دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره هفتم، شماره دوم، تابستان ۹۸
http://jair.gonbad.ac.ir

اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن کنجد بر کارآیی رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

آذر همت‌زاده[۱]، پریتا کوچنین*[۲]، سعید کیوان‌شکوه[۳]، سیدامیرحسین جلالی[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
[۲]دانشیار، گروه شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
[۳]استادیار، گروه شیلات دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
[۴]استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پژوهشکده زیست فناوری و مهندسی زیستی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ ارسال: ۹۴/۱۱/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۵

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن کنجد بر کارایی رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی بافت ماهیچه در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) (وزن متوسط ۲/۰۳±۵۴/۵۲ گرم) طی دوره ۸ هفته‌ای طراحی و اجرا گردید. پنج جیره غذایی یکسان با سطوح مختلف روغن ماهی و روغن کنجد (۱۰۰درصد روغن ماهی، ۷۵ درصد روغن ماهی و ۲۵ درصد روغن کنجد، ۵۰ درصد روغن ماهی و ۵۰ درصد روغن کنجد، ۲۵ درصد روغن ماهی و ۷۵ درصد روغن کنجد و ۱۰۰ درصد روغن کنجد) با سه تکرار در هر تیمار فرموله شد. براساس نتایج حاصل برخی شاخص‌های رشد مانند میانگین افزایش وزن، اختلاف معنی‌داری را در تیمارهای مختلف نشان نداد. میزان ضریب رشد ویژه با افزایش میزان روغن کنجد جیره کاهش یافته و شاخص احشایی بین تیمارها اختلاف معنی‌دار داشته و تیمار ۵ بیشترین مقدار و تیمار ۳ کمترین مقدار را داشت. شاخص کبدی ماهیان در تیمارهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری داشته و بیشترین آن در تیمار ۲ و کمترین آن در تیمار ۳ بود. این جایگزینی بر ترکیب بیوشیمیایی بافت ماهیچه اثر گذاشته و میزان چربی در ماهیان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشت که با افزایش میزان روغن کنجد در جیره کاهش یافت. میزان پروتئین در تیمار ۵ بیشترین مقدار بوده و با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری با درجه اطمینان ۹۵٪ داشت. براساس پارامترهای حاصل از این تحقیق می‌توان بیان کرد روغن کنجد می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های

*نویسنده مسئول: pkochanian@ gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جایگزینی با روغن ماهی مطرح شود. البته چون این روغن همچون دیگر روغن‌های گیاهی فاقد اسیدهای چرب امگا ۳ است، می‌تواند در دوره‌های میانی پرورش ماهی قزل‌آلا تا سطح ۷۵ درصد جایگزین شده و در دو ماه پایانی دوره پرورش مجدداً از روغن ماهی به‌دلیل داشتن اسیدهای چرب مفید برای سلامتی انسان استفاده گردد.

***واژه‌های کلیدی*: *O. mykiss*، روغن ماهی، روغن کنجد، شاخص رشد، ترکیب بیوشیمیایی لاشه**

مقدمه

آبزی‌پروری بخش اساسی و درحال رشد از کشاورزی را در سراسر دنیا تشکیل می‌دهد با این وجود ایران به‌عنوان یکی از بزرگترین تولید کنندگان ماهی قزل‌آلا در آبهای شیرین، در جهان مطرح است. باتوجه به رشد این صنعت و تمایل پرورش‌دهندگان به پرورش متراکم آبزیان، میزان وابستگی آبزیان پرورشی به غذای دستی افزایش یافته است. بنابراین، توسعه صنعت آبزی‌پروری با تکیه بر تولید روغن از ماهیان دریایی عملاً غیرممکن به‌نظر می‌رسد (Turchini and Francis, 2009). لیپیدها یکی از منابع مهم اسیدهای چرب ضروری در رژیم غذایی آبزیان می‌باشند. اهمیت اسیدهای چرب به‌شدت غیراشباع مانند دکوزاهگزائونیک اسید (DHA) و ایکوزاپنتائونیک اسید (EPA) در تغذیه ماهی بسیار زیاد است. این اسیدهای چرب به‌منظور رشد بهینه ماهی و تکامل گنادهای جنسی ضروری هستند (Guler and Yildiz, 2011). روغن‌های گیاهی بهترین گزینه برای جایگزینی روغن ماهی در غذای ماهیان است که تولیدات آنها به‌صورت پایداری درحال افزایش است، با این برتری که نسبت به روغن ماهی دسترسی به آنها آسان‌تر و ارزان‌تر است (Sena *et al.*, 2010). یکی از معایب شناخته‌شده جایگزینی روغن‌های گیاهی، کاهش میزان n-3 HUFA (High unsaturated fatty acid) در بافت ماهیچه‌ای ماهی است. مطالعات جهانی نشان می‌دهد کاهش میزان دریافت اسیدهای چرب سری n3 در سبد غذایی انسان باعث ایجاد چاقی و بیماری‌های قلبی و عروقی شده است (Trattner *et al.*, 2011).

بعضی از روغن‌های گیاهی مانند روغن سویا و روغن کلزا قابلیت بالایی برای جایگزینی به‌عنوان منبع چربی در غذای آزاد ماهیان، ماهیان آب شیرین و ماهیان دریایی دارند. این منابع سرشار از روغن‌های اشباع نشده (PUFA)، به‌خصوص لینولئیک اسید (۶-n ۱۸:۲) و لینولنیک اسید (۳-n ۱۸:۳) هستند، اما فاقد n-۳ HUFA هستند (Jordal *et al.*, 2007). علاقه فزاینده‌ای در مورد درک نقش اسیدهای چرب در متابولیسم هنگام استفاده از چربی گیاهی در غذای آبزیان هنگام کاهش n- ۳ HUFA و به هم خوردن بالانس اسیدهای چرب در بافت ماهی وجود دارد (Bell *et al*, 2001). ماهیان متفاوت توانایی‌های متفاوتی در تبدیل لینولئیک به EPA و DHA دارند. مطالعات انجام شده روی چندین ماهی آب شیرین نشان داد، که روغن‌های گیاهی می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیز و بدون تأثیر بر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

رشد و بازماندگی جایگزین روغن ماهی در غذای آبزیان شوند. تحقیقات نشان داده جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی تا بالاتر از ۵۰ ٪ تأثیری بر رشد و تولید نداشته است (Torstensen *et al.*, 2000).

در مطالعه‌ای که ریچارد و همکاران (Richard *et al.*, 2006) داشتند نشان دادند ماهیان قزل‌آلای تغذیه‌شده با ترکیب روغن‌های گیاهی به‌جای روغن ماهی در مدت ۶۲ هفته تفاوت رشد محسوسی با ماهیانی که در ترکیب جیره غذایی آنها روغن ماهی مصرف شده نداشته‌اند و میزان چربی ماهیچه نیز اختلافی نشان نمی‌دهد، ولی میزان کلسترول و LDL (Low Density Lipoprotein) موجود در پلاسمای خون ماهیان تغذیه‌شده با روغن‌های گیاهی کاهش معنی‌داری یافته است. روغن کنجد از جمله روغن‌های گیاهی است که در کشورهای آسیایی از روغن‌های پرمصرف جهت تغذیه انسان است. دانه کنجد حاوی ۵۴-۴۲٪ روغن است، که ۸۰٪ این روغن را اسیدهای چرب غیر اشباع به‌ویژه اولئیک اسید و لینولئیک اسید تشکیل می‌دهد. این روغن دارای ترکیبات متفاوتی است که مقاومت بالایی در مقابل اکسید شدن دارد. این پایداری روغن کنجد به‌دلیل حضور ترکیبات فنولی آنتی اکسیدانی درون آن است که عبارتند از: سیسامول (sesamol)، سیسامین (sesamin) و سیسامولین (sesamolin). به‌طور ویژه سیسامین (sesamin) به‌عنوان یک تنظیم‌کننده چربی شناخته شده و نقش آن در پستانداران نشان داده شده است (Akinoso *et al.*, 2010). محققین نشان داده‌اند که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی تأثیر منفی بر رشد و تولید نداشته است و تنها اثر نامطلوب آن کاهش ارزش غذایی ماهی برای انسان می‌باشد.

باتوجه به بالا بودن ارزش غذایی روغن کنجد و وجود ترکیبات تنظیم کننده چربی مانند سیسامین (sesamin) در آن نسبت به دیگر روغن‌های گیاهی، بتوان با این جایگزینی هم در بهبود کیفیت گوشت ماهی تأثیر گذاشت و هم باتوجه کاهش میزان ذخایر ماهیان دریایی برای تأمین روغن ماهی، به روند رو به توسعه آبزی‌پروری کمک نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش از فروردین ماه ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد شهرکرد به‌مدت ۱۰ هفته انجام شد. ۵ جیره غذایی متفاوت برای تیمارها در نظر گرفته شد. برای تهیه جیره‌های آزمایشی، از خوراک اکسترود شده تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان فاقد روغن از شرکت فرادانه تهیه، سپس تیمارها با روغن‌های مختلف آماده شدند. در تیمار ۱ که تیمار شاهد بود ۱۰۰٪ روغن ماهی، در تیمار ۲، ۷۵٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن کنجد، در تیمار ۳، ۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن کنجد، در تیمار ۴، ۷۵٪ روغن کنجد و ۲۵٪ روغن ماهی، در تیمار ۵، ۱۰۰٪ روغن کنجد به‌عنوان جیره غذایی مورد

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

استفاده قرار گرفت. لازم به‌ذکر است تمامی‌تیمارها در سه تکرار انجام شد. همه جیره‌ها از پروتئین (۳۶/۹۵ درصد)، چربی (۱۸/۵۲ درصد) و انرژی (۱۹/۲۸ کیلوژول برگرم) یکسانی برخوردار بودند. ترکیب جیره در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیبات جیره‌های آزمایشی با سطوح مختلف روغن‌های ماهی و کنجد و آنالیز شیمیایی جیره‌های مورد استفاده (گرم در کیلوگرم) در بررسی اثرات جایگزینی روغن ماهی با روغن کنجد بر کارآیی رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*)

	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵
جیره پایه*	۸۸۹	۸۸۹	۸۸۹	۸۸۹	۸۸۹
روغن ماهی	۱۱	۸/۲۵	۵/۵	۲/۷۵	۰
روغن کنجد	۰	۲/۷۵	۵/۵	۸/۲۵	۱۱
پروتئین خام	۳۶/۹۵	۳۶/۹۵	۳۶/۹۵	۳۶/۹۵	۳۶/۹۵
چربی خام	۱۸/۵۲	۱۸/۵۲	۱۸/۵۲	۱۸/۵۲	۱۸/۵۲
نشاسته	۱۸/۲۸	۱۸/۲۸	۱۸/۲۸	۱۸/۲۸	۱۸/۲۸
رطوبت	۱۰/۱۱	۱۰/۱۱	۱۰/۱۱	۱۰/۱۱	۱۰/۱۱
خاکستر	۷/۶۳	۷/۶۳	۷/۶۳	۷/۶۳	۷/۶۳
فیبر	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۲	۲/۸۲

* پودر ماهی، کنجاله سویا، آرد گندم، کنجاله آفتابگردان، مخمر ساکرومایسیز، کولین کلراید، دی‌ال‌متیونین، لیزین هیدروکلراید، ویتامین، مکمل ویتامین B کمپلکس، مکمل ویتامین E، نمک، ملاس، مکمل موادمعدنی، مکمل ویتامین، دی کلسیم فسفات و بایندر (ژلاتین).

برای اجرای تحقیق درسالن مسقف دارای سیستم مدار بسته و تعداد ۱۵ عدد وان فایبرگلاس به حجم ۴۵۰ لیتر قرار داده شد. تعداد ۲۵ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن ۲/۰۳±۵۴/۵۲ گرم در هر وان به‌صورت تصادفی معرفی شد. آب مورد استفاده حوضچه‌ها از چاه عمیق و با سختی ۱۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر که درمحل قرار داشت، تأمین می‌شد که پس از عبور از مراحل مختلف هوادهی، وارد مخزن ۱۰۰۰۰ لیتری شده و سپس به‌کمک پمپ آب یک اینچ وارد حوضچه‌ها می‌گردید. وضعیت دمای آب به‌طور دائم اندازه‌گیری و درمدت انجام آزمایش در دامنه ۱۲-۱۴ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. میزان اکسیژن آن ۸/۳-۷/۳ میلی‌گرم در لیتر در هنگام ورود به حوضچه‌ها بود. آب داری pH به مقدار ۸/۱±۰/۲ و غلظت یون آمونیوم ۰/۶۱±۰/۰۶ میلی‌گرم در لیتر درمدت انجام آزمایش بود. در این مطالعه دوره نوری طبیعی ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی اعمال گردید.

در دوره سازگاری ماهی‌ها به‌مدت ۲ هفته با جیره شاهد دارای روغن ماهی تغذیه و پس از سازگاری، با جیره‌های آزمایشی به‌مدت ۸ هفته تغذیه شدند (Webster and Lim, 2002). خوراک دهی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

در کل دوره به‌صورت دستی بر حسب اشتها به‌صورت روزانه در دو نوبت صبح و عصر در ساعات ۹ و ۱۷ انجام گرفت و میزان غذای مصرفی هر تکرار به‌طور هفتگی ثبت گردید.

زیست‌سنجی ماهیان برای محاسبه شاخص‌های رشد در ابتدا و انتهای دوره پرورش و با استفاده از ۱۰ عدد ماهی از هر تکرار صورت گرفت. همچنین، تعیین وزن توده زنده ماهیان هر مخزن برای تعیین میانگین افزایش وزن ماهیان به فواصل ۱۴روز انجام شد. بعد از پایان دوره پرورش، میانگین وزن اولیه بدن (IBW)، میانگین وزن نهایی بدن (FBW)، میانگین وزن اضافه شده (BWG)، طول کل، درصد نرخ رشد ویژه (SGR)، نسبت تبدیل غذایی (FCR)، میزان غذای مصرف شده (DF)، پروتئین مصرف شده (DP)، چربی مصرف شده (DL)، شاخص کبدی (HSI)، شاخص احشایی (VSI)، ضریب چاقی (CF)، تعداد ماهی (FN) و درصد بازماندگی (SR) در هر یک از گروه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Ng *et al.*, 2004).

BWG (%) = (FBW –IBW)/ IBW×100

SGR (%/ day) = [(Ln FBW – Ln IBW) / day] ×100

FCR = Dry FF (g) / Wet WG (g)

PER = BWG / DP

LER = BWG / DL

FER = BWG / DF

HSI = (Liver W (g) / BW (g))×100

VSI = (Visceral W (g) / BW (g)) ×100

CF = [body weight (g)/length^3 (cm)] ×100

SR = (final FN / initial FN) ×100

ترکیب شیمیایی بافت عضله در پایان آزمایش (سه نمونه از هر تکرار) طبق روش (AOAC, 2005) تعیین شد. نمونه‌های بافت عضله ماهیان در دمای آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت، خشک شدند. سپس درصد رطوبت و ماده خشک محاسبه شد. محتوای پروتئین خام نمونه‌ها (N×6025) به‌روش کجلدال (Behrotest WD40, Germany) انجام شد. استخراج چربی کل با استفاده از حلال دی‌اتیل اتر صورت گرفت. مقدار خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری شد. مقدار فیبر بعد از استخراج چربی و رقیق‌سازی در اسید سولفوریک ۰/۲ نرمال و جوشاندن در سود ۰/۳ نرمال تعیین شد.

در این تحقیق تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (one way ANOVA) برای مقایسه واریانس تیمارها استفاده شد. از آزمون دانکن (Duncan, 1955) برای مقایسه میانگین‌ها و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین در تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. آنالیز آماری توسط نرم‌افزار SPSS-22 انجام گرفت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

نتایج

نتایج عملکرد رشد حاصل از تغذیه ماهی‌ها با تیمارهای معرفی شده (جدول ۲) نشان داد که درصد افزایش وزن بدن در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشته است و در این میان تیمار دوم که خوراک آنها حاوی ۷۵٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن کنجد بوده بیشترین مقدار را نشان داد. نرخ رشد ویژه SGR در تیمارها اختلاف داشته و تیمار ۲ با ۲/۰۴±۰/۰۷ بیشترین مقدار و تیمار ۵ با ۱/۷۶±۰/۰۶کمترین مقدار را داشت ($p<0/05$). از دیگر شاخص‌های رشد که مورد بررسی قرار گرفت شاخص احشایی (VSI) و شاخص کبدی (HSI) بود. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در شاخص احشایی بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شده ($p<0/05$) و تیمار ۵ با ۱۰/۹۱±۲۵/۰ بیشترین مقدار و تیمار ۳ با ۹/۶۵±۲۶/۰ کمترین مقدار را داشتند. شاخص کبدی ماهیان در تیمارهای مختلف نیز اختلاف معنی‌داری داشته و بیشترین آن در تیمار ۲ (۱/۴۴±۰/۳۲) و کمترین آن در تیمار ۳ (۱/۰۹±۰/۰۳) بوده است ($p<0/05$). ضریب چاقی نیز در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشته و بیشترین آن در تیمار ۲ و کمترین آن در تیمار ۵ دیده شد ($p<0/05$). ضریب بازماندگی نیز در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. داده‌های مربوط به شاخص‌های تغذیه‌ای در جدول ۳ ارائه گردیده است. مشاهده می‌شود که بین تیمارهای مختلف هیچ اختلاف معنی‌داری در عملکرد تغذیه وجود ندارد.

جدول ۲- میانگین شاخص‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در تیمارهای مختلف (Mean± SD)

شاخص	تیمار ۱ (۱۰۰٪ روغن ماهی)	تیمار ۲ (۷۵٪ روغن ماهی ۲۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۳ (۵۰٪ روغن ماهی ۵۰٪ روغن کنجد)	تیمار ۴(۲۵٪ روغن ماهی ۷۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۵ (۱۰۰٪ روغن کنجد)
میانگین وزن اولیه‌بدن(IBW)	۵۳/۰۳±۳/۹۶	۵۱/۲۷ ± ۱/۴۱	۵۵/۴۶ ± ۳/۰۲	۵۰/۰۷ ± ۴/۲۸	۵۲/۸۷± ۱/۳۰
میانگین وزن نهایی بدن(FBW)	۱۴۰/۳۳ ±۸/۹۷^{ab}	۱۴۷/۹۲±۳/۴۹^{a}	۱۴۰/۸۶±۴/۱۰^{ab}	۱۴۰/۷۲±۶/۵۰^{ab}	۱۳۲/۰۳±۶/۸۲^{b}
میانگین وزن اضافه شده(BWG)	۸۷/۷۹ ± ۸/۹۷	۹۵/۳۸ ± ۳/۴۹	۸۸/۳۲۳±۴/۱۰	۸۸/۱۸ ± ۶/۵۰	۸۸/۱۸ ± ۶/۸۲
درصد نرخ رشد ویژه (SGR)	۱/۸۸ ±۰/۰۲^{bc}	۲/۰۴ ± ۰/۰۷^{a}	۱/۸۰ ± ۰/۱۰^{c}	۱/۹۹ ± ۰/۱۲^{ab}	۱/۷۶ ± ۰/۰۶^{c}
شاخص احشایی(VSI)	۱۰/۷۹ ± ۱/۱۷^{ab}	۱۰/۰۴±۰/۲۹^{ab}	۹/۶۵ ± ۰/۲۶^{b}	۱۰/۵۷± ۰/۳۷^{b}	۱۰/۹۱ ± ۰/۲۵^{a}
شاخص‌کبدی (HSI)	۱/۲۵ ± ۰/۰۵^{ab}	۱/۴۴ ±۰/۳۲^{a}	۱/۰۹ ± ۰/۰۳^{b}	۱/۲۶ ± ۰/۰۷^{ab}	۱/۲۶ ± ۰/۱۷^{ab}
ضریب چاقی (CF)	۱/۲۴ ± ۰/۲۲^{ab}	۱/۲۸ ± ۰/۱۶^{a}	۱/۱۹ ± ۰/۱۹^{bc}	۱/۱۸ ± ۰/۱۳^{c}	۱/۱۶ ± ۰/۱۳
درصد بازماندگی (SR)	۷۶/۲۶ ± ۴/۳۹	۷۳/۳۳ ±۱۰/۰۷	۸۱/۷۴ ±۱۰/۸۴	۷۴/۹۷ ±۲/۶۲	۸۰/۰۰ ±۱۶/۰۰

– در هر سطر میانگین های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشند ($p<0/05$).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول ۳- شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در تیمارهای مختلف (Mean± SD)

شاخص	تیمار ۱ (۱۰۰٪ روغن ماهی)	تیمار ۲ (۷۵٪ روغن ماهی ۲۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۳(۵۰٪ روغن ماهی ۵۰٪ روغن کنجد)	تیمار ۴(۲۵٪ روغن ماهی ۷۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۵ (۱۰۰٪ روغن کنجد)
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	۱/۳۶ ± ۰/۲۵	۱/۲۸ ± ۰/۳۲	۱/۲۶ ± ۰/۱۳	۱/۶۲± ۰/۳۳	۱/۴۶ ± ۰/۴۰
نسبت کارآیی پروتئین (PER)	۲/۷۱ ± ۰/۵۹	۲/۶۴ ± ۰/۲۵	۲/۷۵ ± ۰/۰۹	۲/۳۴ ± ۰/۱۸	۲/۴۳ ± ۰/۰۴
نسبت کارآیی چربی (LER)	۵/۴۱ ± ۱/۱۹	۵/۲۸ ± ۰/۵۰	۵/۴۹ ± ۰/۱۹	۵/۴۱ ± ۰/۳۷	۴/۸۵ ± ۰/۰۸
نسبت کارآیی غذا(FER)	۱/۰۶ ± ۰/۲۶	۱/۰۱ ± ۰/۰۸	۱/۱۰ ± ۰/۰۸	۰/۸۹ ± ۰/۰۳	۰/۹۵ ± ۰/۰۱

نتایج بررسی ترکیب شیمیایی لاشه ماهیان پرورشی (جدول ۴) نشان داد که مقدار رطوبت در تیمار ۵ (۷۳/۱۰±۱/۱۷) بیشترین مقدار و در تیمار ۱ (۷۱/۷۶±۰/۱۵) کمترین مقدار بود ($p<0/05$). از طرف دیگر میزان پروتئین در تیمار ۵ (۱۹/۵۷ ±۱/۰۷) بیشترین مقدار بوده و با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0/05$). میزان چربی در ماهیان تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشته و بیشترین مقدار در تیمارهای ۱و ۲ (به‌ترتیب ۷/۸۳±۰/۱۳ و ۷/۷۳±۰/۰۶) و کمترین آن در تیمار ۵ (۵/۷۳±۰/۵۱) مشاهده شد ($p<0/05$). ولی میزان خاکستر در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>0/05$).

جدول ۴- درصد ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در تیمارهای مختلف (Mean± SD)

	تیمار ۱ (۱۰۰٪ روغن ماهی)	تیمار ۲ (۷۵٪ روغن ماهی ۲۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۳(۵۰٪ روغن ماهی ۵۰٪ روغن کنجد)	تیمار ۴(۲۵٪ روغن ماهی ۷۵٪ روغن کنجد)	تیمار ۵ (۱۰۰٪ روغن کنجد)
رطوبت	۷۱/۷۶ ± ۰/ ۱۵^{b}	۷۲/۰۳ ±۰/۰۴^{ab}	۷۲/۷۶ ±۰/۱۸^{ab}	۷۲/۶۸ ±۰/۴۰^{ab}	۷۳/۱۰ ±۱/۱۷^{ab}
پروتئین	۱۸/۵۳ ± ۰/۱۵^{b}	۱۸/۵۰ ±۰/۰۰^{b}	۱۸/۵۰ ±۰/۱۱^{b}	۱۸/۶۱ ±۰/۱۶^{b}	۱۹/۵۷ ±۱/۰۷^{a}
چربی	۷/۸۳ ± ۰/۱۳^{a}	۷/۷۳ ±۰/۰۶^{a}	۷/۱۰ ±۰/۱۰^{b}	۷/۰۷ ±۰/۱۵^{b}	۵/۷۳ ±۰/۵۱^{c}
خاکستر	۱/۵۵ ± ۰/۰۷	۱/۵۸ ± ۰/۰۳	۱/۴۹ ± ۰/۰۵	۱/۵۰ ± ۰/۰۸	۱/۴۹ ± ۰/۱۳

- در هر سطر میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد ($P<0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج حاصل از این تحقیق، جایگزینی روغن کنجد با روغن ماهی در سطوح مختلف، تأثیری بر روی میزان رشد و افزایش وزن نداشته است. ولی میانگین وزن نهایی در تیمار ۵ که ۱۰۰٪ روغن کنجد دریافت کرده بودند کمتر از دیگر تیمارها بود. این نتایج با یافته‌های برخی مطالعات پیشین، که حاکی از جایگزینی ۱۰۰٪ روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در جیره ماهی قزل‌آلای

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

رنگین‌کمان است، مطابقت دارد. محمدی آشنایی و همکاران (Mohamadi Ashnaii *et al*., 2007) اثر جایگزینی سطوح مختلف روغن بزرک (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد) با روغن ماهی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بررسی نمودند. آنها گزارش کردند که در وزن نهایی و میزان رشد ماهی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بل و همکاران (Bell *et al*., 2001) نیز گزارش کردند که جایگزینی ۱۰ تا ۱۰۰ درصد روغن بزرک به جای روغن ماهی تأثیری بر ماهیان انگشت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشته است. در پژوهش حاضر، جایگزینی در سطح ۱۰۰٪ باعث کاهش رشد شده است. باتوجه به اینکه تمامی جیره‌ها در این تحقیق به‌لحاظ میزان پروتئین و چربی یکسان بوده‌اند، لذا کاهش رشد در تیمار آخر نشان‌دهنده اثرات نامطلوب حذف کامل روغن ماهی از جیره است. البته این نتایج لازم است در مقیاس تجاری و دوره زمانی طولانی‌تر مورد بررسی قرار گیرد.

در مطالعه حاضر میزان شاخص رشد ویژه در ماهیان تیمار ۲ که ۷۵٪ روغن ماهی و ۲۵٪ روغن کنجد دریافت کرده بودند، بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. کوزه و ییلدیز (Kose and Yildiz, 2013) در مطالعه‌ای که روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که جایگزینی روغن کنجد با سطوح مختلف روغن کتان و روغن آفتابگردان، تأثیر منفی بر رشد نداشته ولی شاخص رشد ویژه (SGR) در ماهیانی که ۱۰۰٪ روغن ماهی دریافت کرده بودند بیشتر بود. در مطالعه جرجانی و همکاران (Jorjani *et al*., 2014) جایگزینی ۱۰۰٪ روغن‌های گیاهی با روغن ماهی تأثیر معنی‌دار آماری بر شاخص رشد ویژه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان نداد. در مطالعه کامیلوس و همکاران (Komilus *et al*., 2008)، روغن پالم در سطوح مختلف جایگزین روغن ماهی در ماهی سیم دریایی قرمز (*Pargus major*) گردید. نتایج نشان داد با افزایش میزان روغن پالم در جیره میزان شاخص رشد ویژه کاهش پیدا کرده است، هرچند این جایگزینی تا سطح ۴۰٪ اختلاف معنی‌داری را در این شاخص ایجاد ننمود و با افزایش جایگزینی تا سطح ۶۰٪ رشد نهایی نیز کاهش معنی‌دار یافت. این اختلاف به‌نظر می‌رسد به‌دلیل شرایط پرورشی مختلف و سن متفاوت ماهیان باشد. باتوجه به شاخص رشد نهایی می‌توان نتیجه گرفت حذف کامل روغن ماهی از جیره باعث کاهش رشد می‌گردد که دلیل آن کاهش اسیدهای چرب ضروری موجود در روغن ماهی است.

در تحقیق حاضر شاخص احشایی (VSI) در تیمار سوم که نسبت‌های مساوی از روغن ماهی و روغن کنجد داشت کمترین میزان بود، این اختلاف با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد. درحالی‌که ماهیان تیمار ۵ که تنها روغن کنجد دریافت کرده بودند بیشترین میزان شاخص احشایی را داشتند. به‌نظر می‌رسد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در این پژوهش توانسته سطح جایگزینی تا ۵۰٪ را تحمل کند و روغن را در فرآیندهای متابولیسمی به‌مصرف برساند ولی با افزایش سطح جایگزینی، روغن در محوطه احشایی تجمع پیدا کرده است (جدول ۲). ترکیب اسیدهای چرب حاصل از استفاده

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

نسبت مساوی از روغن کنجد و روغن ماهی به نحوی است که هم اسیدهای چرب اشباعی که برای تولید انرژی استفاده می‌شوند مطلوب بوده و هم میزان اسیدهای چرب ضروری برای فرآیندهای فیزیولوژیکی در حد کافی وجود دارد که این باعث انتقال چربی از بافت‌های ذخیره‌کننده چربی به ماهیچه شده و رسوب چربی در محوطه احشایی اتفاق نیفتاده است. شاخص کبدی نیز که یکی از فاکتورهای سلامتی کبد است، در همه تیمارها در حد متعادل بوده و در تیمار سوم با ترکیب مساوی از دو روغن کنجد و ماهی، کمترین میزان را داشت و تیمار ۲ بالاترین میزان شاخص کبدی را نشان داد. این نتایج هم نشان‌دهنده عدم تأثیر منفی جایگزینی بر ویژگی‌های کبد در این بررسی می‌باشد. در مطالعه کوزه و ییلدیز (Kose and Yildiz, 2013)، ماهیانی که ترکیب روغن کنجد با سطوح مختلف روغن کتان و روغن آفتاب‌گردان را دریافت کرده بودند نسبت به گروهی که تنها روغن ماهی در جیره غذایی آنها بود شاخص‌های کبدی و احشایی بالاتری داشتند. نتایج در مورد تأثیرات استفاده از روغن‌های گیاهی بر فاکتورهای رشد و تغذیه در ماهیان متناقض است. نیکزاد حسن‌کیاده و همکاران (Nikzad Hasankiade *et al*., 2008) در خصوص جایگزینی روغن‌های گیاهی با روغن ماهی در جیره بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*Huso huso*) از سطوح مختلف روغن ماهی به‌همراه روغن سویا، روغن کانولا و روغن آفتابگردان استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد، ماهیان تغذیه شده با ۱۰۰٪ روغن ماهی، میانگین وزن کمتری نسبت به ماهیان در تیمارهای دیگر داشتند درحالی‌که اختلاف معنی‌داری در سایر پارامترهای رشد، شامل درصد اضافه وزن، ضریب‌چاقی، نرخ رشد ویژه بین تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری نبود.

با این حال ضریب چاقی (CF) در تیمارهایی که روغن کنجد بیشتری دریافت کردند کاهش یافته و به‌نظر می‌رسد میزان روغن کنجد جیره بر این فاکتور رشد اثر داشته است. البته تغییرات میزان ضریب چاقی بین دامنه ۱/۱۶ تا ۱/۲۸ بوده که نشان می‌دهد همه تیمارها در محدوده مطلوبی قرار دارند. شاخص چاقی نشان‌دهنده وضعیت سلامتی یک‌گونه است (Froese, 2006). در مطالعات دیگری که جایگزینی روغن‌های گیاهی با روغن ماهی انجام شده است بیان شده این جایگزینی تأثیری بر ضریب چاقی نداشته که با نتایج این مطالعه در تناقض است (Kose and Yildiz, 2013).

پنگ و همکاران (Peng *et al*., 2008) گزارش نمودند که جایگزینی جزئی و کامل روغن ماهی با روغن سویا در جیره غذایی ماهی سیم سیاه (*Acanthopagrus schlegeli*) تأثیری بر شاخص کبدی و ضریب چاقی نداشته است اما تا حدودی باعث افزایش چربی کبد به‌دلیل ویژگی‌های جیره غذایی، عدم تعادل هورمونی و عدم تعادل در نسبت n-۳ به n-۶ در بافت کبد شده است. در همین راستا برندسن و همکاران (Bransden *et al*., 2000) گزارش نمودند که جایگزینی جزئی و کامل روغن ماهی با روغن آفتابگردان در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) تأثیری بر فاکتور HSI نداشته، اما

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

به‌طور معنی‌داری سبب افزایش چربی کبد در این گونه شده است. علاوه بر این کارالازوس و همکاران (Karalazos *et al*., 2007) گزارش نمودند که با تغییر سطوح روغن دانه بزرک در جیره غذایی ماهی سالمون اقیانوس اطلس شاخص احشایی در دامنه ۱۱/۷ درصد تا ۱۲/۶ درصد، شاخص کبدی از ۱/۴ درصد تا ۱/۵ درصد، شاخص قلب بطور ثابت به میزان ۱/۳ درصد و ضریب چاقی نیز در دامنه ۱/۳۰ تا ۱/۳۴ ثبت گردید. همچنین اظهار داشتند که شاخص‌های احشایی، کبدی، قلب و ضریب چاقی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تغییرات جیره غذایی قرار نگرفتند. به‌طور مشابه توماسن و ایسنهارت (Thomasen and Eisenhardt, 1989) عنوان نمودند که روغن کلزا در جیره غذایی تأثیر منفی بر میزان رسوب چربی کل در قلب ماهی سالمون اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) در مقایسه با ماهیان غذادهی شده با جیره‌های غذایی برمبنای روغن‌های گیاهی کتان و سویا و روغن ماهی را نشان نداد.

درصد بقا و بازماندگی در این مطالعه تحت تأثیر نوع روغن در جیره ماهیان قرار نگرفته است که مشابه دیگر مطالعات است. در مطالعه برندسن و همکاران (Bransden *et al*., 2000) جایگزینی روغن ماهی با روغن آفتاب‌گردان در جیره غذایی ماهی سالمون اقیانوس اطلس مطابق نتایج حاضر اشاره نمودند که میزان درصد بازماندگی تحت تأثیر جایگزینی روغن ماهی با روغن آفتاب‌گردان قرار نگرفت. علاوه بر این اثرات معنی‌دار جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی دیگر در گونه‌های مختلفی گزارش شده است به‌طوری‌که مانترو و همکاران (Montero *et al*., 2008) گزارش نمودند که جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی سبب کاهش رشد و بازماندگی ماهی سیم طلائی (*Sparus aurata*) شده است.

شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی، نسبت کارآیی پروتئین، نسبت کارآیی چربی و نسبت کارآیی غذا در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشتند. در مطالعه جرجانی و همکاران (Jorjani *et al*., 2014) سه نوع روغن سویا، آفتاب‌گردان و کلزا در تیمارهای مختلف به‌طور کامل جایگزین روغن ماهی شد. نتایج این تحقیق نشان داد این جایگزینی‌ها هیچ تأثیری بر شاخص‌های تغذیه‌ای، شاخص‌های رشد و ترکیب بیوشیمیایی فیله نداشته است و تنها بر پروفایل اسیدهای چرب فیله ماهیان تأثیرگذار بوده است. نیک‌زاد حسن‌کیاده و همکاران (Nikzad Hasankiade *et al*., 2008)) در خصوص جایگزینی روغن‌های گیاهی با روغن ماهی در جیره بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*Huso huso*) نشان دادند ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. نتایج تحقیقات سنر و ییلدیز (Sener and Yildiz, 2003) و تورستنسن و همکاران (Torstensen *et al*., 2000) در مورد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و آتلانتیک سالمون (*Salmo salar*) عدم تفاوت معنی‌دار بر کارآیی غذا و ضریب تبدیل غذایی را در جایگزینی روغن‌های گیاهی با روغن ماهی در جیره غذایی آنها نشان داد. درحالی‌که استفاده از روغن‌های گیاهی در برخی از ماهیان مانند کاچارا

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

(*Pseudoplatystoma coruscans*) توسط مارتینو و همکاران (Martino *et al.*, 2002) و سیم دریایی (*Sparus auratus*) توسط مینویو و همکاران (Menoyo *et al.*, 2004) باعث تغییرات معنی‌دار در رشد این ماهیان شده است. به‌نظر می‌رسد دلیل این نتایج متناقض در میزان پودر ماهی مصرفی در جیره‌های ماهیان و همچنین قابلیت آنها در مصرف چربی به‌عنوان انرژی و در نتیجه ذخیره پروتئین بیشتر باشد (Jorjani *et al.*, 2014). به‌عنوان مثال ماهی آتلانتیک سالمون قابلیت ذخیره‌سازی پروتئین و استفاده از چربی به‌عنوان منبع انرژی را دارا است، درحالی‌که در ماهیانی مانند کاد موری (Murry cod) این قابلیت وجود ندارد و هرگونه تغییر در ترکیب اسیدهای چرب باتوجه به نقش آن‌ها در ساختار سلولی بر رشد این ماهیان تأثیر می‌گذارد (Francis *et al.*, 2007). در مطالعه‌ای پیدیکاسا و همکاران (Piedecausa *et al.*, 2007) دریافتند که جایگزینی روغن ماهی با روغن سویا و روغن کتان در جیره غذایی سیم دریایی پوزه تیز بعد از سه ماه تغذیه از این جیره غذایی تأثیر معنی‌داری بر میزان نسبت تبدیل غذایی نداشت. منبع چربی جیره غذایی و پروفایل اسیدهای چرب از طریق مکانیسم‌های پس یا قبل از جذب چربی در بدن (Lipid Sensing) همانند تأثیر بر خوش خوراکی، قابلیت هضم و تحریک مسیرهای نوروترانسمیترهای دخیل در پروسه اشتها، می‌تواند بر میزان غذای گیری ماهی مؤثر باشد (Tocher, 2010). با این وجود، در تحقیق حاضر، میزان غذاگیری تحت تأثیر نوع روغن جیره غذایی قرار نگرفت.

بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی لاشه ماهیان در این مطالعه نشان داد، ویژگی‌های لاشه تحت تأثیر نوع روغن جیره قرار می‌گیرند، هر چند این اختلاف اندک است. میزان پروتئین در تیمار ۵ از دیگر تیمارها بالاتر بوده و نشان می‌دهد روغن کنجد به‌خوبی می‌تواند جهت تأمین انرژی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد استفاده قرار گیرد و پروتئین در بافت‌ها ذخیره شود. میزان چربی نیز در تیمار ۵ کمترین مقدار بوده که داده‌های مربوط به میزان پروتئین موجود در بافت را نیز تأئید می‌کند، البته میزان خاکستر لاشه تحت تأثیر نوع جیره قرار نگرفته است. در مطالعه گندمکار و همکاران (Gandomkar *et al.*, 2013) بیان شده است که ترکیب و نوع روغن مصرفی جیره می‌تواند بر ترکیب بیوشیمیایی لاشه اثر معنی‌داری داشته باشد که مطابق با نتایج این تحقیق می‌باشد.

مطالعات مختلف نشان داده است که در ماهیان آب شیرین جایگزینی روغن‌های گیاهی در جیره که حاوی لینولئیک اسید و آلفا لینولنیک اسید باشند، در یک فرآیند متابولیکی که شامل اشباع‌زدایی (Desaturation) و طویل‌سازی (Elongation) است می‌توانند به اسیدهای چرب بلندزنجیره غیراشباع (HUFA) تبدیل شوند (Zheng *et al.*, 2004). روغن کنجد نیز یکی از روغن‌های گیاهی است که سرشار از این دو اسید چرب لینولئیک و اولئیک می‌باشد و می‌توانند طی فرآیندهای متابولیکی در بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به اسیدهای چرب ضروری دیگر تبدیل گردند و به‌دنبال آن ماهی با مشکل

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

کاهش رشد یا تلفات روبرو نگردد. هر چند مطالعات دیگر که بر ساختار و فراوانی اسیدهای چرب بلند زنجیره در بافت ماهی استوار بوده نشان داده شده که این تبدیل جوابگوی کل نیاز نبوده و کمبود اسیدهای چرب بلندزنجیره در بافت ماهی احساس می‌شود (Turchini and Francis, 2009). بنابراین در استراتژی‌های جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی، کیفیت نهایی محصول که ارتباط مستقیم با مقادیر اسیدهای چرب بلندزنجیره دارد، باید مد نظر قرار گیرد. به هرحال جایگزینی روغن ماهی جیره‌غذایی با روغن‌های گیاهی به‌خصوص روغن‌های غنی از اسیدهای چرب MUFA باعث تغییر ترکیبات تقریبی بافت ماهی به‌خصوص میزان رطوبت و چربی بدن ماهی می‌گردد (Bell *et al*., 2001; Turchini *et al*., 2010; Francis *et al*., 2007). به‌هرحال مکانیسم ایجادکننده این تغییرات و به‌خصوص اثرات جایگزینی روغن ماهی بر لیپوژنزیس به‌طور کامل شناخته شده نیست. با این وجود در اکثر مطالعات جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در جیره غذایی آبزیان باعث تغییرات عمده در ترکیبات بیوشیمیایی در بدن ماهی نگردید (Turchini *et al*., 2010).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد روغن کنجد می‌تواند تا سطح ۷۵٪ جایگزین مناسبی برای روغن ماهی باشد بدون آن که تأثیر نامطلوبی بر رشد و یا کیفیت بیوشیمیایی لاشه داشته باشد. هر چند اسیدهای چرب موجود در لاشه ماهی باید بررسی گردد تا بتوان میزان کاهش اسیدهای چرب بلندزنجیره را در لاشه ماهیان تغذیه‌شده با روغن کنجد بررسی نمود. در پایان می‌توان پیشنهاد نمود باتوجه به عدم تأثیر منفی در رشد ماهیان تغذیه‌شده با روغن کنجد، این روغن می‌تواند در دوره‌های میانی پرورش ماهی مورد استفاده قرار گرفته و در دوره پایانی روغن ماهی مجدداً جایگزین شود تا اثرات مطلوب تغذیه از ماهیان برای سلامتی انسان کاهش نیابد.

منابع

Akinoso R., Aboaba S.A., Olayanju T.M.A. 2010. Effects of moisture content and heat treatment on peroxide value and oxidative stability of un-refined sesame oil. African Journal of Food Agriculture Nutrition Development 10: 4268-4285.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA. 1018 P.

Bell J.G., McEvoy J., Tocher D.R., McGhee F., Campbell P.J., Sargent J.R. 2001. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar)* Affects Tissue Lipid Compositions and Hepatocyte Fatty Acid metabolism. Journal of Nutrition, 131: 1535-1543.

Bransden M.P., Carson J., Munday B.L., Handlinger J. 2000. Nocardiosis in tank-reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Journal of Fish Diseases, 23(1): 83-85.

Duncan D.B. 1955. Multiple range and multiple *F* tests. Biometrics, 11: 1-42.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Francis D.S., Turchini G.M., Jones P.L. 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 55: 1582-1591.

Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of Applied Ichthyology, 22: 241-253.

Gandomkar H., Javaheri Baboli M., Gorjipur A., Moradian H. 2013. Investigation on replacement of fish oil by vegetable oils (Rice bran, soybean and linseed) in diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Aquaculture Sciences, 22(2): 99-112.

Guler M., Yildiz M. 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 35: 157-167.

Jordal A.E.O., Lie O., Torstensen B.E. 2007. Complete replacement of dietary fish oil with a vegetable oil blend affect liver lipid and plasma lipoprotein levels in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture Nutrition, 13: 114-130.

Jorjani S., Ghelichi A., Baghdadi A. 2014. Replacement of Fish Oil with vegetable Oil in Diets of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* Affects growth performance and tissue lipid compositions. Journal of Aquaculture Development, 8(3): 13-30. (In Persian).

Karalazos V., Bendiksen E.A., Robertson Dick J., Gordon Bell J.G.B. 2007. Effects of dietary protein, and fat level and rapeseed oil on growth and tissue fatty acid composition and metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared at low water temperatures. Aquaculture Nutrition, 13(4): 256-265.

Komilus C.F., Shichi N., Koshio S., Ishikawa M., Yokoyama S. 2008. Influences of palm oil blended with fish oil on growth performances and lipid profiles of red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture Science, 56: 317-326.

Kose I., Yildiz M. 2013. Effect of diets containing sesame oil on growth and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyology, 29(6): 1318-1324.

Martino R.C., Cyrino J.E.P., Portz L., Trugo L.C. 2002. Growth performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. Aquaculture, 209: 233-246.

Menoyo D., Izquierdo M.S., Robaina L., Gine´S. R., Lopez- Bote C.J., Bautista J.M. 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soybean oils. The British. Journal of Nutrition, 92: 41-52.

Mohamadi Ashnaii M.H., Nafisi M., Movahed A., Hasani A., Mohamadi M.M. 2007. Replacement of Fish Oil with Rapeseed Oil in Diets of Rainbow trout

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

(*Oncorhynchus mykiss)* to increase n-3 fatty acids in fillet. Iranian South Medical Journal, 10(2): 128-135. (In Persian).

Montero D., Grasso V., Izquierdo M., Ganga R., Real F. 2008. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. Fish & Shellfish Immunology, 24: 147-155.

Ng W.K., Wang Y., Ketchimenin P., Yuen K.H. 2004. Replacement of dietary fish oil with palm oil fatty acid distillate elevates tocopherol and tocotrienol concentrations and increases oxidative stability in the muscle of African catfish (*Claris garieinu)*. Aquaculture, 233: 423- 437.

Nikzad Hasankiade M., Khara H., Yazdani M., Paranavar H. 2008. Effects of source of lipids in diet on growth performance and tissue lipid compositions of Beluga (*Huso huso*). Journal of Biology Science, Lahijan Branch, 2(4): 73-87. (In Persian).

Peng S., Chen L., Qin J.G., Hou J., Yu N. 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.

Piedecausa M.A., Mazón M.J., García B., Hernández M.D. 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout sea bream *(Diplodus puntazzo*). Journal of Aquaculture, 263: 211-219.

Richard N., Kaushik S., Larroquet L., Panserat S., Corraze G. 2006. Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). British Journal of Nutrition, 96: 299-309.

Sena E.S., Briscoe C.L., Howells D.W., Donnan G.A., Sandercock P.A., Macleod M.R. 2010. Factors affecting the apparent efficacy and safety of tissue plasminogen activator in thrombotic occlusion models of stroke: systematic review and meta-analysis. Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism, 30(12): 1905-13.

Sener E., Yildiz M. 2003. Effect of the different oil on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science, 3: 111-116.

Thomasen H.B., Eisenhardt A.R. 1989. Method for cleaning instruments used for analyzing protein-containing biological liquids. Google Patents. Radiometer A/S, Copenhagen, Denmark.

Tocher D.R. 2010. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. Aquaculture Research, 41: 71-77.

Torstensen B.E., Lie O., Froyland L. 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effects of capelin oil, palm oil

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. Lipids, 35: 653-664.

Trattner S., Ruyter B., Ostbye T.K., Kamal-Eldin A., Moazzami A., Pan J., Gjoen T., Brannas E., Zlabek V., Pickova J. 2011. Influence of dietary sesamin, a bioactive compound on fatty acids and expression of some lipid regulating genes in Baltic Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) juveniles. Physiological Research, 60: 125-137.

Turchini G.M., Francis D.S. 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and b-oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. British Journal of Nutrition, 102: 69-81.

Turchini G.M., Ng W.K., Tocher D.R. 2010. Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 551 P.

Webster C.D., Lim C.E. 2002. Nutrient Requirement and Feeding of Finfish for Aquaculture. CAB International, CABI publishing. UK. 418 P.

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 Biochemistry and Physiology, 139: 269-279.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]