده کیفیت بهتر چربی از منظر سلامت قلبی-عروقی است.

تحلیل پروفایل اسیدهای چرب عضله نشان داد که اسید پالمیتیک (C16:0) غالب‌ترین اسید چرب اشباع در هر دو گروه بود و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد. اسید اولئیک (C18:1) به‌عنوان اصلی‌ترین اسید چرب تک‌غیراشباع، در ماهی پرورشی به‌طور معنی‌داری بالاتر بود (۲۵ درصد در مقابل ۱۶/۲ درصد)، که احتمالاً منعکس‌کننده ترکیب روغن‌های گیاهی استفاده‌شده در غذای تجاری است. یافته مهم این مطالعه، سطح بالاتر اسیدهای چرب امگا-۳،

جدول ۳- میزان مطلق اسیدهای چرب امگا-۳ و شاخص‌های کیفیت چربی

پارامتر	بافت	ماهی وحشی	ماهی پرورشی
EPA (گرم در ۱۰۰ گرم)	عضله	0.17 ± 0.02^a	0.28 ± 0.03^b
	کبد	0.35 ± 0.04	0.28 ± 0.05
DHA (گرم در ۱۰۰ گرم)	عضله	0.31 ± 0.04^a	0.47 ± 0.04^b

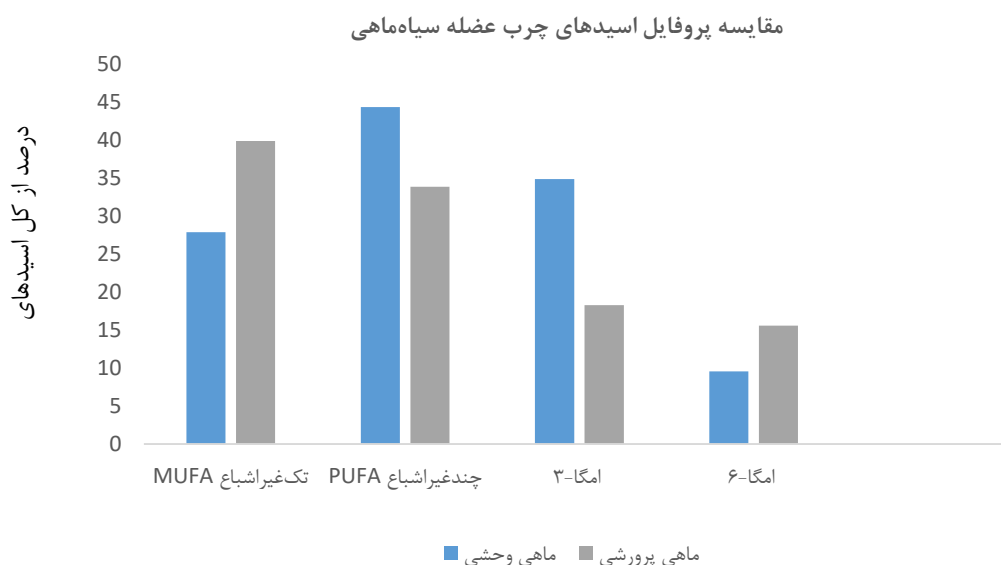
کبد	0.75 ± 0.07	0.64 ± 0.09
عضله	0.62 ± 0.09^a	0.85 ± 0.03^b
کبد	1.24 ± 0.14	0.98 ± 0.15
عضله	0.17 ± 0.03^a	0.73 ± 0.06^b
کبد	0.41 ± 0.09^a	0.86 ± 0.13^b
عضله	0.34 ± 0.05	0.34 ± 0.03
کبد	0.33 ± 0.03^a	0.42 ± 0.02^b
عضله	0.21 ± 0.01^a	0.29 ± 0.01^b
کبد	0.19 ± 0.01	0.42 ± 0.12

^{a,b}حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت

معنی‌دار است ($P < 0.05$)

بهتر می‌تواند این نیاز را برآورده کند. در کبد، این تفاوت دیده نشد و هر دو گروه مقادیر بالایی از امگا-۳ داشتند. شاخص‌های کیفیت چربی (AI و TI) که معیاری برای ارزیابی خطر بیماری‌های قلبی-عروقی هستند، در عضله ماهی وحشی مطلوب‌تر بودند. اندیس ترومبوژنیستی در عضله ماهی وحشی (۰/۲۱) به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از ماهی پرورشی (۰/۲۹) بود، که نشان‌دهنده کیفیت بهتر چربی از نظر کاهش خطر لخته‌شدن خون است. در کبد، اندیس آتروژنیک ماهی پرورشی بالاتر بود که می‌تواند ناشی از نسبت بالاتر اسیدهای چرب اشباع خاص باشد.

با وجود آنکه درصد EPA و DHA در ماهی وحشی بالاتر بود، میزان مطلق این اسیدهای چرب (بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم بافت) در عضله ماهی پرورشی به‌دلیل محتوای چربی کل بالاتر، معنی‌داراً بیشتر بود. این یافته از نظر تغذیه‌ای حائز اهمیت است؛ مصرف ۱۰۰ گرم عضله ماهی پرورشی ۰/۷۵ گرم EPA+DHA فراهم می‌کند در حالی که همین مقدار ماهی وحشی ۰/۴۸ گرم تأمین می‌کند. با توجه به توصیه روزانه ۵۰۰ میلی‌گرم EPA+DHA، ماهی پرورشی



نمودار ۱- مقایسه ترکیب اسیدهای چرب عضله سیاه ماهی وحشی و پرورشی

اسید اولئیک موجود در روغنهای گیاهی غذای تجاری ناشی می شود. در مقابل، ماهی وحشی دارای سطح بسیار بالاتری از اسیدهای چرب چند غیر اشباع^۱ به ویژه از خانواده امگا-۳ است که از تغذیه طبیعی با فیتوپلانکتون و زوپلانکتون حاصل می شود. تفاوت دو برابری در میزان امگا-۳ بین دو گروه (۳۴/۹ درصد در مقابل ۱۸/۳ درصد) از نظر تغذیه ای بسیار مهم است. افزایش امگا-۶ در ماهی پرورشی نیز قابل توجه است که منجر به افزایش نسبت n-6/n-3 شده است. میزان اسیدهای چرب اشباع در هر دو گروه تقریباً یکسان بود که نشان می دهد تفاوتها عمدتاً در پروفایل اسیدهای چرب غیر اشباع است.

(تفاوت معنی دار نیست) SFA: 27.2% vs 25.8%

MUFA: 27.9% vs 39.9% ***

PUFA: 44.4% vs 33.9% ***

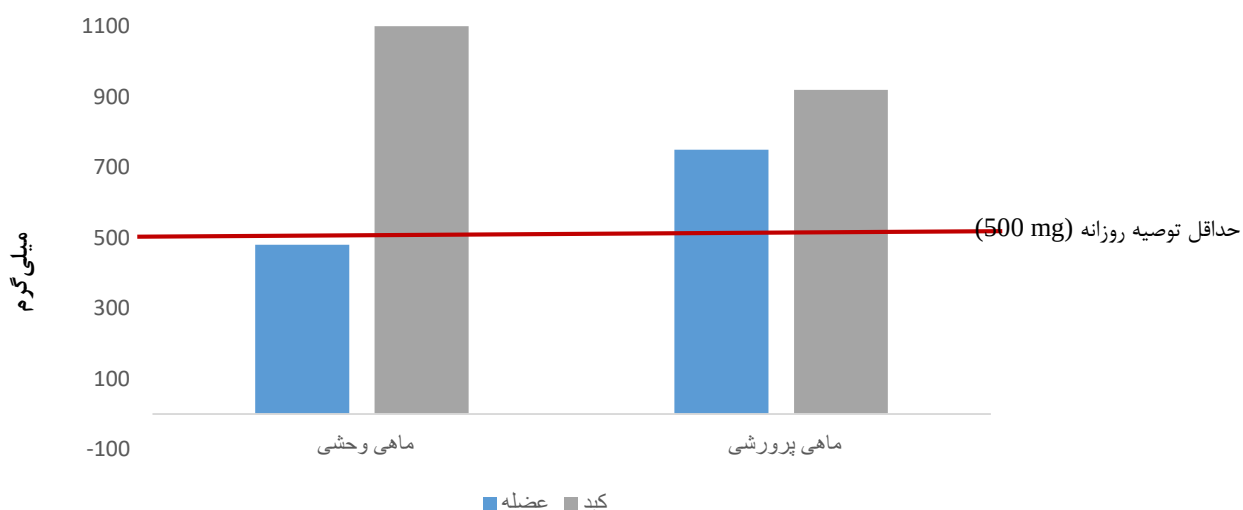
n-3: 34.9% vs 18.3% ***

n-6: 9.6% vs 15.6% ***

*** P < 0.001

این نمودار مقایسه ای واضحی از الگوی اسیدهای چرب در دو گروه ماهی ارائه می دهد. همان طور که مشاهده می شود، تفاوت اصلی بین ماهی وحشی و پرورشی در توزیع اسیدهای چرب غیر اشباع است. ماهی پرورشی سطح بالاتری از اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) دارد که عمدتاً از

¹ -PUFA



نمودار ۲- تأمین نیازهای روزانه EPA+DHA از مصرف ۱۰۰ گرم بافت سیاهماهی

را برآورده می‌کنند، اما معمولاً مصرف کبد به دلیل تجمع احتمالی آلاینده‌ها محدودتر توصیه می‌شود. این یافته نشان می‌دهد ماهی پرورشی با مدیریت صحیح تغذیه می‌تواند منبع مناسبی از امگا-۳ باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد که اگرچه سیاهماهی وحشی از نظر کیفیت چربی (نسبت‌های امگا-۳/امگا-۶ و شاخص‌های قلبی-عروقی) برتری دارد، اما ماهی پرورشی به دلیل محتوای چربی کل بالاتر، مقدار مطلق بیشتری از اسیدهای چرب ضروری EPA و DHA را فراهم می‌کند. هر دو گروه منابع خوبی از پروتئین با کیفیت بالا هستند و تفاوت‌های مشاهده شده عمدتاً ناشی از رژیم غذایی و شرایط محیطی است. بهبود فرمولاسیون غذای ماهی‌های پرورشی با افزودن منابع امگا-۳ می‌تواند کیفیت آن‌ها را به سطح ماهی وحشی نزدیک کند.

این نمودار تحلیل کاربردی از توانایی سیاهماهی‌های وحشی و پرورشی در تأمین نیازهای روزانه EPA و DHA ارائه می‌دهد. طبق توصیه‌های سازمان‌های بین‌المللی تغذیه، حداقل مصرف روزانه این دو اسید چرب امگا-۳ برای بزرگسالان ۵۰۰ میلی‌گرم است. نتایج نشان می‌دهد که مصرف ۱۰۰ گرم عضله ماهی پرورشی (۷۵۰ میلی‌گرم) نسبت به ماهی وحشی (۴۸۰ میلی‌گرم) مقدار بیشتری EPA+DHA فراهم می‌کند و می‌تواند به‌تنهایی نیاز روزانه را برآورده کند. این یافته برخلاف تصور رایج است که ماهی وحشی همیشه بهتر است، اما توضیح علمی آن این است که محتوای چربی کل بالاتر در ماهی پرورشی (۵/۱ درصد در مقابل ۲/۰۴ درصد) منجر به مقدار مطلق بیشتری از این اسیدهای چرب شده است. کبد هر دو گروه به‌خوبی نیاز روزانه

بحث

این مطالعه برای اولین بار ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب سیاه‌ماهی وحشی و پرورشی را به‌طور جامع مقایسه کرد. یافته‌ها نشان داد که شرایط پرورش تأثیر قابل‌توجهی بر محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب دارد، در حالی که محتوای پروتئین نسبتاً ثابت می‌ماند.

رطوبت بالاتر در عضله سیاه‌ماهی وحشی (۷۸ درصد) نسبت به نوع پرورشی (۷۴/۵ درصد) و در مقابل، محتوای چربی کل بالاتر در ماهی پرورشی (۵/۱۰ درصد) در مقابل ۲/۰۴ درصد) با رابطه معکوس شناخته‌شده بین این دو پارامتر همخوانی دارد (۵، ۶). این یافته مشابه نتایج Fallah و همکاران (۲۰۱۱) بر روی قزل‌آلا، Gonzalez و همکاران (۲۰۰۶) بر روی *yellow perch* است که همگی محتوای چربی بالاتر در ماهیان پرورشی را گزارش کردند (۱۵، ۱۶). محتوای چربی بالاتر در ماهی پرورشی با مطالعات قبلی همخوانی دارد (۵، ۱۰). این افزایش به فعالیت فیزیکی کمتر و دسترسی آسان به غذا مربوط است. رابطه معکوس بین رطوبت و چربی به‌خوبی مستند شده است (۱). عدم تفاوت در محتوای پروتئین نشان می‌دهد این پارامتر بیشتر تحت کنترل ژنتیکی است (۱۶). میزان اسیدهای چرب اشباع (SFA) بین سیاه‌ماهی وحشی (۲۷/۲ درصد) و پرورشی (۲۵/۸ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت، که نشان می‌دهد این دسته از اسیدهای چرب کمتر تحت تأثیر رژیم غذایی قرار می‌گیرند. اسید پالمیتیک (C16:0) به‌عنوان غالب‌ترین اسید چرب

اشباع در هر دو گروه شناسایی شد، که این یافته با مطالعات Grigorakis (2003) بر روی *gilthead sea bream* و Suomela و همکاران (۲۰۱۶) بر روی *whitefish* مطابقت دارد (۱۷، ۱۸). در مقابل، سطح اسیدهای چرب تک‌غیراشباع (MUFA) در ماهی پرورشی (۳۹/۹ درصد) به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهی وحشی (۲۷/۹ درصد) بود که عمدتاً ناشی از افزایش اسید اولئیک (C18:1 n-9) است. این اسید چرب که مؤلفه اصلی روغن‌های گیاهی مانند روغن سویا و کانولا است، در فرمولاسیون غذاهای تجاری ماهی به‌طور گسترده استفاده می‌شود و بدون تغییر قابل‌توجه در بافت ماهی ذخیره می‌شود (۱۹). یافته مهم این مطالعه، محتوای بالاتر EPA و DHA در ماهی وحشی است که با مطالعات متعدد مطابقت دارد (۵، ۱۰). ماهیان وحشی از پلانکتون‌ها و ماهیان کوچک تغذیه می‌کنند که غنی از امگا-۳ هستند. در مقابل، غذاهای تجاری معمولاً حاوی روغن‌های گیاهی هستند که فاقد EPA و DHA هستند.

سطح اسیدهای چرب امگا-۶، به‌ویژه اسید لینولئیک (C18:2 n-6)، در ماهی پرورشی (۱۲/۹ درصد) به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهی وحشی (۳/۶۰ درصد) بود. این افزایش منعکس‌کننده استفاده از روغن‌های گیاهی غنی از اسید لینولئیک در غذای تجاری است. در مقابل، اسید آراشیدونیک (C20:4 n-6) در ماهی وحشی بالاتر بود، که این یافته با مطالعات Lenas و همکاران (۲۰۱۱) (۲۰) و Grigorakis و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی دارد (۱۷). نتیجه

این تفاوت‌ها، افزایش نسبت $n-6/n-3$ از ۰/۲۷ در ماهی وحشی به ۰/۸۶ در ماهی پرورشی بود. نسبت $n-6/n-3$ شاخص مهمی برای ارزیابی کیفیت تغذیه‌ای است. سازمان‌های بهداشتی توصیه می‌کنند این نسبت کمتر از ۵ باشد (۲۱). هر دو گروه ماهی نسبت‌های مطلوبی داشتند، اگرچه ماهی وحشی نسبت بهتری نشان داد. این یافته با مطالعات قبلی همخوانی دارد (۸).

اندیس‌های آتروژنیک و ترومبوژنیستی شاخص‌های مهمی برای ارزیابی خطر بیماری‌های قلبی-عروقی هستند (۱۴). اندیس پایین‌تر نشان‌دهنده خطر کمتر است. در این مطالعه، ماهی وحشی شاخص‌های بهتری داشت که نشان می‌دهد کیفیت چربی از نظر بهداشتی برتر است. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که با بهینه‌سازی رژیم غذایی می‌توان کیفیت ماهی پرورشی را بهبود بخشید. افزودن روغن ماهی یا منابع غنی از امگا-۳ به جیره می‌تواند محتوای EPA و DHA را افزایش دهد (۷). همچنین، ماهی پرورشی همچنان منبع ارزشمندی از پروتئین و اسیدهای چرب ضروری است.

محدودیت‌ها

این مطالعه دارای برخی محدودیت‌ها بود که باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شود. نمونه‌برداری تنها در یک فصل انجام شد، در حالی که ترکیبات مغذی و پروفایل اسیدهای چرب ماهیان می‌تواند تحت تأثیر فصل، مرحله تولیدمثل، و دمای آب قرار گیرد. همچنین، فرمولاسیون دقیق غذای مصرفی

ماهیان پرورشی ثبت نشد که می‌توانست توضیح بهتری برای تفاوت‌های مشاهده‌شده ارائه دهد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده تأثیر فصل، جنسیت، و مراحل مختلف رشد را بررسی کنند. علاوه بر این، آزمایش‌های حسی (organoleptic) برای ارزیابی پذیرش مصرف‌کننده و مطالعات اقتصادی برای تعیین مقرون‌به‌صرفه بودن پرورش این گونه توصیه می‌شود. همچنین، تحقیق در زمینه بهینه‌سازی فرمولاسیون غذا با استفاده از منابع جایگزین امگا-۳ مانند روغن جلبک یا پودر حشرات می‌تواند به بهبود کیفیت تغذیه‌ای ماهیان پرورشی کمک کند.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این مطالعه نشان داد که سیاه‌ماهی فلس‌ریز وحشی و پرورشی هر دو منابع ارزشمندی از پروتئین با کیفیت بالا و اسیدهای چرب ضروری هستند، اما با تفاوت‌های قابل توجه در کیفیت چربی. ماهی وحشی از نظر نسبت امگا-۳/امگا-۶ (۰/۲۷ در مقابل ۰/۸۶)، محتوای درصدی EPA و DHA، و شاخص‌های کیفیت چربی برتری دارد، در حالی که ماهی پرورشی به دلیل محتوای چربی کل بالاتر (۵/۱۰ درصد در مقابل ۲/۰۴ درصد)، مقدار مطلق بیشتری از EPA+DHA (۷۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم عضله) فراهم می‌کند که می‌تواند نیازهای روزانه توصیه‌شده را به‌طور کامل برآورده کند. با توجه به کاهش ذخایر ماهیان وحشی و افزایش تقاضا برای پروتئین دریایی، بهبود کیفیت ماهی پرورشی از طریق بهینه‌سازی فرمولاسیون جیره با افزودن منابع امگا-۳،

انتخاب ژنتیکی، و مدیریت بهتر شرایط پرورش ضروری است. مصرف منظم سیاه‌ماهی، حتی از منابع پرورشی، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به تأمین اسیدهای چرب ضروری و کاهش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی کمک کند، لذا تمرکز باید بر آبی‌پروری پایدار با کیفیت بهبودیافته باشد که هم نیازهای تغذیه‌ای را برآورده کند و هم فشار بر اکوسیستم‌های دریایی را کاهش دهد.

مراجع

1. Ahmed I, Jan K, Fatma S, Dawood MA. Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2022;106(3):690–719.
2. Mozaffarian D, Wu JH. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58(20):2047–67.
3. Calder PC. Very long-chain n-3 fatty acids and human health: fact, fiction and the future. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2018;77(1):52–72.
4. Bernasconi AA, Wiest MM, Lavie CJ, Milani RV, Laukkanen JA, editors. Effect of omega-3 dosage on cardiovascular outcomes: an updated meta-analysis and meta-regression of interventional trials. *Mayo Clinic Proceedings*; 2021: Elsevier.
5. Jensen I-J, Eilertsen K-E, Otnæs CHA, Mæhre HK, Elvevoll EO. An update on the content of fatty acids, dioxins, PCBs and heavy metals in farmed, escaped and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods*. 2020;9(12):1901.
6. Sissener NH. Are we what we eat? Changes to the feed fatty acid composition of farmed salmon and its effects through the food chain. *Journal of Experimental Biology*. 2018;221(Suppl_1):jeb161521.
7. Sprague M, Dick JR, Tocher DR. Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006–2015. *Scientific reports*. 2016;6(1):21892.
8. Gladyshev MI, Sushchik NN, Tolomeev AP, Dgebuadze YY. Meta-analysis of factors associated with omega-3 fatty acid contents of wild fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2018;28(2):277–99.
9. Xu J, Yan B, Teng Y, Lou G, Lu Z. Analysis of nutrient composition and fatty acid profiles of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* (Cuvier) reared in seawater and freshwater. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2010;23(5):401–5.
10. Folch J, Lees M, Stanley GS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of biological chemistry*. 1957;226(1):497–509.
11. Weihrauch JL, Posati LP, Anderson BA, Exler J. Lipid conversion factors for calculating fatty acid contents of foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1977;54(1):36–40.
12. Ulbricht T, Southgate D. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet*. 1991;338(8773):985–92.
13. Sprague M, Walton J, Campbell P, Strachan F, Dick JR, Bell JG. Replacement of fish oil with a DHA-rich algal meal derived from *Schizochytrium* sp. on the fatty acid and persistent organic pollutant levels in diets and flesh of *Atlantic salmon* (*Salmo salar*, L.) post-smolts. *Food chemistry*. 2015;185:413–21.
14. Fallah AA, Siavash Saei-Dehkordi S, Nematollahi A. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*. 2011;46(4):767–73.
15. González S, Flick G, O'keefe S, Duncan S, McLean E, Craig S. Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006;19(6-7):720–6.
16. Shearer KD. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*. 1994;119(1):63–88.
17. Grigorakis K, Taylor K, Alexis M. Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*): sensory differences and

possible chemical basis. *Aquaculture*. 2003;225(1-4):109-19.

18. Suomela J-P, Lunden S, Kaimainen M, Mattila S, Kallio H, Airaksinen S. Effects of origin and season on the lipids and sensory quality of European whitefish (*Coregonus lavaretus*). *Food chemistry*. 2016;197:1031-7.

19. Izquierdo M, Obach A, Arantzamendi L, Montero D, Robaina L, Rosenlund G. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh

quality. *Aquaculture nutrition*. 2003;9(6):397-407.

20. Lenas DS, Triantafillou DJ, Chatziantoniou S, Nathanailides C. Fatty acid profile of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2011;6(4):435-40.

21. Joint F, Consultation WE. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. 2008;10(14):155-83.

Nutrient composition and fatty acid profile of muscle and fat of wild and farmed blackfish (*Capoeta damascina*)

Mahsa Faraji^{1*}, Azizollah Fallahe Mehrjerdi², Tina Jafari³

1.M.Sc. in Food Hygiene and Quality Control, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

2.Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

3.Department of Biochemistry, Faculty of Medicine, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

corresponding:Mahsa_faraji7@yahoo.com

Abstract

With the increasing global population and the growing demand for healthy protein resources, aquaculture has become a significant strategy for sustainable food supply. *Capoeta damascina*, the scalespotted barbel, is one of the native and economically important species of Iran, which has recently been recognized as a suitable species for aquaculture. This study aimed to compare the nutritional compositions and fatty acid profiles of the muscle and liver of wild and farmed scalespotted barbel. A total of 60 fish with an average weight of 80 ± 5 g were caught from the Ermand River in Lordegan and raised for 4 months under controlled conditions with a commercial feed containing 30% protein and 6% fat. Concurrently, 20 wild fish with an average weight of 200 ± 15 g were also caught. Nutritional compositions were determined using standard AOAC methods, and fatty acid profiles were analyzed using gas chromatography. Fat quality indices, including atherogenic and thrombogenic indices, were calculated. The moisture content in wild fish (78.0%) was significantly higher, and the fat content (2.04%) was lower than in farmed fish (74.5% and 5.10%, respectively) ($P < 0.05$). The percentage content of EPA and DHA in wild fish (10.4% and 17.6%, respectively) was significantly higher than in farmed fish (5.98% and 10.2%, respectively), although the absolute amount of EPA+DHA in farmed fish (750 mg/100 g) was higher than in wild fish (480 mg/100 g). The n-6/n-3 ratio in farmed fish (0.86) was higher than in wild fish (0.27). The thrombogenic index in wild fish (0.21) was lower than in farmed fish (0.29) ($P < 0.05$). Both types of fish are excellent sources of protein and essential fatty acids. The fat quality is superior in wild fish, while farmed fish provide a higher absolute amount of EPA+DHA. Optimizing dietary regimes in aquaculture could enhance the quality of farmed fish products.

Keywords: Omega-3 fatty acids, aquaculture, nutritional compositions, scalespotted barbel, n-6/n-3 ratio