CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

تجزیه‌وتحلیل کمی و کیفی پروفایل اسیدهای چرب عضله قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پرورش یافته در آب شیرین و لب شور با چهار نوع خوراک مختلف

سید محمد وحید فارابی، رضا صفری*[۱]

*safari1351@gmail.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۴۰۲

چکیده

مقایسه سطوح اسیدهای چرب قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش‌یافته در آب لب شور و آب شیرین در منطقه جنوب دریای خزر با استفاده از چهار نوع خوراک تجاری انجام شد. ماهیان با تراکم و بیوماس مساوی به مدت ۹۰ روز پرورش داده شدند. وزن ماهیان در شروع پرورش ۵۰۰ گرم بود و در پایان دوره پرورش به بیش از ۱۷۰۰ گرم رسیدند. در پایان دوره پرورش برای تعیین پروفایل اسید چرب، از ماهیچه پشتی بافت خوراکی ماهیان به تعداد ۵ قطعه از هر مزرعه نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که محیط پرورش علاوه بر این‌که بر میزان رشد ماهی و بازدهی خوراک تأثیر داشته بلکه بر ترکیب پروفایل اسید چرب گوشت ماهی نیز مؤثر بوده است. افزایش وزن ماهی در آب شیرین حداکثر ۱۰۲۵ گرم و در آب لب شور ۱۲۹۱ گرم به‌ترتیب با ضریب تبدیل غذایی ۱/۳۲-۱/۲۷ و ۱-۰/۹۷ به‌دست آمد (p<۰/۰۵). نرخ بازدهی خوراک در آب شیرین ۱/۹۷-۱/۰۷ و در آب لب شور ۲/۵۹-۲/۲۹ به‌دست آمد (p<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب اشباع ماهی در آب شیرین (۱/۰۷±۲۲/۲۴ درصد) کمتر از آب لب شور (۰/۲۲±۲۵/۶۹ درصد) بود (p<۰/۰۵). مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع تک زنجیره و چند زنجیره در مزارع مستقل از جیره و محیط پرورش متفاوت بود (p<۰/۰۵). اما میزان اسید چرب امگا ۶ در حد مطلوب (۳۱/۲۶-۱۷/۵۲ درصد) و اسید چرب امگا ۳ (۰/۱۲-۰/۱۰ درصد) به‌مراتب کمتر از تحقیقات مشابه خارج از کشور ایران بود. در نتیجه، در ترکیب اجزاء اولیه خوراک از مقدار کمی اسید چرب غیر اشباع امگا ۳ استفاده شد. در مجموع فرآیند رشد، کارایی خوراک و گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در آب لب شور در محیط قفس دریایی، از کیفیت نسبتاً بهتری نسبت به ماهی پرورش یافته در آب شیرین برخوردار بودند.

لغات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، آب شیرین، آب لب شور، اسید چرب، پلت تجاری

*نویسنده مسئول

مقدمه

تولیدات آبزیان یکی از مهم‌ترین راه‌های ممکن برای تأمین پروتئین حیوانی برای نیاز انسان و جمعیت جهانی رو به رشد محسوب می‌گردد. طبق گزارش سازمان خواروبارو کشاورزی (فائو)، تولید جهانی آبزی‌پروری در بالاترین حد خود قرار دارد و این بخش نقش مهمی را در تأمین غذا و تغذیه در آینده ایفاء خواهد کرد. بنابراین، آبزی‌پروری با رشد سریع در تولید و تحولات عمده در مواد تشکیل‌دهنده خوراک، فناوری‌های تولید، مدیریت مزرعه و زنجیره ارزش، با سیستم غذایی جهانی ادغام شده است. از طریق رشد آبزی‌پروری، مصرف کنندگان از کشورهای کم درآمد تا پردرآمد، از در دسترس بودن و دسترسی به غذاهای آبزی در طول سال که سرشار از پروتئین و ریزمغذی‌ها هستند، بهره‌مند خواهند شد (Naylor *et al*., 2021). از سویی، محدودیت منابع آب شیرین، توسعه آبزی‌پروری در جهان را معطوف به آبهای شور دریاها و اقیانوس‌ها کرده‌است (Tidwell and Allan, 2001; Pillay and Kutty, 2005). طی سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۸۶ نرخ رشد آبزی‌پروری در آبهای داخلی ۵/۹۶ برابر و نرخ رشد آبزی‌پروری دریایی ۴/۸۸ برابر بود. از این‌رو، پیش‌بینی می‌گردد که در سال‌های آینده با توجه به نرخ رو به رشد جمعیت بشر، آبزی‌پروری دریایی از آبزی‌پروری در آبهای داخلی پیشی گیرد (FAO, 2020). در گزارش سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو)، تولیدات آبزی پروری جهانی در سه دهه ۲۰۲۰-۱۹۹۰ با رشد سالانه ۹/۶ درصدی مواجه بوده و در سال ۲۰۲۰ تولیدات آن در آبهای داخلی به میزان ۵۴/۴ میلیون تن و در دریا به میزان ۳۳/۱ میلیون تن رسیده است. پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به عنوان یک فعالیت مهم در صنعت آبزی‌پروری، در سراسر جهان انجام می‌شود. میزان تولید جهانی آن در سال ۲۰۱۰ به مقدار ۴۶۴/۷ هزار تن بود که در سال ۲۰۲۰ به ۷۳۹/۵ هزار تن افزایش یافت و با احتساب ۱/۵ درصد از کل تولیدات ماهیان پرورشی جهان، در رده پانزدهم و رده دوم آزاد ماهیان پرورشی قرار دارد (FAO, 2022).

قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل رشد سریع، مقاومت به شرایط محیطی مختلف و مقاومت به بیماری‌ها، به عنوان یک منبع غنی از پروتئین و اسیدهای چرب امگا ۳ برای تغذیه بشر محسوب می‌شود. این ماهی یکی از پرمصرف‌ترین گونه‌های پرورشی در جهان است، زیرا به‌سرعت رشد می‌کند، به‌راحتی با شرایط مختلف محیطی سازگار می‌شود و ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای بالایی دارد (Coşkun *et al*., 2016; Zhelyazkov and Stratev, 2019). امکان پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو محیط آب لب‌شور و آب شیرین وجود دارد. تحقیقات مختلف نشان داد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آبهای لب‌شور نسبت به آب شیرین از رشد مناسب‌تری برخوردار است (Altinok and Grizzle, 2001; Farabi *et al*., 2020).

گوشت ماهی دارای ارزش غذایی بالا و دارای اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب غیراشباع، مواد معدنی و ویتامین‌هاست. با وجود این، به دلیل pH خنثی و محتوی آب زیاد و محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA) و اسیدهای آمینه آزاد، حساس به تخریب میکروبی و اکسیداتیو است (Ozmen Guler *et al*, 2017; Alasalvar *et al*., 2011; Bekhit *et al*., 2021). بنابراین، لازم است تحت شرایط استاندارد صید و به مصرف برسد. از عوامل مؤثر بر کیفیت گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌توان به مواردی چون منابع تغذیه یا جیره غذایی ماهی، محیط زیست و مدیریت پرورش اشاره نمود (Espe, 2008; Zhelyazkov and Stratev, 2019). تغذیه مناسب و تنوع غذایی برای ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور حفظ کیفیت گوشت، تغذیه صحیح با استفاده از جیره‌های غذایی با ترکیبات مناسب از پروتئین، چربی، ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری است. در بین این ترکیبات اسیدهای چرب یک عنصر مهم برای سلامتی ماهی است و ترکیب آنها می‌تواند بستگی به چندین عامل شامل فرمولاسیون جیره غذایی، شرایط محیط پرورش و سن ماهی داشته باشد (Palmegiano *et al*., 2000). زیرا ترکیب اسیدهای چرب بافت خوراکی ماهی، عامل اصلی تعیین کننده کیفیت و طعم گوشت ماهی است (Haard, 1992;

Rasmussen, 2001; Jankowska *et al*., 2003; Oz and Dikel, 2015).

پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس دریایی در منطقه جنوب دریای خزر در کشور ایران در دهه نود شمسی با جدیت بیشتری در تولید ماهیان ۵۰۰-۳۰۰ گرمی شروع شده است و در سال‌های اخیر با معرفی ماهیان پیش پرواری با اوزان ۷۰۰-۵۰۰ گرم برای تولید ماهی بیش از یک و نیم کیلوگرم ادامه دارد (Farabi and Soleimani Roud Poshti, 2019; Farabi *et al*., 2020).

به دلیل محدودیت آب شیرین، امکان توسعه آبزی‌پروری در قفس دریایی بیش از آب شیرین فراهم است. از این‌رو، در راه توسعه این صنعت، بررسی‌های مقایسه‌ای ماهی پرورش یافته در آب دریای خزر با ماهی پرورش یافته در آب شیرین و در مزارع دارای استخر لازم است.

در مطالعه Saberi و همکاران (۲۰۱۱) در خصوص آنالیز اسیدهای چرب غیراشباع در بافت عضله ماهیان پرورشی کپور، فیتوفاگ و قزل‌آلا مشخص گردید که ماهی قزل‌آلا دارای بالاترین مقدار امگا ۳ و امگا ۶ (به‌ترتیب ۰/۷۲۸ و ۰/۶۲۷ درصد) در مقایسه با دو ماهی است. در مطالعه Karimzadeh و همکاران (۲۰۱۱) ترکیب سلنیوم و چربی در جیره بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش چربی در جیره، میزان اسیدهای چرب غیر اشباع و میزان اکسیداسیون بافت افزایش می‌یابد، ولی با افزودن عنصر سلنیوم به جیره، این عنصر به عنوان کنترل‌کننده اکسیداسیون اسیدهای چرب (در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) عمل می‌کند. در مطالعه Baghdadi و همکاران (۲۰۱۳) در خصوص اثرات جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی بر پارامترهای رشد و پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهیان قزل‌آلا، مشخص گردید که ترکیبی از روغن‌های گیاهی کانولا، آفتابگردان و روغن ماهی، باعث حفظ سطوح مناسبی از اسیدهای چرب EPA و DHA می‌گردد. در مطالعه Salehi و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص ارتباط ترکیب شیمیایی اسیدهای چرب جیره و فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دوره رشد، مشخص گردید که کاهش پروتئین و افزایش چربی جیره، بر تغییرات پروفایل اسیدهای چرب، تأثیرگذار هستند. همچنین مشخص گردید که فیله‌های با وزن بیشتر دارای ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع بالاتری هستند. در مطالعه Ghalebi Hajivand و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص تأثیر سطوح مختلف فوکوئیدان بر ترکیب اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلا، مشخص گردید که با افزودن این پلی‌ساکارید در دامنه ۱ و ۲ درصد، کیفیت اسیدهای چرب عضله ماهی حفظ می‌گردد.

هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسه سطوح اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در آب لب شور در محیط قفس دریایی و پرورش یافته در آب شیرین در محیط استخری با استفاده از خوراک تجاری پلت شده به منظور تعیین کیفیت گوشت است.

مواد و روش کار

برای انجام این تحقیق، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو محیط آبی مختلف، آب شیرین (دو مزرعه دارای استخر بتنی در استان مازندران، شهرستان بابل) و لب شور با شوری ۱۲/۵ گرم در هزار (چهار مزرعه دریایی با قفس شناور در منطقه جنوب دریای خزر، استان مازندران) با تراکم و بیوماس مساوی (۱۰ قطعه و ۵ کیلوگرم در متر مکعب) و در شروع پرورش با وزن متوسط ۵۰۰ گرم و به مدت ۹۰ روز پرورش داده شدند. ماهیان پیش‌پرواری معرفی شده به استخرها و قفس‌های دریایی در هر چهار مزرعه از نژاد اسپانیایی بود. زمان پرورش ماهی، در ماه‌های بهمن، اسفند سال ۱۴۰۱ و فروردین و اوایل اردیبهشت سال ۱۴۰۲ بوده است. قبل از معرفی ماهیان به محیط پرورش مقادیر عددی ضریب تغییرات وزنی و انحراف نسبی استاندارد (RSD[1]) به منظور همگنی وزنی گله ماهیان معرفی شده به محیط پرورش محاسبه و مقادیر عددی آن کمتر از ۲۰ درصد (بین ۳ تا ۹ درصد) و برای شروع پرورش مناسب بود (Cardia and Lovatelli, 2015; Farabi, 2021; Farabi, 2023). نمونه‌برداری از ماهی برای سنجش زیستی و تغذیه در ابتدا، میان دوره و پایان دوره پرورش انجام شد. میزان غذادهی با استفاده از جداول استاندارد دما و وزن ماهی در سه نوبت در روز صورت گرفت (Hardy, 2002; NRC, 2011). خوراک

[1] Relative standard deviation (RSD)

مورد استفاده مزارع دریایی و استخری از نوع پلت اکسترود شناور و پرواری با اندازه ۱۰-۹ میلی‌متر بود (Hardy, 2002). در ۴ مزرعه دریایی مزرعه ۱: از برند سبلان (شهرکرد)، مزرعه ۲: برند پرومیوا (نگین دانه الماس قزوین)، مزرعه ۳: از برند فرادانه (شهرکرد)، و مزرعه ۴: از برند لجور (اراک) و دو مزرعه استخری، مزرعه ۱: از برند فرادانه و مزرعه ۲: از برند لجور در تغذیه قزل آلای رنگین کمان استفاده نمودند که آنالیز خوراک آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: تجزیه‌وتحلیل خوراک تجاری پلت اکسترود مزارع پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان

Table 1: Commercial feed analysis of extruded pellets of Rainbow trout rearing farms

Marine farm feed	Sabalan	Promiva	Faradaneh	Lajvar
Fish weight (g)	1000<	1000<	1000<	1000<
Feed size (mm)	9- 10	9-10	9-10	9-10
Crude protein (%)	37- 40	44- 45	38- 42	44- 45
Crude fat (%)	14- 19	13- 14.5	13- 17	14- 16
Crude fiber (%)	1- 4	1.6- 2.6	2- 4	1.5- 3
Ash (%)	8- 14	9- 11	7- 11	7- 11
Humidity (%)	< 10	9- 10	5- 11	8- 11

ماهیان در طول دوره پرورش از رشد مناسبی برخوردار بودند و در هر ۶ مزرعه به وزن بیش از ۱/۵ کیلوگرم رسیدند. در طول دوره پرورش تلفاتی رخ نداد و شرایط فیزیکو شیمیایی آب در محدوده مجاز پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود. سنجش وزنی و تعیین کارایی خوراک ماهی با استفاده از رابطه‌های ذیل به‌دست آمد:

افزایش وزن (گرم): $WG = Wf - Wi$

ضریب تبدیل غذایی: $FCR = FI / WG$

پروتئین مصرفی: $PI = FI \times \% pr$

نسبت کارآیی پروتئین: $PER = WG / PI$

Wi: وزن اولیه (گرم)، Wf: وزن نهائی (گرم)، WG: افزایش وزن (گرم)، FI: خوراک داده شده (گرم)، PI: پروتئین مصرفی (گرم)

سنجش پروفایل اسیدچرب بافت خوراکی ماهی

نمونه‌برداری از ماهیان ۴ قفس دریایی و ۲ استخر بتنی آب شیرین به منظور آنالیز بافت خوراکی در پایان دوره پرورش و از قسمت عضله پشتی ۵ قطعه ماهی هم وزن (۱۷۰۰ گرم) از هر مزرعه برداشت شد. نمونه‌ها تحت زنجیره سرما به آزمایشگاه باربان و البرز در شهرستان ساری منتقل و تا زمان آزمایش نمونه‌ها در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (شکل ۱).

نمونه‌ها پس از یخ‌زدایی بلافاصله با چرخ گوشت خرد شد. در ابتدا از نمونه عضله ماهی، چربی با حلال کلروفرم و متانول (نسبت ۱ به ۱) استخراج (Folch *et al.*, 1957) و برای استری کردن چربی از روش ISO 5509 (2000) استفاده شد. نمونه‌های استری شده در ویال‌های ۱ میلی‌متری قرار گرفتند و تا هنگام تعیین ترکیب اسیدهای چرب در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه‌ها از دستگاه گازکروماتوگرافی گازی (GC) مدل Shimadzu ژاپن استفاده شد (جدول ۲).

پس از تهیه متیل استر اسیدهای چرب، حدود ۱ میکرولیتر از نمونه مورد آزمایش به دستگاه GC تزریق گردید و مکان هر یک از اسیدهای چرب را براساس زمان بازداری آنها در نمونه استاندارد شناسایی شده و به صورت گرم در ۱۰۰ گرم چربی نمونه بیان شد (ISO 5509, 2000).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

برای ثبت اطلاعات و آمار توصیفی داده‌ها از نرم افزار Excel, 2010 و برای تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از برنامه آماری Spss نسخه ۲۳ استفاده شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف و برای آزمون همگنی از آزمون Levene استفاده شد. در این بررسی برای

مقایسه پارامترهای بازدهی خوراک در ۶ سایت (قفس و استخر) تحت آزمون F مورد مقایسه قرار گرفت. جدول تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌های عوامل رشد و ارزیابی کیفی خوراک ماهی در سطح پنج درصد تعیین شد. مقایسه میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در واحدهای آزمایشی پس از معنی دار بودن، تحت آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای مقایسه اسیدهای چرب از آزمون t در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

شکل ۱: زیست‌سنجی، حمل و نقل و نمونه‌برداری از بافت خوراکی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان
Figure 1: Biometrics, transportation, and sampling of rainbow trout edible tissue

جدول ۲: مشخصات دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC) برای تجزیه‌وتحلیل کمی و کیفی اسیدهای چرب
Table 2: Specifications of the gas chromatography device (GC) for quantitative and qualitative analysis of fatty acids

Introduction	Description	Introduction	Description
device name	GC (Shimadzu)	Detector type	Flame Ionization Detector
Column temperature	191°C	Column type	BPX70
Injection temperature	215°C	Carriare gaz	Helium (99.99% purity)
Detector temperature	320°C	Flow	0.6 ml/min

نتایج

شاخص‌های تغذیه قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع دریایی (آب لب شور) و استخری (شیرین)

هر چند مزارع دریایی و استخری مورد بررسی از خوراک‌هایی با برندهای مختلف استفاده نمودند، اما تجزیه‌وتحلیل خوراک مورد استفاده آنها مشابه بود و به یک نسبت مشابه از خوراک و به میزان ۰/۸۵ درصد وزن بدن ماهی در روز برای تغذیه ماهیان استفاده شد. کارایی خوراک و تغذیه ماهی در جدول ۳ ارائه شده است.

تجزیه‌وتحلیل اسید چرب بافت خوراکی قزل‌آلای رنگین‌کمان

پروفایل اسیدهای چرب به شرح جدول ۴ برای قزل‌آلای پرورش یافته در آب‌شیرین و لب‌شور دریای‌خزر تعیین شد. نتایج بررسی آماری تحت آزمون F نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین ترکیب اسیدهای چرب بافت خوراکی ماهی در گروه‌های آزمایشی وجود داشت ($p<۰/۰۵$). همچنین مجموع اسیدهای چرب بافت عضله ماهی در آب شیرین با آب لب شور دارای اختلاف معنی‌دار آماری تحت آزمون t در سطح ۵ درصد بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: شاخص تغذیه قزل‌آلای رنگین‌کمان در پرورش در آب شیرین و آب لب شور (n=۶۰)

Table 3: Nutrition index of rainbow trout in freshwater and brackish water (n=60)

	Farms	PER	PI (g)	FCR	FI (g)	WG (g)	Pr%
Marine Brackish water	1	2.59^{a}	416^{d}	1^{b}	1080^{c}	97^{c}±1080	38.5^{c}
	2	2.32^{c}	453^{c}	0.97^{c}	1018^{c}	71^{c}±1050	44.5^{a}
	3	2.50^{b}	516^{b}	1^{b}	1291^{c}	178^{a}±1291	40^{b}
	4	2.29^{c}	492^{b}	0.98^{c}	1106^{c}	191^{b}±1129	44.5^{a}
Pond Freshwater	1	1.97^{a}	500^{b}	1.27^{a}	1251^{c}	90^{d}± 985	40^{b}
	2	1.07^{c}	602^{a}	1.32^{a}	1353^{c}	161^{c}± 1025	44.5^{a}

In each column, Latin letters are related to the comparison of averages under Duncan's multi-range test at the 5% level; Pr: crude protein, WG: weight gain, FI: feed given (gr), FCR: feed conversion ratio, PI: protein consumption per fish, PER: protein efficiency ratio.

جدول ۴: تجزیه‌وتحلیل پروفایل اسید چرب (درصد) بافت خوراکی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو محیط آب شیرین و لب شور (n= ۵)

Table 4: Fatty acid profile analysis (٪) of edible tissue of rainbow trout in both freshwater and brackish water environments (n=5)

Fatty acid / Environment	Fresh water		Brackish water (12 ppt)			
Farms	1	2	1	2	3	4
C10 :Copric acid	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14 :Myristic acid	0.03^{c}±1.05	0.12b±1.26	0.08a±1.73	0.02b±1.20	0.06^{ab}±1.59	0.03^{b}±1.19
C16 :Palmitic acid	0.05^{d}±15.42	0.07d±15.37	0.04a±17.54	0.04c±16.02	0.05^{b}±16.97	0.14^{b}±16.62
C16:1 :Palmitoleic acid	0.07^{c}±2.14	0.05a±2.85	0.08a±2.95	0.05b±2.31	0.09^{ab}±2.63	0.05^{a}±2.99
C18 :Stearic acid	0.04^{b}±5.16	0.06c±4.96	0.03b±5.10	0.11a±5.9	0.10^{ab}±5.41	0.12^{b}±5.23
C18:1 :Oleic acid	0.02^{c}±37.92	0.04b±38.91	0.05a±40.06	0.02ab±39.34	0.02^{b}±38.37	0.03^{ab}±39.53
C18:2 :Linoleic acid	0.05^{b}±28.01	0.06bc±26.78	0.09d±19.54	0.07c±21.13	0.02^{b}±27.52	0.05^{a}±30.26
C18:3 :Linolenic acid	0.03^{a}±3.01	0.02a±3.20	0.01b±2.54	0.04ab±2.92	0.03^{a}±3.23	0.02^{a}± 3.19
C20 :Eicosapentaenoic acid	0.01^{a}±0.29	0.02b±0.25	ND	ND	0.01^{ab}±0.27	0.01^{b}± 0.26
C20:1 :Eicosenoic acid	0.01^{d}±0.97	0.01bc±1.14	0.02b±1.36	0.02c±1.03	0.03^{a}±1.67	0.04^{c}± 1.03
C22 :Behenic acid	0.02^{b}±1.07	0.02ab±1.12	0.04c±0.69	0.03a±1.19	0.01^{c}±0.70	0.03^{a}± 1.21
C22:1 :Docosenoic acid	0.02^{a}±1.04	0.03a±1.09	0.06b±0.90	0.02a±1.05	0.01^{b}±0.91	0.03^{a}± 1.15
Total trans	0.06^{a}±1.37	0.04ab±1.22	0.01d±0.65	0.02c±0.91	0.04^{d}±0.63	0.05^{b}± 1.19
Total saturated fatty acid	0.48^{c}±2.99	0.63c±21.48	0.74b±25.72	0.55b±24.75	0.53^{a}±26.33	0.63^{a}± 26.00
	1.07^{b}±22.44				**0.22^{a}±25.69**	

Latin letters in each row indicate significant differences under Duncan's test at the 5% probability level. Only in the last row, the t-test was used at the 5% probability level

اسید چرب اشباع و غیر اشباع بافت خوراکی قزل آلای رنگین کمان

بر اساس جدول ۴ مقادیر اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در دو محیط آب شیرین و لب شور دریای خزر به شرح جدول ۵ محاسبه شد. مقایسه آماری مقادیر محاسباتی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد تحت آزمون F بین گروه‌های مختلف وجود داشت (P<۰/۰۵).

جدول ۵: تجزیه‌وتحلیل کمی و کیفی ترکیب اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع بافت خوراکی قزل‌آلای رنگین‌کمان در دو محیط آب شیرین و لب شور (n =۵)

Table 5: Quantitative and qualitative analysis of the composition of saturated and unsaturated fatty acids in the edible tissue of rainbow trout in both freshwater and brackish water environments (n=5)

Fatty acid/ Environment	Freshwater		Brackish water			
Farms	1	2	1	2	3	4
∑SFA	0.12^{b}±22.99	0.18^{c}±21.46	0.16^{a}±25.06	0.17^{ab}±24.55	0.11^{a}±25.67	0.13^{a}±25.25
∑MUFA	0.14^{ab}±42.07	0.12^{ab}±43.99	0.16^{a}±48.87	0.17^{b}±38.73	0.14^{a}±51.58	0.15^{b}±36.55
∑PUFA	0.09^{a}±31.02	0.14^{b}±29.98	0.07^{c}±22.08	0.16^{c}±22.05	0.15^{b}±29.75	0.12^{a}±34.25
∑PUFA/∑SFA	0.04^{a}±1.35	0.04^{a}±1.39	0.06^{b}±0.88	0.05^{b}±0.88	0.03^{b}±0.76	0.04^{a}±1.35
∑ω3	0.08^{a}±3.01	0.02^{a}±3.20	0.01^{c}±2.54	0.05^{ab}±2.92	0.03^{c}±2.23	0.06^{ab}±2.99
∑ω6	0.21^{ab}±28.01	0.18^{ab}±26.78	0.14^{b}±19.54	0.12^{ab}±29.13	0.19^{b}±17.52	0.14^{a}±31.26
∑ω6/∑ω3	0.01±0.11	0.01±0.11	0.02±0.12	0.01±0.10	0.02±۰0.12	0.01±0.10

Latin letters in each row indicate significant differences under Duncan's test at the 5% probability level.
SFA: Saturated Fatty Acids; MUFA: Monounsaturated Fatty Acids; PUFA: Polyunsaturated Fatty Acid

بحث

بررسی‌ها نشان داد که ذخیره‌سازی اولیه یا ماهی دار نمودن قفس‌ها در اوزان بیش از ۵۰۰ گرم، امکان دستیابی به قزل‌آلای رنگین‌کمان بیش از ۱۵۰۰ گرم را در دوره پرورش سه ماهه در آب لب شور دریای خزر فراهم می‌سازد (Farabi, 2023). از آن‌جایی‌که دوره پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس‌های شناور در منطقه جنوب دریای خزر بستگی مستقیم به تغییرات دمای آب سطحی دارد، دوره پرورش این ماهی از اواخر ماه آذر (۱۹ درجه سانتی‌گراد) لغایت اواسط ماه اردیبهشت سال بعد (۱۹ درجه سانتی‌گراد) و حداکثر ۵ ماه خنک‌تر سال امکان‌پذیر است (Farabi, 2017). در این بررسی دوره پرورش ماهی به طور همزمان در آب شیرین و لب شور دریای خزر در ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین لغایت اوایل اردیبهشت صورت گرفت.

تغذیه خوب در سیستم‌های آبزی‌پروری برای تولید اقتصادی یک محصول سالم و با کیفیت ضروری است. در پرورش ماهی، تغذیه یک عامل حیاتی است (Craig *et al*., 2017). در کشور ایران تغذیه ماهی در سال‌های اخیر با توسعه رژیم‌های تجاری جدید و متعادلی که رشد و سلامت بهینه ماهی را ارتقاء می‌دهد، پیشرفت چشمگیری داشته است. در این بررسی نوع یا برند تجاری خوراک ماهی مزارع متفاوت بوده، اما اختلاف معنی‌داری در میزان پروتئین، چربی، هیدرات کربن، رطوبت آنها وجود نداشته است. کیفیت خوراک یکی از عوامل مهم در رشد و توسعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. خوراک مناسب برای ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان باید تمامی نیازهای غذایی آنها را برآورده کند و حاوی ترکیبات مغذی و هضم‌پذیری مناسب باشد (NRC, 2011; Ninawe *et al*., 2020). مرور منابع نشان می‌دهد که افزایش وزن مناسبی در مدت سه ماه دوره پرورش در این تحقیق در هر دو محیط آب شیرین و آب لب شور به‌دست آمد. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که نوع خوراک و مدیریت تغذیه ماهی در این بررسی مناسب بوده است. زیرا خوراک با کیفیت بالا یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد ماهی، تبدیل خوراک و ترکیب شیمیایی گوشت ماهی در شرایط پرورش متراکم قزل‌آلای رنگین‌کمان است (Vranic *et al*., 2013).

اما میزان افزایش وزن در محیط دریا بیشتر بود و ضریب تبدیل غذایی در آنها کمتر به‌دست آمد. همچنین ماهی پرورش‌یافته در دریا از کارایی پروتئین بهتری نسبت به آب شیرین برخوردار است. مرور منابع نشان می‌دهد که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب لب شور از رشد بهتری نسبت به آب شیرین برخوردار است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد (Altinok and Grizzle, 2001; Farabi *et al*., 2020). از آن‌جایی‌که دو جفت از مزارع (مزرعه ۱ آب شیرین با مزرعه ۳ آب لب شور، مزرعه ۲ آب شیرین با مزرعه ۴ آب لب شور) به‌ترتیب از جیره تجاری فرادانه و لجور در دو محیط پرورش استفاده نمودند، می‌توان انتظار داشت که ماهی در محیط دریا از غذای طبیعی محیط نیز

استفاده کرده و بر اساس نتایج مذکور فوق از رشد بهتری برخوردار بوده است.

کیفیت گوشت ماهی تا حد زیادی به جیره غذایی مصرفی بستگی دارد، اما بررسی‌های Kurcubic و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد که گوشت تازه ماهیان پرورش یافته در آب شیرین دارای آب کمتر و چربی بیشتری نسبت به ماهیان پرورش یافته در آبهای آزاد هستند. همچنین تحقیقات Tkaczewska و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که منطقه جغرافیایی و عوامل محیطی می‌تواند بر کیفیت گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیر بگذارد و این تأثیر بر اختلاف ترکیب اسیدهای چرب گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان مشاهده شد (Tkaczewska *et al*., 2015). در مطالعه Sivakova و همکاران (۲۰۱۶) هر چند محیط، عاملی بر تأثیر بر میزان رشد ماهی است، اما در شرایط محیطی مختلف و خوراک با فرمولاسیون متفاوت (البته در حد مجاز و استاندارد)، امکان تولید ماهی با کیفیت گوشت مناسب وجود دارد (Sivakova and Blazhekovikj-Dimovska, 2016). با این‌حال، Skalli و همکاران (۲۰۰۶) و Dube و Hosetti (۲۰۱۰) به این نتیجه رسیدند که کیفیت گوشت و تغذیه ماهی ممکن است تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، pH، میزان اکسیژن، کیفیت و دمای آب و نوع تغذیه نیز باشد (Skalli *et al*., 2006; Dube and Hosetti, 2010).

محیط زیست محل پرورش ماهیان نقش مهمی در کیفیت گوشت ماهی دارد. تحقیقات نشان داده است که کیفیت نهایی گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان و سطوح اسیدهای چرب میان آنها رابطه مستقیمی دارند. سطوح اسیدهای چرب در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند تأثیر مهمی بر خصوصیات بافت گوشت این ماهی داشته باشد (Blanchet *et al*., 2005). در مطالعه Trbovic و همکاران (۲۰۱۲) اثر سطوح اسیدهای چرب امگا ۳ و امگا ۶ در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر کیفیت و ویژگی‌های گوشت مورد ارزیابی قرار گرفت. در مطالعه Oz و Dikel (۲۰۱۵) بر مقایسه پروفایل اسیدهای چرب ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی و وحشی نشان دادند که ترکیبات اسید چرب تا حد زیادی به نوع خوراک مصرفی و شرایط محیطی وابسته است. در این بررسی قزل‌آلای رنگین‌کمان وحشی حاوی مقدار قابل‌توجهی در مجموع اسیدهای چرب اشباع شده (SFA) و اسید ایکوزاپنتانوئیک (EPA) نسبت به نوع پرورشی بود. در مقابل، ماهیان وحشی از مقدار کمتری حاوی مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA)، مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) و اسید دوکوزاهگزانوئیک (DHA) در مقایسه با ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پرورشی برخوردار بودند. مقادیر غلظتی ترکیبات اسید چرب تحقیق مذکور بر ماهیان پرورشی تا حدود زیادی با تحقیق حاضر همخوانی دارد. در ماهیان پرورشی در تحقیق مذکور و نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اسید چرب امگا ۶ به امگا ۳ بیشتر، اما در ماهیان وحشی اسید چرب امگا ۳ نسبت به امگا ۶ بیشتر است. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیبات اسید چرب در شرایط پرورشی به فرمولاسیون جیره مورد استفاده بستگی دارد و کمتر به محیط وابسته است (Oz and Dikel, 2015). اما غلظت اسید چرب امگا-۳ تحقیق حاضر (۳/۲-۲/۲۳ درصد) به‌مراتب کمتر از مطالعات Oz و Dikel (۲۰۱۵) و Trbovic و همکاران (۲۰۱۲) (به‌ترتیب ۱/۱۴± ۱۵/۷۹ و ۲۱/۱۲ تا ۱۷/۰۸ درصد) بر قزل‌آلای پرورشی به‌دست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که جیره مورد استفاده در این تحقیق از منابع اسید چرب غیر اشباع امگا ۳ بسیار اندکی استفاده نمود. در مقابل میزان اسید چرب امگا ۶ در موارد فوق الذکر مشابه بوده است (Trbovic *et al*., 2012; Oz and Dikel, 2015).

بنابراین نتایج این تحقیق نشان داد که تأمین منابع کافی از اسیدهای چرب امگا ۳ در جیره غذایی ماهی، می‌تواند باعث افزایش سطح امگا ۳ در بافت گوشت گردد و کیفیت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بهبود بخشد (Trbovic *et al*., 2012).

مرور منابع مذکور در تطبیق با نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که محیط پرورش علاوه بر این‌که بر میزان رشد ماهی تأثیر داشته بلکه بر کیفیت گوشت و ترکیب پروفایل اسید چرب گوشت ماهی نیز مؤثر بوده است (جداول ۴ و ۵). زیرا استفاده از قفس‌های دریایی به عنوان محیط پرورش، ممکن است سبب امکان دسترسی به منابع طبیعی و تغذیه بهتر برای ماهیان شده و سبب تولید گوشت با کیفیت‌تر گردد (Liao *et al*., 2004).

بر اساس نتایج به‌دست آمده و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، گوشت قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش یافته در آب دریا در محیط قفس دریایی از کیفیت بالاتری نسبت به ماهی پرورش یافته در آب شیرین در محیط استخری برخوردار بود. این تفاوت کیفیت را می‌توان به عوامل تغذیه از محیط طبیعی، شرایط محیط زیست، تأثیرات آلاینده‌های محیطی و مدیریت پرورش نسبت داد. به‌همین دلیل، لازم است پژوهش‌های بیشتری برای بررسی دقیق تأثیر شرایط مختلف بر سطوح اسیدهای چرب و کیفیت گوشت در قزل‌آلای رنگین‌کمان پرروش یافته، صورت گیرد.

منابع

Alasalvar, C., Miyashita, K., Shahidi, F. and Wanasundara, U., 2011. Handbook of seafood quality, safety and health applications. John Wiley and Sons, UK. 544 P. DOI:10.1002/9781444325546.

Altinok, I. and Grizzle, M., 2001. Effects of brackish water on growth, feed conversion and energy absorption efficiency by juvenile euryhaline and fresh water stenohaline fish. *Journal of Fish Biology*, 59, 1142-1152. DOI:10.1111/j.1095-8649.2001.tb00181.x.

Baghdadi, A., Jorjani, S. and Qalichi, A., 2013. The effects of complete replacement of fish oil with vegetable oils on growth parameters, feed efficiency and muscle fatty acid profile of rainbow trout. The second national conference of fisheries and aquatics of Iran. (in Persian)

Bekhit, A.E.A., Holman, B.W.B., Giteru, S.G. and Hopkins, D.L., 2021. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: *A review.Journal of Food Science and Technology*, 109, 280-302. DOI:10.1016/j.tifs.2021.01.006.

Blanchet, C., Lucas, M., Julien, P., Morin, R., Gingras, S. and Dewailly, E., 2005. Fatty acid composition of wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the American Oil Chemists' Society Lipids*, 40(5):529-531. DOI:10.1007/s11745-005-1414-0.

Cardia, F. and Lovatelli, A. 2015. Aquaculture operations in floating HDPE cages. FAO, Fisheries and aquaculture technical. No. 593, Italy. 176 P.

Coşkun, O.F., Aydın, D. and Duman, F., 2016. Comparison of some blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in running and still water. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(1), 497-507. DOI:20.1001.1.15622916.2016.15.1.39.3.

Craig, S.R., Helfrich, L.A. and Schwarz, M.H., 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Produced by communications and marketing. College of Agriculture and Life Sciences,Virginia State University. United States of America. Publication 420-256. 6 P.

Dube, P.N. and Hosetti, B.B., 2010. Behaviour surveillance and oxygen consumption in the freshwater fish *labeo rohita* (hamilton) exposed to sodium cyanide. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 26(1-2), 91-103. DOI:10.2298/BAH1002091D.

Espe, M., 2008. 9 - Understanding factors affecting flesh quality in farmed fish. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. National Institute of Nutrition and Seafood Research (NIFES), Norway. pp: 241-264. DOI:10.1533/9781845694920.2.241.

FAO (Food and Agriculture Organization), 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action. Rome, Italy. 224 P. DOI:10.4060/ca9229en

FAO (Food and Agriculture Organization), 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. Rome, Italy. 266 P. DOI:10.4060/cc0461en

Farabi, S.M.V., 2017. A comprehensive study of the ecosystem of the southern region of the Caspian Sea with the aim of establishing cages and developing marine aquaculture. The final report of the country's fisheries science research institute. NO: 51902, Iran. 140 P. (in Persian)

Farabi, S.M.V. and Soleimani Roud Poshti, A., 2019. Investigating the effect of stocking density of fish (rainbow trout) in floating cages on growth performance and final production in the south of the Caspian Sea. TAT Organization, Fisheries Science Research Institute of the country. Approved number: 3-980503-008-1253-76, registration number: 58890, 46 P. (in Persian)

Farabi, S.M.V., Tabari, M.R., Hafezieh, M. and Safari, R., 2020. Investigation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) culture in marine floating cages in the Southern Caspian Sea. *Journal Aquatic Marine Biology*, 9(5):203-206. DOI:10.15406/jamb.2020.09.00296.

Farabi, S.M.V., 2021. Investigating growth performance and feeding efficiency of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in floating cages in the southern Caspian Sea region. *Journal of Aquatic Nutrition*, 7(3):49-59. DOI:10.22124/janb.2022.21506.1161, (In Persian)

Farabi, S.M.V., 2023. Economic study and determination of production techniques for large-sized trout (1.5< kg) in floating cages in the south of the Caspian Sea. Research Institute of Fisheries Sciences of the country. Final report of the research project with approved code: 4-76-12-050- 000730. Iran. 130 P. (in Persian)

Folch, J., Less, M., and Stainley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*. 226(1):497-509. DOI:10.1016/S0021-9258(18)64849-5.

Ghalebi Hajivand, F., Esmaili, A. and Abedian, A., 2020. Effect of fucoidan on growth and fatty acid profile in rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792). *Journal of Fisheries Science and Technology*, 9(3):170-179. DOI:20.1001.1.23225513.1399.9.3.3.0. (in Persian).

Haard, N.F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25(4):289–307. DOI:10.1016/0963-9969(92)90126-P.

Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (Eds.), Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, England. pp: 184-202. DOI:10.1079/9780851995199.00

ISO (International Standard) 5509, 2000. Animal and vegetable fats and oils

Preparation of methyl esters of fatty acids. Second edition. ISO copyright office. Switzerland. 12 P.

Jankowska, B., Zakes, Z., Zmijewski, T. and Szczepkowski, M., 2003. Comparison of selected quality features of the tissue and slaughter yield of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *European Food Research and Technology*, pp. 401–405. DOI:10.1007/s00217-003-0757-5

Karimzadeh, J., Keramat, A., Abedian, A. and Karimzadeh, Q., 2011. Interactions of dietary selenium and fat on fatty acid compositions of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) tissues. *Scientific Journal of Iranian Fisheries*, 20(4):107-116. DOI:10.22092/isfj.2017.110028. (In Persian)

Kurcubic, V., Marković, g., Mašković, p., Miletić, N., and Vučićević, D., 2017. Basic parameters of the quality of fresh meat of different types of freshwater fish. *Acta Agriculturae Serbica*, 22(43):47-55. DOI:10.5937/AASer1743047K

Liao, I.C., Huang, T.S., Tsai, W.S., Hsueh, C.M. Chang, S.L. and Leaño, E.M., 2004. Cobia culture in Taiwan: Current status and problems. *Aquaculture*, 237, 155–165. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.03.007.

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Goa, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, E. and Troell, M., 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591, 551–563. DOI:10.1038/s41586-021-03308-6.

Ninawe, A.S., Dhanze, J.R., Dhanze, R. and Indulkar, S.T., 2020. Fish Nutrition and Its Relevance To Human Health. 1st Edition. CRC Press, England. 402 P. DOI:10.1201/9781003107583.

NRC (National Research Council), 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. Washington, DC: The National Academies Press, United States of America. 392 P. DOI:10.17226/13039.

Oz, M. 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):56-60, DOI:10.13189/fst.2015.030402

Ozmen Guler, G., Zengin, G., Çakmak, Y.S. and Aktumsek, A., 2017. Comparison of Fatty Acid Compositions and ω3/ω6 Ratios of Wild Brown Trout and Cultured Rainbow Trout. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 1179-1187. DOI:10.4194/1303-2712-v17_6_11

Palmegiano, G. B., Boccignone, M., Forneris, G., Salvo, F., Ziino, M., Signorino, D., Zoccarato, I., 2000. Effect of Feeding Level on Nutritional Quality of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Flesh. *Journal of Agromedicine*, 6(4):69–81. DOI:10.1300/J096v06n04_08.

Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N. 2005. Aquaculture: Principles and Practices, 2nd Edition. Blackwell Publishing, Ames, IA, USA. 640 P.

Rasmussen, R.S., 2001. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquaculture Research*,

32(10):767-786. DOI:10.1046/j.1365-2109.2001.00617.x

Saberi, H., Ali Akbar, 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. https://sid.ir/paper/21435/en. (in Persian)

Salehi, M., Ghaeni, M. and Javaheri, M., 2017. The relation of chemical blend, diet fatty acids and filet of *Oncorhynchus mykiss* in the growth period. *Animal Biology*, 10(2):37-48. https://sid.ir/paper/176703/en. (in Persian)

Sivakova, B. and Blazhekovikj-Dimovska, D., 2016. The impact of different diet and environmental conditions on chemical composition of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) from Macedonian aquaculture facilities. *Journal of Faculty of Food Engineering*, 15(3):227-233

Skalli, A., Robin, J.H., Le Bayon, N., Le Dellou, H. and Person-Le Ruyet, J., 2006. Impact of essential fatty acid deficiency and temperature on tissues' fatty acid composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 255(1-4):223-232. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.12.006.

Tidwell, J.H. and Allan, G.L., 2001. Fish as food: aquaculture's contribution: Ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO press, United States of Americ*, 2(11):958–963. DOI: https://doi.org/10.1093%2Fembo-reports%2Fkve236.

Tkaczewska, J., Kulawik,P. and Migdal, W., 2015. The quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in various Polish region. *Journal of Annals of Animal Science*, 15(2):527-539. DOI:10.2478/aoas-2014-0087.

Trbovic, D., Vranić, D., Đinović-Stojanović, J., Matekalo-Sverak, V., Đorđević, V., Spirić, D., Babić, J., Petronijević, R. and Spirić, A., 2012. Fatty acid profile in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as influenced by diet. *Journal of Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(3):563-573. DOI:10.2298/BAH1203563T.

Vranic, D., Trbovic, D., Djinovic-Stojanovic, J., Baltic, R., Milijasevic, M., Lilic, M.S. and Spiric, A., 2013.The influence of nutrition on Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) meat quality. *Journal of Biotechnology in Animal Husbandry*, 29(1):161-171. DOI:10.2298/BAH1301161V

Zhelyazkov, G. and Stratev, D., 2019. Meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta fario*) farmed in Bulgaria. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 6, 37-40. DOI:10.18502/jfqhc.6.1.457

Quantitative and qualitative analysis of fatty acids profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in freshwater and brackish water with four different types of feed

Farabi S.M.V.[1]; Safari, R.[1*]

[*]safari1351@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Abstract

A comparison of fatty acid levels of rainbow trout reared in brackish water and freshwater in the southern region of the Caspian Sea was done using four types of commercial feed. The fish with equal density and biomass were reared for 90 days. The fish weight was 500 g at the first of rearing, and they reached more than 1700 g at the end of the breeding period. To determine the fatty acid profile, 5 samples from each farm were taken from the dorsal muscle of the edible tissue of fish at the end of the rearing period. The results showed that the rearing environment, in addition to affecting fish growth and feed efficiency, also affected the meat composition of the fatty acid profile of fish meat. The maximum weight gain of the fish in freshwater was 1025 g, and in brackish water was 1291 g with a food conversion ratio of 1.27-1.32 and 0.97-1, respectively (p<0.05). The feed efficiency rate was obtained in fresh water 1.07-1.97 and in brackish water 2.29-2.59 (p<0.05). The total saturated fatty acids of fish in freshwater (22.24±1.07%) was lower than in brackish water (25.69±0.22 %) (p<0.05). The total of monounsaturated fatty acid and polyunsaturated fatty acids differed in farms independent of diet and rearing environment (p<0.05). However, the amount of omega-6 fatty acid was optimal (17.52-31.26%), and omega-3 fatty acid (0.10-0.12%) was far less than similar studies outside Iran. As a result, a small amount of omega-3 unsaturated fatty acid was used in the composition of the primary ingredients of the feed. Generally, the growth process, feed efficiency, and meat of rainbow trout raised in brackish water in a sea cage environment has relatively better quality than fish raised in freshwater.

Keywords: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Freshwater, Brackish water, Fatty acid, Commercial pellet

[*]Corresponding author