"مقاله پژوهشی"

تأثیر جایگزینی روغن ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی بر فراسنجه‌های رشد، ترکیب شیمیایی و پروفایل اسیدهای چرب قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

زهره صیدانلو[۱]، افشین قلیچی[۱*]، سارا جرجانی[۱] و فریبرز قجقی[۱]

۱-گروه شیلات، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، آزادشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۱

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات جایگزینی روغن طیور به جای روغن ماهی در رژیم غذایی بر عملکرد رشد و کیفیت فیله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۴۵ تا ۵۵ گرمی)، انجام شد. در این آزمایش از سه رژیم غذایی استفاده شد که حاوی درصدهای مختلف چربی طیور ۰٪ (D1)، ۵۰٪ (D2) و ۱۰۰٪ (D3) جایگزین با روغن ماهی بود. ماهیان در قالب سه تیمار به مدت ۸ هفته پرورش داده شدند. عملکرد رشد در بین تیمارها فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین تفاوت معنی‌داری در محتوای رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر فیله وجود نداشت. ترکیبات اسیدهای چرب فیله منعکس کننده رژیم‌های غذایی مصرف شده بود. به این صورت که افزایش محتوای چربی طیور در رژیم غذایی، منجر به کاهش اسیدهای چرب ω-3، اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دوکوزاهگزانوئیک و افزایش اسیدهای چرب ω-6 و اسیدهای چرب تک اشباع شد. در نتیجه، جایگزینی کامل روغن ماهی با چربی طیور هیچ تأثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد ماهی نداشت، اما منجر به کاهش اسیدهای چرب ω-3 فیله ماهی می‌شود.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، روغن ضایعات طیور، فراسنجه‌های رشد، پروفایل اسیدهای چرب.

*عهده‌دار مکاتبات: afshin.ghelichi@yahoo.com

مقدمه

رشد و توسعه آبزی‌پروری باید از طریق برنامه‌های توسعه پایدار صورت بگیرد که در آن سه هدف مدنظر قرار دارد: افزایش تولید در واحد سطح، که مهمترین عامل در کیفیت تولید در آبزی‌پروری تولید است (Avnimelech, 2009)، حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلودگی محیط زیست که مهمترین عامل آلودگی آب در آبزی‌پروری غذای نخورده شده است (Naylor *et al*., 2000) و بالاخره اقتصادی بودن تولید در آبزی‌پروری برای توسعه اقتصادی اجتماعی جوامع آبزی‌پرور که مهمترین و بیشترین هزینه در آبزی‌پروری (۳۰ تا ۸۰ درصد) مربوط به تغذیه می‌باشد (Avnimelech, 2009). این اهداف با مدیریت و راه‌کارهای تغذیه انجام‌پذیر هستند. از جمله این راه‌کارها جایگزینی روغن ماهی مورد استفاده در جیره آبزیان با منابع دیگری همچون روغن‌های گیاهی، روغن‌های حاصل از دام و طیور و روغن‌های حاصل از منابع جلبکی می‌باشد که باعث کاهش هزینه‌ها و آلودگی‌ها و افزایش تولید به‌علت افزایش قابلیت پرورش متراکم می‌شود (پژمان مهر و همکاران، ۱۳۹۲).

قزل‌آلای رنگین‌کمان نخستین گونه از خانواده آزادماهیان است که به عنوان غذای اصلی انسان پرورش یافت. درحال حاضر این ماهی سهم باارزشی در تأمین غذای انسان دارد، علت این امر فقط ارزش غذایی بالای این ماهی کمیاب و گران شدن ماهیان وحشی که از طبیعت صید می‌شوند نیست بلکه به این دلیل است که این ماهی‌ها غنی از چربی‌های اشباع نشده هستند که وجودشان در غذای سالم ضروری است (درموند سدویک، ۱۳۷۹).

از دیرباز تاکنون انواع ماهی و محصولات دریایی در رژیم غذایی انسان‌ها نقش مهمی ایفا می‌کردند. بی‌شک استفاده مداوم از آنها سبب آشنایی با روغن ماهی و پی بردن به فواید آن شده‌است (Avnimelech, 2009). محتوای چربی و ترکیب اسیدهای چرب موجود در اندام‌های بدن ماهیان تحت تأثیر گونه، جنس، سن، دمای آب، میزان آلودگی و مقدار غذا در فصول مختلف قرار می‌گیرد (Kandemir and Polat, 2007). از سوی دیگر اسیدهای چرب موجود در جیره می‌تواند ترکیب اسیدچرب بافت ماهی را تغییر دهند که این مسئله اهمیت زیادی در تغذیه انسان دارد (Fonseca-Madrigal *et al*., 2005).

آگاهی از طبیعت شیمیایی اسیدهای چرب ماهی و چگونگی توزیع آنها از نظر نقشی که در ارزیابی تغذیه‌ای دارند دارای اهمیت زیادی است. آگاهی از نحوه توزیع و گستردگی این اسیدهای چرب از آن جهت ضروری است که از طریق آن می‌توان درک بهتری از اختصاصات شیمیایی و فیزیکی روغن‌های ماهی و نقش بیوشیمیایی اسیدهای چرب ماهی بدست آورد.

ماهیان همانند سایر مهره‌داران فاقد آنزیم‌های ضروری جهت سنتز اسیدهای چرب پیش‌ساز لینولئیک‌اسید و آلفا لینولنیک‌اسید هستند (فرهودی و همکاران، ۱۳۹۰)، بنابراین این دو اسید چرب، جز اسیدهای چرب ضروری اند، و ماهیان بطور طبیعی قادر به سنتز آنها نیستند و باید از طریق تغذیه این دو اسید چرب رادریافت نمایند (رضوی شیرازی، ۱۳۸۰). اسیدلینولئیک و اسیدآلفالینولنیک، خود پیش‌ساز تولید سایر اسیدهای چرب PUFA می‌باشند (Siddiqui *et al* ., 2007). در ماهی این دو نوع اسیدچرب می‌توانند طی مسیر متابولیکی متوالی، غیراشباع‌سازی

(Desaturation) و طویل سازی (Elongation) به اسیدهای چرب HUFA تبدیل شوند (Zheng *et al.*, 2004). لینولئیک‌اسید طی فرآیند متابولیکی غیراشباع-سازی و طویل‌سازی می‌تواند به اسیدگامالینولنیک (GLA; C18:3 n-6) و آراشیدونیک‌اسید (AA;C20:4 n-6) تبدیل شود. آلفالینولنیک‌اسید نیز طی مسیر متابولیکی مشابهی ابتدا به EPA; C20:5 n-3 و سپس به DPA; C22:5n-3 و DHA;C22:6n-3 تبدیل می‌شود (Dantagnan *et al.*, 2007; Gunasekera *et al.*, 1999).

امروزه استفاده از محصولات جنبی فرآورده‌های غذایی و منابع غذایی بازیافتی به دلیل قیمت ارزان، قابلیت دسترسی به مقدار مناسب و جلوگیری از آلودگی محیط زیست به عنوان یکی از راهکارهای افزایش راندمان اقتصادی در فعالیتهای آبزی‌پروری مطرح شده است. یکی از منابع بازیافتی قابل استفاده در جیره غذایی آبزیان، روغن ضایعات طیور است (Gallagher and Degani, 1988). چربی حیوانات خشکی‌زی در طی پروسه فرآوری آنها و از محصولات جنبی کشتارگاه‌ها بدست می‌آیند.

مطالعات مختلفی در خصوص جایگزینی روغن ماهی با چربی حیوانات در گونه‌های مختلف صورت گرفته است. از جمله ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۲)، پژمان‌مهر و همکاران (۱۳۹۲)، Bayraktar و Bayir (۲۰۱۲)، Liu و همکاران (۲۰۰۴)، Greene و Selivonchick (۱۹۹۰) بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان، Turchini و همکاران (۲۰۰۳) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*)، Campos و همکاران (۲۰۱۹)، Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) و Nogales-Merida و همکاران (۲۰۱۱)در جیره ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrachus labrax*)، Baweja و Babbar (۲۰۱۵) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، Friesen و همکاران (۲۰۱۵) در جیره سابل-فیش جوان (*Anoplopoma fimbria*)، Peng و همکاران (۲۰۰۸) در ماهیان جوان باس دریایی (*Acanthopagru schlegeli*) و Xue و همکاران (۲۰۰۶) در ماهی سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) مورد بررسی قراردادند.

به هر حال هدف از تحقیق حاضر مطالعه تأثیر جایگزینی روغن ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی بر فراسنجه‌های رشد، ترکیب شیمیایی و پروفایل اسیدای چرب فیله، در دوره پیش‌پروار ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی

بچه ماهیان از یکی از مراکز پرورشی ماهیان سردآبی استان گلستان تهیه شدند. تعداد ۲۵۰ عدد ماهی با وزن متوسط حدود ۴۰-۵۰ گرم انتخاب و بعد از طی دوره سازگاری به حوضچه‌های ۵۰۰ لیتری منتقل شد. قبل از انتقال ماهیان به حوضچه‌ها، وزن و طول کل ماهیان اندازه‌گیری شد. سپس در هر یک از ۹ حوضچه فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری تعداد ۲۵ عدد ماهی قرار داده-شد.

تیمارهای آزمایشی

جهت بررسی اثرات جایگزینی روغن ضایعات طیور به‌جای روغن ماهی در مرحله اول ۳ تیمار با ۳ تکرار به‌شرح زیر طراحی شد: تیمار ۱ (شاهد): جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی (جیره الف)، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن ضایعات طیور

(جیره ب)، تیمار ۳: جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ضایعات طیور (جیره ج). اجزا جیره غذایی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: ترکیب اجزا غذای استفاده شده در تحقیق

اجزا غذا (درصد)	غذای نوع «الف»	غذای نوع «ب»	غذای نوع «ج»
آرد ماهی	۳۵	۳۵	۳۵
پودر گوشت	۵/۵	۵/۵	۵/۵
آرد سویا	۲۰	۲۰	۲۰
آرد گندم	۳۰	۳۰	۳۰
روغن ماهی	۸	۴	–
روغن ضایعات طیور	–	۴	۸
بنتونیت سدیم	۳	۳	۳
مکمل ویتامیه	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل معدنی	۱/۵	۱/۵	۱/۵
لایزین	۱	۱	۱
متیونین	۰/۵	۰/۵	۰/۵

نحوه غذادهی

ماهیان روزانه طبق جداول غذادهی در ۲ وعده صبح و عصر به‌صورت دستی به‌مدت ۶۰ روز غذادهی شدند. بعد از هربار زیست‌سنجی و تعیین متوسط بیومس موجود در حوضچه‌ها میزان غذای مورد نیاز بر اساس وزن بدن ماهیان با استفاده از جداول غذادهی، تعیین شد.

تعیین فراسنجه‌های رشد

برای بررسی چگونگی عملکرد جیره‌های مختلف و مقایسه آنها، در فواصل زمانی مشخص از طریق داده های بدست آمده از زیست سنجی و انجام آزمایشات تغذیه ای طبق فرمول های موجود، برخی از فاکتورهای رشد و تغذیه به شرح زیر تعیین‌گردید (Bagenal, 1978).

میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – میانگین وزن انتهای دوره به گرم = افزایش وزن بدن (گرم)

۱۰۰ × [(میانگین وزن انتهای دوره به گرم) / (میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = درصد افزایش وزن بدن

۱۰۰ × [(دوره پرورش) / (لگاریتم طبیعی میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – لگاریتم طبیعی میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = نرخ رشد ویژه[2] (درصد در روز)

۱۰۰ × [(دوره پرورش به روز) / (۰٫۳۳میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – ۰٫۳۳میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] = شاخص رشد روزانه[3] (گرم در روز)

۱۰۰ × (تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در انتهای دوره) = میزان زنده‌مانی (درصد)

(میانگین وزن ماهیان ابتدای دوره×تعداد ماهیان در انتهای دوره) – (میانگین وزن ماهیان انتهای دوره×تعداد ماهیان در انتهای دوره) = افزایش بیوماس (واحد وزن)

۱۰۰× (۳میانگین طول ماهی به سانتی‌متر / میانگین وزن ماهیان در انتهای دوره به گرم) = فاکتور وضعیت[4]

افزایش وزن به گرم / مقدار غذای دریافت شده به گرم = ضریب تبدیل غذایی[5]

[2] SGR: Specific growth rate
[3] DGI: Daily growth index
[4] CF: Condition factor
[5] FCR: Food efficiency ratio

آزمایش‌های شیمیایی

به منظور تعیین ترکیب شیمیایی عضله (چربی، پروتیین، خاکستر و رطوبت) از هر تکرار ۳ عدد ماهی به طور تصادفی انتخاب شد. سنجش چربی کل به روش سوکسله با دستگاه Soxtec (مدل SE416 ساخت شرکت Gerhardt آلمان) انجام شد (AOAC, 2005). سنجش پروتئین به روش کجلدال (AOAC, 2005) با استفاده از دستگاه kjeldtherm (مدل vap 40) صورت پذیرفت. تعیین رطوبت به روش خشک کردن در آون، در دمای ۱۰۲-۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۸-۱۶ ساعت (AOAC , ۲۰۰۵) انجام گرفت. همچنین برای سنجش خاکستر نیز از کوره با دمای ۵۵۰-۵۰۰ درجه سانتی‌گراد استفاده‌شد (AOAC , ۲۰۰۵).

نحوه تهیه روغن ضایعات طیور

برای تهیه روغن ضایعات طیور، چربی‌های اضافه سنگدان جدا و با آب گرم شستشو داده‌شد. سپس در دیگ‌های استوانه‌ای شکل به مدت ۱ تا ۱/۵ ساعت و در دمای نقطه جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) حرارت داده شد. به منظور جداسازی مواد زائد، روغن استخراج شده به وسیله صافی توری تصفیه شد. در نهایت روغن تصفیه شده در ظروف مخصوص و در مکان خشک و دور از نور آفتاب نگهداری شد.

تعیین اسیدهای چرب

جهت استخراج چربی از نمونه‌های مورد مطالعه از روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) استفاده شد. پروفایل اسیدهای چرب با روش گازکروموتوگرافی (مدل A ۱۴ شیمادزو ژاپن) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری، نرمال بودن داده‌ها با روش کولموگروف- اسمیرنوف بررسی‌شد. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از روش تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و انجام آزمون Post hoc دانکن در سطح ۰/۰۵ مورد تحلیل آماری قرار گرفت. همچنین از نرم‌افزار SPSS 20 برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج

فراسنجه‌های رشد

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های رشد حاکی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف بوده است ($p>۰/۰۵$) (جدول ۲).

جدول ۲: فراسنجه‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده در تیمارهای حاوی روغن طیور

ترکیب شیمیایی	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
وزن ابتدایی (گرم)	۵۲/۱۷±۱/۶۹^{a}	۵۱/۵۳±۱/۲۱^{a}	۵۰/۶۹±۱/۶۰^{a}
وزن نهایی (گرم)	۱۳۸/۳۳±۶/۷۱^{a}	۱۳۶/۶۴±۵/۹۷	۱۳۸/۱۱±۷/۴۳^{a}
میزان افزایش وزن (گرم)	۸۶/۰۴±۱/۳۸^{a}	۸۵/۵۶±۳/۵۲^{a}	۸۷/۷۶±۱/۸۵^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۶۲±۰/۰۳^{a}	۱/۵۸±۰/۰۳^{a}	۱/۶۶±۰/۰۸^{a}
ضریب تبدیل غذا	۱/۰۸±۰/۰۲^{a}	۱/۰۹±۰/۰۶^{a}	۱/۰۱±۰/۰۴^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq۰/۰۵$ می‌باشد.

تیمار ۱ (شاهد): تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن طیور، تیمار ۳: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور.

مقایسه ترکیب شیمیایی ماهی

نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت) در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف روغن طیور به جای روغن ماهی در استراتژی‌های مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: ترکیب شیمیایی عضله قزل‌آلای رنگین‌کمان (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) تغذیه شده در تیمارهای حاوی روغن طیور

ترکیب شیمیایی	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
رطوبت (٪)	۷۵/۹۷±۱/۵۶^{a}	۷۶/۶۰±۱/۲۳^{a}	۷۷/۰۳±۱/۵۶^{a}
چربی کل (٪)	۳/۳۵±۰/۲۳^{a}	۳/۰۲±۰/۱۷^{a}	۳/۰۸±۰/۲۰^{a}
پروتئین کل (٪)	۱۸/۳۲±۰/۳۳^{a}	۱۸/۶۹±۰/۸۷^{a}	۱۸/۶۸±۰/۵۴^{a}
خاکستر (٪)	۱/۷۳±۰/۲۰^{b}	۱/۴۳±۰/۰۳^{a}	۱/۴۷±۰/۰۶^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq$۰/۰۵ می‌باشد.

تیمار ۱: جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن طیور، تیمار ۳: جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور

پروفایل اسیدهای چرب جیره فرموله شده

آنالیز پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های غذایی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۴ آورده شده است.

پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهی

پروفایل اسیدهای چرب در ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) و گروه‌های مهم اسیدهای چرب هنگام جایگزینی روغن ضایعات طیور به جای روغن ماهی جیره در جدول ۵ و ۶ نشان داده شده است. بر طبق نتایج به دست آمده پامیتیک‌اسید، پالمیتولئیک اسید و اولئیک اسید به ترتیب فراوانترین نوع اسیدهای چرب اشباع، تک‌غیراشباع و چندغیراشباع در تمام تیمارها بود (جدول ۵). همچنین طبق اطلاعات جدول ۶ تفاوت معنی داری بین مقادیر اسیدهای چرب اشباع و جندغیراشباع در بین تیمارهای مختلف وجود نداشت ($p>$ ۰/۰۵). ولی مقدار اسیدهای چرب تک‌غیراشباع در تیمار ۳ به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر آن در تیمارهای دیگر بود ($p\leq$ ۰/۰۵)(جدول ۶).

جدول ۴: پروفایل اسیدهای چرب جیره‌های فرموله شده (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) بعد از افزودن روغن طیور

فرمول کربن	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
	SFA		
C14:0	۲/۵۹±۰/۰۸^{c}	۱/۹۳±۰/۰۵^{b}	۱/۱۹± ۰/۰۴^{a}
C15:0	۰/۷۵±۰/۰۲^{c}	۰/۵۰± ۰/۰۳^{b}	۰/۲۶±۰/۰۶^{a}
C16:0	۲۱/۰۲±۰/۸۵^{a}	۲۲/۷۱±۰/۱۲^{b}	۲۳/۷۶±۰/۱۸^{c}
C17:0	۰/۲۹± ۰/۰۲^{c}	۰/۲۲± ۰/۰۱^{a}	۰/۲۵± ۰/۰۳^{b}
C18:0	۵/۵۵± ۰/۲۱^{a}	۶/۲۵± ۰/۱۲^{b}	۶/۸۷± ۰/۲۱^{c}
C21:0	۰/۹۴± ۰/۰۴^{c}	۰/۵۲± ۰/۰۴^{b}	۰/۱۶± ۰/۰۳^{a}
C23:0	۲/۴۵± ۰/۱۱^{c}	۱/۳۷± ۰/۱۴^{b}	۰/۴۰± ۰/۰۵^{a}
	MUFA		
C14:1	۰/۲۵±۰/۰۴^{b}	۰/۰۹± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۰±۰/۰۳^{a}
C16:1ω-7	۷/۲۱±۰/۳۷^{c}	۶/۳۸±۰/۳۲^{b}	۵/۲۴±۰/۲۴^{a}
C17:1	۰/۱۷± ۰/۰۲^{b}	۰/۲۳± ۰/۰۴^{c}	۰/۱۴± ۰/۰۳^{a}
C18:1ω-9trans	۳/۰۷± ۰/۴۳^{c}	۲/۶۱± ۰/۱۳^{b}	۲/۱۱± ۰/۲۷^{a}
C18:1ω-9cis	۳۰/۴۵± ۰/۸۶^{a}	۳۵/۰۹± ۰/۴۷^{b}	۳۹/۰۳± ۰/۵۴^{c}
C24:1ω-9	۰/۳۹± ۰/۰۷^{b}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}
	PUFA		
C18:2 ω-6 cis	۱۰/۵۲± ۰/۳۱^{a}	۱۳/۶۳± ۰/۷۸^{b}	۱۶/۶۳± ۰/۲۱^{c}
C18:3 ω-3	۴/۴۴± ۰/۱۱^{c}	۲/۸۳± ۰/۰۸^{b}	۱/۸۰± ۰/۰۵^{a}
C20:3 ω-3	۱/۱۰± ۰/۰۸^{c}	۰/۷۱± ۰/۰۲^{b}	۰/۳۷± ۰/۰۱^{a}
C20:5 ω-3 (EPA)	۰/۷۲± ۰/۰۴^{c}	۰/۳۶± ۰/۰۲^{b}	۰/۰۰± ۰/۰۰^{a}
C22:6 ω3 (DHA)	۳/۱۱± ۰/۰۶^{c}	۱/۹۱± ۰/۰۴^{b}	۰/۷۵± ۰/۰۷^{a}
∑SFA	۳۳/۴۳± ۱/۰۲^{a}	۳۳/۲۳± ۱/۰۴^{a}	۳۲/۸۲± ۰/۸۵^{a}
∑MUFA	۴۰/۸۷± ۱/۴۳^{a}	۴۵/۰۸± ۱/۱۳^{b}	۴۷/۱۵± ۱/۲۷^{c}
∑PUFA	۱۹/۷۶± ۰/۸۶^{a}	۱۹/۴۶± ۰/۴۷^{a}	۱۹/۵۵± ۰/۵۴^{a}
∑UFA	۶۰/۳۹± ۲/۰۷^{a}	۶۵/۱۲± ۱/۸۰^{b}	۶۷/۲۱± ۲/۱۸^{b}
∑ω-3	۹/۲۷± ۰/۱۲^{c}	۵/۸۱± ۰/۸۴^{b}	۲/۹۲± ۰/۱۳^{a}
∑ω-6	۱۰/۵۲± ۰/۳۱^{a}	۱۳/۶۳± ۰/۷۸^{b}	۱۶/۶۳± ۰/۲۱^{c}
∑ω-9	۳۳/۴۵± ۰/۸۶^{a}	۳۷/۰۹± ۰/۱۷^{b}	۴۱/۰۳± ۰/۹۴^{c}
∑EPA+DHA	۳/۶۹± ۰/۰۷^{c}	۲/۱۹± ۰/۱۲^{b}	۰/۷۶± ۰/۰۶^{a}
PUFA/SFA	۰/۵۹± ۰/۰۲^{a}	۰/۵۸± ۰/۰۵^{a}	۰/۵۹± ۰/۰۳^{a}
UFA/SFA	۱/۸۱± ۰/۴۳^{a}	۱/۹۶± ۰/۲۳^{ab}	۲/۰۵± ۰/۲۲^{b}
∑ω-3/∑ω-6	۰/۸۸± ۰/۰۶^{c}	۰/۴۲± ۰/۰۷^{b}	۰/۱۸± ۰/۰۴^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq$۰/۰۵ می‌باشد.

تیمار ۱: جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن طیور، تیمار ۳: جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور

جدول ۵: پروفایل اسیدهای چرب عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن طیور

فرمول کربن	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
	SFA		
C14:0	۱/۷۶±۰/۰۴^{c}	۱/۲۷± ۰/۰۳^{b}	۰/۹۹±۰/۰۲^{a}
C15:0	۰/۴۶±۰/۰۱^{c}	۰/۳۱±۰/۰۱^{b}	۰/۲۱±۰/۰۲^{a}
C16:0	۱۶/۱۴±۰/۴۳^{a}	۱۶/۶۴±۰/۳۵^{a}	۱۷/۲۳±۰/۳۵^{b}
C17:0	۰/۲۲± ۰/۰۱^{b}	۰/۱۷± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۷± ۰/۰۷^{a}
C18:0	۴/۱۹± ۰/۱۸^{a}	۴/۵۹± ۰/۳۳^{b}	۵/۰۷± ۰/۱۱^{c}
C20:0	۰/۶۷± ۰/۱۱^{a}	۰/۷۱± ۰/۱۴^{a}	۰/۹۷± ۰/۱۲^{b}
C21:0	۰/۹۸± ۰/۰۸^{b}	۰/۷۴± ۰/۰۸^{a}	۰/۶۲± ۰/۰۵^{a}
C23:0	۱/۴۷± ۰/۱۷^{c}	۰/۸۰± ۰/۰۸^{b}	۰/۳۵± ۰/۰۲^{a}
	MUFA		
C14:1	۰/۰۸±۰/۰۶^{a}	۰/۰۸± ۰/۰۱^{a}	۰/۱۳± ۰/۰۱^{a}
C16:1ω-7	۵/۷۵±۰/۱۷^{b}	۴/۷۴±۰/۲۱^{a}	۴/۳۸±۰/۳۲^{a}
C17:1	۰/۱۵± ۰/۰۱^{a}	۰/۲۱± ۰/۰۲^{a}	۰/۲۰± ۰/۱۱^{a}
C18:1ω-9trans	۲/۹۵± ۰/۶۵^{b}	۲/۷۷± ۰/۰۴^{b}	۲/۴۷± ۰/۱۱^{a}
C18:1ω-9cis	۳۱/۹۶± ۱/۳۶^{a}	۳۵/۷۳± ۰/۵۳^{b}	۳۸/۶۲± ۱/۵۲^{c}
C24:1ω-9	۰/۳۴± ۰/۱۲^{a}	۰/۵۰± ۰/۱۱^{a}	۰/۴۱± ۰/۰۹^{a}
	PUFA		
C18:2 ω-6 cis	۱۵/۵۵± ۰/۵۲^{a}	۱۸/۶۵± ۰/۷۱^{b}	۱۹/۴۸± ۰/۴۹^{c}
C18:3 ω-3	۳/۹۱± ۰/۱۴^{c}	۳/۲۹± ۰/۱۷^{b}	۲/۳۴± ۰/۱۶^{a}
C20:2 ω-6	۰/۹۷± ۰/۰۸^{a}	۱/۰۶± ۰/۱۶^{a}	۰/۸۶± ۰/۰۸^{a}
C20:3 ω-6	۰/۳۸± ۰/۰۲^{a}	۰/۹۶± ۰/۱۶^{b}	۰/۹۵± ۰/۰۹^{b}
C20:3 ω-3	۱/۲۳± ۰/۱۰^{b}	۰/۹۶± ۰/۰۷^{a}	۰/۹۰± ۰/۰۹^{a}
C20:5 ω-3 (EPA)	۰/۶۱± ۰/۰۵^{c}	۰/۳۵± ۰/۰۵^{b}	۰/۱۱± ۰/۰۱^{a}
C22:6 ω3 (DHA)	۵/۶۵± ۰/۰۸^{c}	۴/۰۳± ۰/۵۳^{b}	۲/۳۷± ۰/۲۲^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq$۰/۰۵ می‌باشد.

تیمار ۱ (شاهد): تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن طیور، تیمار ۳: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور.

جدول ۶: گروه‌های مهم اسیدهای چرب عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (گرم در ۱۰۰ گرم نمونه) تغذیه شده با جیره حاوی درصدهای مختلف روغن طیور

گروه‌های اسید چرب	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳
∑SFA	۲۵/۸۹±۱/۲۸^{a}	۲۵/۲۲±۱/۴۹^{a}	۲۵/۶۱±۱/۳۳^{a}
∑MUFA	۴۱/۴۸±۱/۳۳^{a}	۴۴/۰۳±۱/۶۶^{b}	۴۶/۲۳±۱/۸۳^{c}
∑PUFA	۲۸/۳۰± ۱/۵۷^{a}	۲۹/۳۰± ۱/۴۱^{a}	۲۷/۱۱± ۱/۲۶^{a}
∑MUFA+PUFA=UFA	۶۹/۷۸± ۰/۸۸^{a}	۷۳/۳۳± ۱/۶۴^{b}	۷۳/۱۳± ۱/۰۱^{b}
PUFA/SFA	۱/۰۹± ۰/۰۲^{a}	۱/۱۶± ۰/۰۲^{a}	۱/۰۵± ۰/۰۲^{a}
UFA/SFA	۲/۷۱± ۰/۲۱^{a}	۲/۹۱± ۰/۱۲^{a}	۲/۸۶± ۰/۱۶^{a}
∑ω-3	۱۱/۴۰±۰/۶۷^{c}	۸/۶۳±۰/۵۱^{b}	۵/۶۲±۰/۳۱^{a}
∑ω-6	۹/۵۱۸±۱/۰۱^{a}	۱۰/۱۲۷±۱/۱۱^{b}	۱۰/۱۲۷±۱/۴۵^{b}
∑ω-3/∑ω-6	۰/۶۸± ۰/۰۲^{c}	۰/۴۲± ۰/۰۴^{b}	۰/۲۶± ۰/۰۲^{a}
∑EPA+DHA	۶/۲۶± ۰/۲۹^{c}	۴/۳۸± ۰/۱۸^{b}	۲/۳۷± ۰/۰۲^{a}
∑EPA+DHA /C16:0	۰/۳۹± ۰/۰۱^{c}	۰/۲۶± ۰/۰۳^{b}	۰/۱۴± ۰/۰۱^{a}

حروف لاتین مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p\leq$۰/۰۵ می‌باشد.

تیمار ۱ (شاهد): تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن ماهی، تیمار ۲: تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن طیور، تیمار ۳: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰٪ روغن طیور.

بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های رشد و تغذیه در پایان دوره، عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف را نشان داد. Campos و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر جایگزینی جزئی و کلی روغن ماهی با روغن طیور را در جیره ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrachus labrax*) بر پارامترهای تغذیه‌ای، رشد، ترکیب شیمیایی بافت و متابولیسم چربی را بررسی کردند. وزن نهایی، دریافت غذا، ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارائی پروتئین و ترکیب شیمیایی بافت در تمامی تیمارها یکسان بود. نتایج این تحقیق هم‌سو با تحقیق حاضر بود.Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) جایگزینی ۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مخلوط روغن‌های حیوانی ۵۰ /۵۰ (روغن طیور و روغن پستانداران شامل ۷۰ درصد روغن خوک و ۳۰ درصد روغن پیه گوساله) را به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) بررسی‌نمودند. طبق گزارش این محققین جایگزینی جزئی تا ۷۵ درصد تاثیری در فراسنجه‌های رشد نظیر وزن نهایی و شاخص رشد روزانه نشان نداد، ولی جایگزینی ۱۰۰ درصد روغن حیوانی با روغن ماهی باعث کاهش معنی‌دار وزن نهایی و شاخص رشد روزانه در این تیمار شد. Baweja و Babbar (۲۰۱۵) فاکتورهای رشد و ترکیب اسیدچرب ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرورش یافته با جیره محتوی روغن طیور و چربی غاز را به جای روغن ماهی بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که جایگزینی ۲۵ تا ۵۰ درصد روغن ماهی با روغن‌های حیوانی تاثیر منفی بر فاکتورهای رشد، بقاء، ترکیب شیمیایی عضله ماهی نداشته و باعث کاهش قیمت تمام شده جیره‌شد. Friesen و همکاران

(۲۰۱۵) به ارزیابی تاثیر روغن طیور و ترکیب روغن طیور با روغن بذرکتان تحت پرس سرد به عنوان جایگزین روغن آنچوی تا ۷۵ درصد در جیره سابل فیش جوان (*Fimbria anoplopoma*) پرداختند. پارامترهای رشد، ترکیب شیمیایی کل بدن و فیله و همچنین ضریب هضم‌پذیری ظاهری تحت تاثیر جیره قرار نگرفت. نتایج تحقیق Xue و همکاران (۲۰۰۶) که تاثیر شش منبع چربی مختلف (روغن ماهی، چربی خوک، چربی پیه گوساله، چربی طیور، چربی سویا و چربی ذرت و نیز چربی مخلوطی از ۶۰ درصد پیه گوساله، ۲۰ درصد روغن سویا و ۲۰ درصد روغن ماهی) را بر رشد و تغذیه سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) مورد بررسی قرار دادند، نشان داد که منابع مختلف چربی جیره تاثیر معنی‌داری بر فاکتورهای رشد و تغذیه بین تیمارهای مختلف و نمونه نداشت. Higgas و همکاران (۲۰۰۶) تاثیر جایگزینی برابر روغن کانولا و روغن طیور را به عنوان منبع تامین کننده روغن در جیره ماهی سالمون آتلانتیک (*Salmo salar*) را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که جایگزینی روغن تاثیر معنی‌داری بین تیمارهای مختلف بر فاکتورهای رشد، درصد بقاء، ترکیب شیمیایی فیله و لاشه، بازده غذا و مصرف انرژی کل نداشت که همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

در کل نتایج این تحقیق نشان داد که جایگزینی روغن ضایعات طیور به جای روغن ماهی بر فراسنجه-های رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان هیچ تاثیر معنی‌داری نسبت به شاهد نشان نداد.

نتایج آنالیز ترکیب شیمیایی لاشه (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت) ماهیان قزل‌آلا تغذیه شده با درصدهای مختلف روغن طیور و تغذیه مجدد آنها با روغن ماهی نشان‌داد که در انتهای دوره پرورش، اختلاف معنی‌داری بین محتوای رطوبت، چربی و پروتئین کل بین تیمارهای مختلف تغذیه مشاهده‌نشد.

طبق گزارش Monteiro و همکاران (۲۰۱۸) جایگزینی جزئی مخلوط روغن‌های حیوانی ۵۰/۵۰ (روغن طیور و روغن پستانداران شامل ۷۰ درصد روغن خوک و ۳۰ درصد روغن پیه گوساله) تا ۷۵ درصد تاثیری بر ترکیب شیمیایی لاشه ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) نشان نداد. Friesen و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی تاثیر روغن طیور و ترکیب روغن طیور با روغن بذرکتان تحت پرس سرد به عنوان جایگزین روغن آنچوی تا ۷۵ درصد در جیره سابل‌فیش جوان (*Fimbria anoplopoma*) پرداختند. ترکیب شیمیایی کل بدن و فیله تحت تاثیر روغن جیره قرار نگرفت. Xue و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش‌نمودند که استفاده از چربی طیور در جیره ماهی سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) تاثیر معنی‌داری در مقدار پروتئین، رطوبت، چربی و خاکستر لاشه در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی نداشته است. نتایج تحقیق حاضر با نتایج محققین مذکور مطابقت دارد.

با جایگزین نمودن روغن ضایعات طیور به جای روغن ماهی جیره تغییرات عمده‌ای در پروفایل اسید چرب ماهیان ایجاد شد. در واقع ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهیان منعکس کننده پروفایل اسیدهای چرب جیره و منابع مختلف روغن مورد استفاده آن می‌باشد (عطشانی کوچصفهانی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Rinchard *et al.*, 2007).

با جایگزین نمودن روغن ضایعات طیور به جای روغن ماهی جیره و تغذیه مجدد با جیره حاوی روغن

ماهی، مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) در ترکیب عضله تیمارهای مختلف فاقد اختلاف معنی-داری بود. این مسئله از نظر جنبه سلامتی انسانی بسیار مهم است. چربی حیوانات خشکی‌زی سطوح بالایی از اسیدهای چرب اشباع را دارند. مجموع اسیدهای چرب اشباع بین حیوانات خشکی‌زی، بین ۲۸/۵ درصد در روغن طیور، ۳۸/۶ درصد در روغن خوک تا ۴۷/۵ درصد در روغن پیه گوساله متغیراست. روغن‌های گیاهی نیز به جز روغن پالم (۴۸/۸ درصد) و روغن بذر کتان (۴۵/۵ درصد)، درصدهای پایینی از اسیدهای چرب اشباع (SFA) دارند (Turchini *et al.*, 2009). در مطالعه حاضر مجموع اسیدهای چرب اشباع، روغن طیور حدود ۲۷/۸۵ درصد بود. این بالا نبودن بیش از حد مجموع اسیدهای چرب اشباع در مقایسه با روغن ماهی (۲۶/۳۲ درصد) می‌تواند مزیت خوبی برای بهره‌گیری از روغن طیور به جای روغن ماهی در جیره ماهی قزل‌آلا از نظر جنبه سلامتی انسان باشد. همچنین روغن‌های حیوانات خشکی‌زی به جهت بالا بودن مقدار اسیدهای چرب تک غیر اشباع (MUFA) منبع مناسبی برای تامین انرژی جیره می-باشند. سهم عمده از اسیدهای چرب تک‌غیراشباع (۴۰/۴۷ درصد) در روغن ضایعات طیور در این مطالعه مربوط به اولئیک اسید (۳۷ /۷ درصد) بود.

در این تحقیق، میزان امگا-۳ در تیمار شاهد (۱۱/۴ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود، میزان امگا-۳ در تیمار ۳ (۵/۶۲ درصد) از سایر تیمارهای آزمایشی کمتر بود و با مقدار آن در تیمارهای دیگر دارای اختلاف معنی‌دار داشت.

اسیدهای چرب چندغیراشباع ω-3 مانند EPA و DHAدر سلامت انسان بسیار سودمند می‌باشند (Ruxton, *et al.*, 2005; Sinclair *et al.*, 2007). لذا حضور این اسیدهای چرب در عضله ماهیان پرورشی از نظر تامین سلامت انسان بسیار مهم می‌باشند. اسیدهای چرب مذکور به همراه آراشیدونیک اسید به طور طبیعی در ماهی به میزان قابل‌توجهی یافت می‌شوند. تحقیقات گذشته در این زمینه نشان داد که با جایگزین نمودن روغن‌های گیاهی و حیوانی چه به صورت جزیی و یا کلی مقادیر اسیدهای چرب امگا-۳ در عضله کاهش می‌یابد.

میزان اسیدهای چرب گروه $\sum\omega_6$ در تیمار شاهد کمترین مقدار را داشت، به طوری که دارای اختلاف معنی‌دار با مقدار آن در سایر تیمارها بود. میزان این اسیدهای چرب در تیمار ۳ بیشترین مقدار را دارا بود.

نتایج میزان اسیدهای چرب گروه امگا-۶ کاملا با نتایج حاصل از گروه‌های مهم اسیدهای چرب جیره-های فرموله شده برای این تحقیق هماهنگ می‌باشد، چرا که با گنجاندن سهم بیشتری از روغن ضایعات طیور به جهت بالا بودن اسیدهای چرب گروه امگا-۶ سهم این دسته از اسیدهای چرب در فیله‌ها بیشتر شدند.

از نظر سلامت انسان، مصرف ماهی و روغن ماهی که از نظر ω-3 غنی باشد، بسیار ضروری است. افزایش نسبت ω-3/ω-6 در رژیم غذایی انسان با کاهش لیپیدهای پلاسما می شود و به پیشگیری از بیماریهای قلبی کمک نموده و نیز خطر ابتلا به سرطان را کاهش می‌دهند (Kinsella *et al.*, 1990). نسبت ω-3/ω-6 یک شاخص مناسب برای مقایسه ارزش تغذیه-ای روغن ماهی است. در مطالعه حاضر نسبت ω-3/ω-6 در ترکیب فیله ماهیان تغذیه شده با ۱۰۰ درصد روغن ماهی به مدت دو ماه دارای بیشترین مقدار بود (۰/۶۸) و با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بوده

است. این نسبت در ماهیان تیمار ۳ (تغذیه شده با ۱۰۰ درصد روغن طیور به مدت دو ماه) کمترین مقدار را داشت (۰/۲۶) بود.

مقدار توصیه شده نسبت ω-3/ω-6 توسط متخصصان تغذیه بیشتر از ۱:۴ است (Valencia *et al.*, 2006). بنابراین کلیه تیمارهای مورد بررسی در محدوده مناسب توصیه شده بودند. هر چند در تیمار ۳ این مقدار در محدوده مرز قرار داشت.

نسبت PUFA/SFA شاخص کلیدی و مهم برای بررسی ارزش تغذیه‌ای ماهی است. حداقل میزان توصیه شده نسبت PUFA/SFA برابر ۰/۴۵می‌باشد (HMSO, 1994). نسبت PUFA/SFA در تیمار ۱ بیشتر از سایر تیمارها بود (۱/۲۰) ولی با تیمار ۲ اختلاف معنی‌داری نداشت. نسبت PUFA/SFA در تیمار ۳ کمتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود (۱/۰۵). این نسبت برای تمامی تیمارها بیشتر از نسبت توصیه شده توسط HMSO بوده است.

میزان نسبت C22:6+C20:5/C16:0 در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود، به‌طوری که دارای اختلاف معنی‌دار با مقدار آن در تیمارهای ۲ و ۳ بود.

نسبت C22:6+C20:5/C16:0 یا شاخص "پلی‌ان" در مطالعات مختلفی به عنوان شاخص اندازه-گیری اکسیداسیون چربی استفاده شده است (زکی‌پور و بکر، ۱۳۹۰؛ Garcia-Arias *et al.*, 2003). بالا بودن مقدار این شاخص‌ها بیانگر مستعد بودن فیله به اکسیداسیون می‌باشد.

در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که جایگزینی کامل روغن طیور به جای روغن ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با توجه به تنزل شاخص‌های کیفی فیله امکان‌پذیر نمی‌باشد، هر چند جایگزینی به میزان ۵۰ درصد می‌تواند با توجه به عدم تاثیر بر پارامترهای رشد و همچنین کیفیت قابل قبول فیله بطور مقطعی توصیه گردد. از طرفی با توجه به این که تحقیق حاضر در دوره پیش‌پروار صورت گرفته است و جایگزینی روغن طیور به جای روغن ماهی تاثیر سویی بر فراسنجه‌های رشد نداشته است با در نظر گرفتن نتایج مطالعات مختلف، می‌توان مطالعاتی با برگشت ماهی جیره به غذای معمول جهت ارزیابی امکان برگشت کیفیت فیله تا دوره پرواری پیشنهاد می شود.

سپاسگزاری

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

منابع

۱. ابراهیمی، ع.، ورنوسفادرانی، ا.م و متقی، ا.، ۱۳۹۲. بررسی امکان استفاده از روغن ضایعات طیور و روغن ماهی به‌عنوان منابع تأمین‌کننده چربی جیره بر فاکتورهای رشد در ماهی قزل آلای رنگین‌کمان. دومین همایش ملی توسعه و پرورش ماهیان آبی. صفحات ۱۲۵ تا ۱۲۸.

۲. پژمان‌مهر، پ.، فرهنگی، م.، نیکنام شیراز، ا.، ۱۳۹۲. بررسی واکنش اسیدهای چرب ضروری در منابع غذایی گیاهی و حیوانی با هدف کاهش مصرف روغن ماهی در جیره غذایی قزل‌آلا. دومین همایش ملی توسعه و پرورش ماهیان سردآبی. صفحات ۴۲-۴۶.

۳. دروموند سدویک، الف.، ؟. ترجمه: عبدالله مشایی، م.، ۱۳۷۹. راهنمای تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلا. انتشارات آسمان، ۲۰۸ صفحه.

۴. رضوی شیرازی، ح.، ۱۳۸۰ . تکنولوژی فرآورده-های دریایی. انتشارات نقش مهر، ۶۷۶ صفحه.

۵. زکی‌پور رحیم‌آبادی ، ا.، و ج. بکر، ۱۳۹۰. تأثیر چهار شیوه طبخ (مایکروویو، کباب کردن، بخارپز و سرخ کردن) روی اکسیداسیون چربی و ترکیب اسیدهای چرب در ماهی شیر. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، ۸(۳۱)، ۶۱-۵۳.

۶. فرهودی، آ.، ع. عابدیان کناری، ر.م. نظری.، مخدومی، چ.، ۱۳۹۰. تغییرات پروفایل اسید چرب لارو کپور معمولی در مرحله رشد و تکامل لاروی. مجله منابع طبیعی ایران (شیلات)، ۶۴(۲)، ۱۲۹ - ۱۴۳.

۷. عطشانی کوچصفهانی، م.، وهاب زاده رودسری، ح. و پرند، ذ.ا .۱۳۹۱ .اثر استفاده از روغن ماهی و روغن گیاهی (ذرت و آفتابگردان) بر ترکیب بیوشیمیایی و سطوح اسید های چرب لاشه بچه تاسماهی ایرانی. مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، ۶(۴)، ۲۱-۳۲.

8. AOAC., 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
9. Avnimelech, Y., 2009. Biofloc Technology.A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 182 pp.
10. Bagenal, T., 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwall scientific pub. Oxf. London. 365p.
11. Baweja, S., Babbar, B.K., 2015. Growth performance and tissue fatty acid composition of *Cyprinus carpio* (Linn.) reared on feeds containing animal fats as fish oil replacement. The Bioscan an International Quarterly Journal of Life Sciences, 10(2), 655-660.
12. Bayraktar, K., Bayır, A., 2012. The Effect of the Replacement of Fish oil with Animal Fats on the Growth Performance, Survival and Fatty Acid Profile of Rainbow Trout Juveniles, *Oncorhynchus mykiss*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 12, 661-666.
13. Campos, I., Matos, E., Maia, M.R., Marques, A., Valente, L.M., 2019. Partial and total replacement of fish oil by poultry fat in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: effects on nutrient utilization, growth performance, tissue composition and lipid metabolism. Aquaculture, 502, 107-120.
14. Dantagnan, H., A.S. Bo'rquez, I.N. Valdebenito, I.A. Salgado, E.A. Serrano, and M.S. Izquierdo. 2007. Lipid and fatty acid composition during embryo and larval development of pure *Galaxias maculates* Jenyns, 1842, obtained from estuarine, freshwater and cultured populations. Journal of Fish Biology, 70, 770–781.
15. Folch, J., M. Lees, and G.H. Sloane-Stanley. 1957. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. Journal of Biology Chemical, 226, 497–509.
16. Fonseca-Madrigal, J., Karalazos, V., Campbell, P.J., Bell, J.G. and Tocher, D.R., 2005. Influence of dietary palm oil on growth and tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition, 11, 241-250.
17. Friesen, E.N., Skura, B.J., Ikonomou, M.G., Oterhals, A., Higgs, D.A., 2015. Influence of terrestrial lipid and protein sources and activated carbon-treated fish oil on levels of persistent organic pollutants and fatty acids in the flesh of Atlantic salmon. Aquaculture Research, 46(2), 358-381.
18. Greene, D.H.S., Selivonchick, D.P., 1990. Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 89(2), 165-182.
19. Gunasekera, R.M., S.S. De Silva, and B.A. Ingram., 1999. Early ontogeny-related changes of the fatty acid composition in the Percichthyid fishes trout cod, *Maccullochella macquariensis* and *M. peelii peelii*. Aquatic Living Resource, 12(3), 219-227.
20. Higgs, D.A., Balfrt, S.K., Oakes, J.D., Rowshandeli, M., Skura, B.J., Deacon, G., 2006. Efficacy of an equal blend of canola oil and poultry fat as an alternate dietary lipid source for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in sea water. I: effects on growth performance, and whole body and fillet proximate and lipid composition. Aquaculture Research, 32(2), 180-191.
21. HMSO, UK., 1994. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects 1994. No.46) London: HMSO.
22. Kandemir, S., Polat, N., 2007. Seasonal Variation of Total Lipid and Total Fatty Acid in Muscle and Liver of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) Reared in Derbent Dam Lake. Turkish Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 7, 27–31.
23. Kinsella, E., Lokesh, B., Stone, R.A., 1990. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. American Journal of Clinical Nutrition, 52(1), 1-28.
24. Monteiro, M., Matos, E., Ramos, R., Campos, I., M.P. Valente, L., 2018. A blend of land animal fats can replace up to 75% fish oil without affecting growth and nutrient utilization of European seabass. Aquaculture, 487, 22-31.
25. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M., 2000.Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405 (6790), 1017–1024.
26. Nogales-Mérida, S., Tomás-Vidal, A., Cerdá, M.J., Martínez-Llorens, S., 2011. Growth performance, histological alterations and fatty acid profile in muscle and liver of sharp snout sea bream (*Diplodus puntazzo*) with partial replacement of fish oil by pork fat. Aquaculture Intternational, 19 (5), 917–929.
27. Peng, S., Chen, L., Qin, J., Hou, J., Yu, N., Long, Z., Ye, J., Sun, X., 2008. Effects of replacement of dietary fish oil by soybean oil on growth performance and liver biochemical composition in juvenile black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. Aquaculture, 276, 154–161.
28. Rinchard, J., Czesny, S., Dabrowski, K., 2007. Influence of lipid class and fatty acid efficiency on survival, growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. Aquaculture, 264, 363-371.
29. Sinclair, A.J., Begg, D.P., Mathai, M. and Weisinger, R.S., 2007. Omega 3 fatty acids and the brain: review of studies in depression. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 16, 391-397.
30. Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V.M., Valfré, F., 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). Aquaculture, 225 (1), 251–267.
31. Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. Reviews in Aquaculture, 1, 10-57.
32. Valencia, I., Ansorena, D., Astiasaran, I., 2006. Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with n-3 PUFAs. Meat Science, 72, 727-733.
33. Xue, M., Luo-Peng, G., 2006. Effects of six alternative lipid sources on growth and tissue fatty acids composition in Japanese sea bass (*Lateolabrax* japonicas). Aquaculture, 206-214.
34. Zheng, X., Seiliez, I., Hastings, N., Tocher, D.R., Panserat, S., Dickson, C.A., Bergot, P., Teale, A.J., 2004. Characterization and comparison of fatty acyl Δ6 desaturase cDNAs from freshwater and marine teleost fish species. Comparative Biochemestry and Physiology, 139(2), 269-279.