مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۰ شماره ۳، تابستان ۱۴۰۰، صفحات۲۷۲ تا ۲۸۵

# اثر لیزوفسفولیپید بر عملکرد رشد، فراسنجه‌های خون، آنزیم‌های کبدی و فعالیت لیزوزیم قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) در جیره حاوی پودر چربی

بتول ادهمی[۱]، عبدالصمد کرامت امیرکلایی[۱*]، حسین اورجی[۱]، محمد کاظمی‌فرد[۲]، سلیمان محجوب[۳]

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- گروه بیوشیمی بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل

## چکـــیده

در مطالعه حاضر تاثیر سطوح مختلف لیزوفسفولیپید (لیزو) بر رشد، فراسنجه‌های خونی، فعالیت آنزیم های کبدی و لیزوزیم قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی پودر چربی مورد بررسی قرار گرفت. جیره‌های آزمایشی شامل ۴ سطح صفر، ۳، ۶ و ۹ گرم بر کیلوگرم لیزو و جیره کنترل (حاوی روغن ماهی) هر یک در سه تکرار بودند. در پایان ۵۶ روز پرورش، اندازه‌گیری شاخص‌های رشد نشان‌دهنده بهبود درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در لیزو۹ نسبت به سایر تیمارهای حاوی پودر چربی بود، اگرچه این مقادیر به تیمار شاهد نرسید ($P<0.05$). همچنین، با افزایش سطح لیزو در جیره‌های حاوی پودر چربی فاکتور وضعیت بهبود یافت ($P<0.05$). طبق نتایج فراسنجه‌های خونی، بیشترین تعداد گلبول سفید در تیمارهای حاوی پودر چربی مشاهده شد ($P<0.05$)، درحالیکه، گلبول قرمز به طور معنی‌داری با افزودن ۶ و ۹ گرم لیزو به پودر چربی افزایش یافت ($P<0.05$). از طرفی، شاهد و ۹ گرم لیزو توانستند منجر به افزایش معنی‌داری در درصد هماتوکریت در مقایسه با سایر تیمارها شوند ($P<0.05$). طبق نتایج آنزیمی مقدار لیزوزیم به طور معنی‌داری در سطوح ۰ و ۳ گرم لیزو کاهش یافت ($P<0.05$). در مقابل، آنزیم‌های کبدی با گنجاندن پودر چربی افزایش یافتند ($P<0.05$). اگرچه، ۹ گرم لیزو منجر به کاهش مقادیر مذکور شد ($P<0.05$). باتوجه به نتایج حاصله سطح ۹ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید به عنوان مناسب‌ترین سطح مکمل در جیره حاوی ≈۷۰٪ پودر چربی در قزل‌آلای رنگین‌کمان پیشنهاد می‌گردد.

**کـــلید واژه‌ها:** لیزوزیم، لیزوفسفولیپید، کبد، چربی، قزل‌آلای رنگین‌کمان

## نوع مقـاله

**مقاله پژوهشی اصیل**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۴
تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۰/۰۶/۰۵

***نویسنده مسول:**
mirkola@yahoo.com

## مقدمه

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از گونه‌های مهم پرورشی در صنعت پرورش ماهیان سردآبی به شمار می‌رود [۱]. چربی نقش مهمی در تغذیه ماهیان به خصوص ماهیان گوشتخواری مانند قزل‌آلا ایفا می‌کند. انرژی مولکول‌های چربی حداقل دو برابر کربوهیدرات و پروتئین می‌باشد. همچنین، اهمیت آنها در حفظ رشد متعادل، عملکرد آبشش و کلیه، تکامل سیستم عصبی و بینایی، تولیدمثل و کیفیت گوشت ماهیان مشخص شده است [۲]. روغن ماهی دارای اسید چرب غیراشباع به‌ویژه ایکوزاپنتاتونیک اسید (EPA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) است که در روغن‌های گیاهی موجود نیست. امروزه به دلیل وجود محدودیت‌هایی از قبیل نوسانات صید و قیمت بالای روغن ماهی محققین به

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

دنبال یافتن جایگزین‌هایی به منظور تهیه منبع چربی جیره آبزیان می‌باشند. پودر چربی به عنوان یک چربی جایگزین ارزان قیمت در جیره می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد اما به دلیل داشتن اسیدهای چرب اشباع، هضم‌پذیری کم و داشتن اثرات جانبی رشد و سلامت ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۳، ۴]. از این رو جایگزینی روغن ماهی مستلزم مطالعه سیستم ایمنی و عملکرد رشد در ماهی می‌باشد.

در سلولهای روده‌ای، چربی جیره‌ای به صورت تری‌گلیسیرید در آمده و سپس با کلسترول آزاد، لیپوپروتئین و فسفولیپیدها ترکیب شده و شیلومیکرون‌ها را می‌سازند و از طریق رگ لنفی وارد بافت‌های مختلف از جمله کبد می‌شوند. درنهایت، ترکیباتی از جمله لیپوپروتئین‌ها و فسفولیپیدها سنتز می‌شوند که صرف انرژی یا ذخیره‌سازی در بافت‌های چربی می‌شود [۵]. در طی فرایند لیپولیز، آنزیم لیپاز اسیدهای چرب چند غیر اشباع را بطور ترجیحی به عنوان سوبسترا مورد استفاده قرار می‌دهد، درحالیکه اسیدهای چرب تک غیر اشباع و اشباع مقاومت بیشتری در برابر لیپولیز دارند به همین دلیل، انرژی کمتری صرف هضم روغن ماهی می‌شود [۶]. همچنین، اسیدهای چرب منابع غیراشباع قابلیت جذب بالاتری نسبت به اسیدهای چرب اشباع دارند [۷]. علاوه بر این، تغییر در نسبت اسیدهای چرب n-۳/n-۶ جیره بر سیستم ایمنی ماهی اثرگذار بوده [۸] و کمبود اسیدهای چرب ضروری ممکن است منجر به تجمع چربی در کبد گردد و اختلالات کبدی را به همراه داشته باشد [۹]. از طرفی، تغییرات الگوی اسید چرب سبب اختلال گیرنده‌های غشایی فسفولیپیدی از جمله گیرنده شاخص‌های ایمنی می‌گردد و بنابراین عملکرد ایمنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۰]. به همین دلیل، حذف کامل یا بخشی از روغن ماهی با روغن‌های جایگزینی می‌تواند اثرات سوء بر رشد، لیپولیز چربی و ایمنی بدن ماهی بگذارد [۱۱].

لیزوفسفولیپید از هیدرولیز فسفولیپید توسط فسفولیپاز تشکیل می‌گردد [۱۲]. این ترکیب نیز نوعی فسفولیپید دارای سر آب دوست (گروه فسفات) و دم هیدروکربنی آب گریز (زنجیره اسید چرب) می‌باشد با تفاوت اینکه در فسفولیپید دو اسید چرب وجود دارد اما در لیزوفسفولیپید یک گروه اسید چرب توسط لیزوفسفولیپیاز جدا می‌گردد؛ بنابراین، دارای ویژگی امولسیفایری بوده و به دلیل داشتن یک اسید چرب از خاصیت آبدوستی بالاتری نسبت به فسفولیپیدها برخوردار است [۱۲، ۱۳]. از این‌رو استفاده از آن در جیره حاوی پودر چربی احتمالا می‌تواند تاثیرات منفی را جبران کرده و سبب افزایش هضم چربی و کاهش تجمع چربی در کبد گردد. تاثیر لیزوفسفولیپید در آبزیان در مطالعات کمی در سال‌های اخیر انجام گرفته است. به عنوان مثال Li و همکاران (۲۰۱۹) [۱۴] نشان دادند لیزوفسفولیپید در جیره توربوت (*Scophthalmus maximus* L.) نوجوان سبب افزایش کارایی رشد، مقدار کلسترول، لیپاز و کاهش شاخص احشایی تیمارهای آزمایشی در مقایسه با شاهد گردید. همچنین، Taghavizadeh و همکاران (۲۰۲۰) [۱۵] در قزل‌آلای رنگین‌کمان گزارش کردند افزودن ۲ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید به جیره منجر به افزایش رشد، دریافت غذا، فعالیت لیزوزیم، ایمنوگلوبین و کاهش آنزیم‌های کبدی گردید. در مطالعه حاضر تاثیر لیزوفسفولیپید بر جایگزینی پودر چربی به عنوان بخش زیادی از منبع چربی بر رشد، فراسنجه‌های خونی، ایمنی و آنزیمی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه ماهی و تیماربندی

این مطالعه در سالن پرورشی آموزشی و پژوهشی دانشکده علوم دامی و شیلات به مدت ۵۶ روز از آبان تا دی‌ماه ۱۳۹۷ انجام شد. آزمایش در ۱۵ تانک فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری انجام گردید. تانک‌ها قبل از استفاده به خوبی شسته و ضدعفونی شدند و با منبع آب چاه به میزان ۲۵۰ لیتر تامین شدند. ۳۰۰ قطعه بچه ماهی انگشت قد قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۲/۰۵±۲۵/۴۳ گرم از مزرعه پرورشی واقع در قائمشهر خریداری و با تراکم ۲۰ قطعه در هر تانک ذخیره‌سازی شدند. همچنین، فاکتورهای کیفی آب شامل درجه‌حرارت، اکسیژن محلول، pH و نیترات به ترتیب ۱/۷۷±۱۳/۳۶ درجه سانتی‌گراد، ۰/۰۸±۷/۹ میلی‌گرم بر لیتر، ۰/۴۹±۷/۱۸ و ۰/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر در طول دوره آزمایش ثبت شدند.

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

به منظور ساخت جیره ابتدا جیره‌ای با درصد متفاوت منبع چربی مورد نیاز ماهی قزل‌آلا با وزن ۲۵ گرم تنظیم شد. سپس اقلام مورد نیاز طبق جدول ۱ با نسبت مورد نظر از کارخانه مواد غذایی طیور و آبزیان تهیه گردید و جیره در آزمایشگاه با استفاده از چرخ گوشت ساخته شد. به منظور تعیین اثر لیزوفسفولیپید بر هضم‌پذیری چربی‌های اشباع، از پودر چربی به عنوان حدود ۷۰ درصد از منبع چربی استفاده شد و مابقی روغن جیره از روغن ماهی و روغن کانولا تامین گردید. لیزوفسفولیپید از شرکت سیناسان واقع در تهران خریداری، با سطوح صفر، ۳، ۶ و ۹ گرم بر کیلوگرم ماده خشک جیره اضافه شد. از جیره حاوی روغن ماهی و کانولا (بدون پودر چربی) به عنوان شاهد استفاده گردید.

**جدول ۱- ترکیب جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف لیزوفسفولیپید**

| اقلام اولیه | شاهد | لیزو ۰ | لیزو ۳ | لیزو ۶ | لیزو۹ |
|---|---|---|---|---|---|
| پودر ذرت | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ | ۷ |
| گلوتن گندم | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ | ۱۲ |
| پودر ماهی | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ | ۳۸ |
| آرد گندم | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ | ۹ |
| پودر سویا | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ |
| روغن ماهی | ۶/۵ | ۱/۷ | ۱/۵۵ | ۱/۴ | ۱/۲۵ |
| روغن کانولا | ۶/۵ | ۱/۷ | ۱/۵۵ | ۱/۴ | ۱/۲۵ |
| پودر چربی | ۰ | ۹/۶ | ۹/۶ | ۹/۶ | ۹/۶ |
| لیزوفسفولیپید | ۰ | ۰ | ۰/۳ | ۰/۶ | ۰/۹ |
| مکمل معدنی[1] | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| مکمل ویتامینی[2] | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |
| بایندر | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ |

**[1]مکمل معدنی تشکیل شده از ۲۶۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۶۰۰ میلی‌گرم مس، ۶۰۰۰ میلی‌گرم آهن، ۴۶۰۰ میلی‌گرم روی، ۵۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۱۰۰ میلی‌گرم ید، ۵۰ میلی‌گرم کبالت، ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید**

**[2]مکمل ویتامینی تشکیل شده از ۱۲۰۰۰۰۰ واحد ویتامین آ، ۴۰۰۰۰۰ واحد ویتامین دی۳، ۳۰۰۰ واحد ویتامین ای، ۵۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین سی، ۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین ب ۱، ۳۳۶۰ میلی‌گرم ویتامین ب۲، ۷۲۰۰ میلی‌گرم ویتامین ب۳، ۹۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین ب۵، ۲۴۰۰ میلی‌گرم ویتامین ب۶، ۶۰۰ میلی‌گرم ویتامین ب۹، ۴ میلی‌گرم ویتامین ب۱۲**

تیمارهای آزمایشی در مطالعه حاضر شامل: ۱- کنترل (جیره تهیه شده با روغن ماهی) ۲- شاهد (فاقد لیزوفسفولیپید)، ۳- ۳ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید (لیزو ۳)، ۴- ۶ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید (لیزو ۶) و ۵- ۹ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید (لیزو ۹)، در سه تکرار بودند. غذادهی دوبار در روز و در حد سیری با جیره‌های آزمایشی انجام شد. در پایان هر روز میزان غذای خورده شده به منظور محاسبه ضریب تبدیل غذایی

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، آنالیز تقریبی جیره‌های ساخته‌شده به روش AOAC (۲۰۰۵) [۱۶] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ گردآوری شده است.

**جدول ۲. آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف لیزوفسفولیپید**

| آنالیز تقریبی (درصد وزن خشک) | شاهد | لیزو ۰ | لیزو ۳ | لیزو ۶ | لیزو۹ |
|---|---|---|---|---|---|
| چربی | ۲۲/۳۴ | ۲۲/۳۶ | ۲۲/۲۴ | ۲۲/۰۴ | ۲۲/۰۷ |
| پروتئین | ۴۲/۰۰ | ۴۲/۰۰ | ۴۱/۶۰ | ۴۱/۶۵ | ۴۱/۶۰ |
| خاکستر | ۱۳/۵۲ | ۱۳/۸۵ | ۱۳/۳۹ | ۱۳/۳۶ | ۱۳/۳۵ |
| رطوبت | ۱/۳۳ | ۱/۳۳ | ۰/۶۷ | ۱/۰۰ | ۱/۶۷ |

## محاسبه شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

در ابتدای پرورش و انتهای دوره ۵۶ روزه، ماهیان هر تانک به طور انفرادی توزین شدند و طول آنها با استفاده از کولیس با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد شامل درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، میزان بازماندگی، فاکتور وضعیت، شاخص کبدی و احشائی در پایان آزمایش از طریق روابط زیر محاسبه شدند.

وزن اولیه / (وزن اولیه– وزن نهایی) × ۱۰۰ = درصد افزایش وزن

زمان دوره آزمایش/ (لگاریتم وزن اولیه–لگاریتم وزن نهایی) × ۱۰۰ = نرخ رشد ویژه(درصد/روز)

(افزایش وزن ماهی / غذای خورده شده در طول دوره پرورش(گرم)) × ۱۰۰ = ضریب تبدیل غذایی

( تعداد اولیه ماهیان/ تعداد نهایی ماهیان) × ۱۰۰ = میزان بقاء (درصد)

طول$^{۳}$(سانتی‌متر) / وزن نهایی (گرم) × ۱۰۰ = فاکتور وضعیت (گرم/سانتی‌متر$^{۳}$)

وزن بدن (گرم)/ وزن کبد (گرم) × ۱۰۰ = شاخص کبدی (درصد)

وزن بدن (گرم) / وزن امعاء احشاء (گرم) × ۱۰۰ = شاخص احشائی (درصد)

## اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی و سرمی

در پایان دوره، ۲۴ ساعت قبل از خونگیری تغذیه ماهیان قطع گردید. سپس از هر تکرار بطور تصادفی تعداد ۵ قطعه ماهی جهت خونگیری انتخاب، به روش اوردوز با پودر گل میخک (۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) کشته شدند [۱۷]، و خونگیری با استفاده از سرنگ انجام شد. فراسنجه‌های خونی مورد بررسی شامل گلبول‌های قرمز (RBC) و سفید (WBC) به کمک لام نئوبار صورت گرفت [۱۸]. غلظت هموگلوبین (Hb) با استفاده از محلول درابکین و قرائت در دستگاه اسپکتروفتومتر (unico uv- 2150) و درصد هماتوکریت (Hct) پس از سانتریفیوژ لوله‌های موئینه حاوی خون

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

در روز نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند [۱۹]. همچنین، میانگین حجم گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین در گلبول قرمز (MCH)، میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول قرمز (MCHC) بر اساس روابط زیر محاسبه شدند [۲۰].

$$M.C.V = Hct\ (\%) \times 10 / RBC\ (million)$$

$$M.C.H = HB \times 10 / RBC\ (million)$$

$$M.C.H.C = HB \times 100 / Hct\ (\%)$$

در روز نمونه‌گیری، مقداری از خون در لوله آزمایش قرار گرفت تا لخته شود. به منظور جداسازی سرم، خون در دور ۵۰۰۰g به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و سوپرناتانت حاصله به دقت جداسازی شد و در نهایت در اپندروف نگهداری و در فریزر در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت [۱۷]. اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترنسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترنسفراز (AST) با استفاده از کیت تجاری پارس آزمون و با کمک دستگاه اتوآنالایزر پس از قرار دادن سرم در سلول‌های مربوطه اندازه‌گیری شدند.

### اندازه‌گیری لیزوزیم

برای تعیین میزان لیزوزیم سرم ۱۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus lysodeikticus*) (۰/۲ میلی‌گرم/میلی‌لیتر در ۰/۰۲ مولار بافر سدیم استات در pH ۵/۵) به ۱۵ میکرولیتر نمونه سرمی در چاهک‌های یو شکل ریخته شد. جذب نوری اولیه در ۴۵۰ نانومتر بلافاصله پس از افزودن سوبسترا و جذب نوری نهایی یک ساعت پس از انکوباسیون در دمای ۲۴ درجه محاسبه گردید. تخم مرغ لیوفیلیزشده با لیزوزیم، HEWL (سیگما)، برای نمودار منحنی مورد استفاده قرار گرفت و نمونه‌ها بر حسب میکروگرم/میلی‌لیتر فعالیت لیزوزیم تخم مرغ محاسبه شدند [۲۱].

### تجزیه و تحلیل آماری

طرح کلی آزمایش حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی و اجرا شد. ابتدا شرط نرمال‌بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو–ویک و همگنی واریانس‌ها بوسیله آزمون لون آزمایش گردید. سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با درصد خطای ۵٪ صورت گرفت.

## نتایج

نتایج فراسنجه‌های رشد طبق جدول۳ نشان داد وزن اولیه و بازماندگی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف غذایی نداشت ($P>0.05$)؛ درحالیکه درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت، شاخص کبدی و شاخص احشایی در تیمارهای مختلف لیزو دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($P<0.05$). همچنین، تیمار شاهد بیشترین درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه را نشان داد و کمترین مقادیر مربوط به تیمارهای صفر، ۳ و ۶ گرم لیزوفسفولیپید بود ($P<0.05$). علاوه بر این، در تیمارهای حاوی پودر چربی گنجاندن ۹ گرم لیزوفسفولیپید توانست موجب بهبود در شاخص‌های مذکور شود ($P<0.05$). کمترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به جیره شاهد بود و بیشترین ضریب تبدیل غذایی با افزودن ۳ و ۶ گرم لیزوفسفولیپید به جیره بدست آمد. مقدار غذای مصرف‌شده جیره در گروه شاهد به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($P<0.05$). همچنین در سایر تیمارهای حاوی مقادیر مختلف لیزوفسفولیپید مقدار غذای مصرف‌شده با افزایش سطح لیزوفسفولیپید افزایش یافت ($P<0.05$)، به‌طوریکه کمترین مقدار غذای مصرف‌شده در صفر و ۳ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید مشاهده شد. علاوه بر این، بیشترین مقدار فاکتور وضعیت در تیمارهای شاهد، ۶ و ۹ گرم لیزوفسفولیپید مشاهده شد درحالیکه کمترین مقدار فاکتور وضعیت مربوط به تیمار صفر لیزوفسفولیپید بود ($P<0.05$). همچنین، نتایج آنالیز شاخص کبدی و احشایی نشان داد بیشترین و کمترین شاخص به ترتیب در صفر

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

لیزوفسفولیپید و شاهد بدست آمد (P<0.05). همچنین با افزایش لیزوفسفولیپید در جیره‌های حاوی پودر چربی شاخص کبدی و احشایی به طور معنی‌داری کاهش یافتند (P<0.05).

**جدول ۳. فراسنجه‌های رشد و مصرف غذایی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف لیزوفسفولیپید پس از ۵۶ روز**

| تیمار شاخص | شاهد | لیزو صفر | لیزو ۳ | لیزو ۶ | لیزو ۹ |
|---|---|---|---|---|---|
| وزن اولیه(گرم) | ۲۳/۷۹ ± ۰/۹۴$^{a}$ | ۲۵/۶۱ ±۲/۴۲$^{a}$ | ۲۶/۸۷ ±۲/۸۲$^{a}$ | ۲۵/۲۳ ±۰/۹۶$^{a}$ | ۲۵/۶۵ ±۲/۵۴$^{a}$ |
| وزن نهایی (گرم) | ۱۰۶/۲۹ ±۳/۷۸$^{a}$ | ۶۶/۵۶ ±۱/۸۵$^{c}$ | ۶۱/۴۱ ±۱/۸۳$^{c}$ | ۶۲/۲۶ ± ۳/۶۳$^{c}$ | ۷۸/۳۴ ±۱/۹۱$^{b}$ |
| درصد افزایش وزن (درصد) | ۳۴۶/۸۸ ±۴/۱۰$^{a}$ | ۱۶۱/۲۲ ±۲۲/۴۷$^{c}$ | ۱۲۹/۸۳ ±۱۸/۷۳$^{c}$ | ۱۴۶/۹۶ ±۱۶/۲۲$^{c}$ | ۲۰۷/۳۳ ±۳۱/۲۵$^{b}$ |
| نرخ رشد ویژه (درصد/روز) | ۲/۶۷ ±۰/۰۱$^{a}$ | ۱/۷۱ ±۰/۱۵$^{c}$ | ۱/۴۸ ±۰/۱۴$^{c}$ | ۱/۶۱ ±۰/۱۲$^{c}$ | ۱/۹۹ ±۰/۱۸$^{b}$ |
| ضریب تبدیل غذایی | ۱/۳۳ ± ۰/۰۲$^{c}$ | ۱/۸۲ ± ۰/۱۰$^{b}$ | ۲/۰۳ ± ۰/۱۶$^{a}$ | ۲/۰۹ ± ۰/۰۷$^{a}$ | ۱/۶۹ ± ۰/۱۰$^{b}$ |
| غذای مصرف‌شده (گرم) | ۲۲۴۴/۳۳ ±۱۰۹/۳۲$^{a}$ | ۱۴۴۲/۹۰ ±۹۲/۸۵$^{d}$ | ۱۳۷۸/۴۰ ±۳۹/۰۸$^{d}$ | ۱۵۹۷/۰۰ ±۷۹/۲۴$^{c}$ | ۱۷۷۶/۵۰ ±۷۶/۶۶$^{b}$ |
| فاکتور وضعیت (گرم/سانتی‌متر$^{3}$) | ۱/۰۷ ± ۰/۰۲$^{a}$ | ۰/۸۱ ± ۰/۰۱$^{c}$ | ۰/۸۹ ± ۰/۰۱$^{b}$ | ۱/۰۱ ± ۰/۰۱$^{a}$ | ۱/۰۴ ± ۰/۰۵$^{a}$ |
| شاخص کبدی (درصد) | ۱/۰۲ ± ۰/۰۲$^{e}$ | ۱/۳۸ ± ۰/۰۳$^{a}$ | ۱/۳۰ ± ۰/۰۱$^{b}$ | ۱/۲۲ ± ۰/۰۳$^{c}$ | ۱/۱۵ ± ۰/۰۲$^{d}$ |
| شاخص احشایی (درصد) | ۱۰/۰۰ ± ۰/۲۶$^{e}$ | ۱۲/۸۳ ±۰/۵۰$^{a}$ | ۱۲/۱۹ ±۰/۰۸$^{b}$ | ۱۱/۴۷ ±۰/۲۹$^{c}$ | ۱۰/۶۷ ± ۰/۴۰$^{d}$ |
| بازماندگی (درصد) | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |

**میانگین (± انحراف معیار)، حروف غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).**

طبق جدول ۴ نتایج حاصل از فراسنجه‌های خونی شامل گلبول سفید، گلبول قرمز، هماتوکریت، MCV، MCH و MCHC اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان دادند (P<0.05). بیشترین و کمترین تعداد گلبول سفید به ترتیب در تیمارهای حاوی پودر چربی و شاهد مشاهده شد (P<0.05). همچنین، تعداد گلبول قرمز به طور معنی‌داری با افزودن ۶ و ۹ گرم لیزوفسفولیپید به جیره حاوی پودر چربی افزایش یافت(P<0.05) و کمترین تعداد گلبول قرمز مربوط به تیمار لیزو صفر و ۳ بود. همچنین، شاهد و ۹ گرم لیزوفسفولیپید توانستند منجر به افزایش معنی‌داری در درصد هماتوکریت در مقایسه با سایر تیمارها شوند (P<0.05). درحالیکه میزان هموگلوبین تحت تاثیر لیزوفسفولیپید قرار نگرفت (P<0.05). همچنین، تیمار صفر گرم لیزوفسفولیپید بیشترین مقدار MCV را در میان تیمارها نشان داد (P<0.05)، درحالیکه کمترین مقدار در لیزو ۶ و ۹ بدست آمد و تفاوت معنی‌داری با شاهد و لیزو ۳ نشان نداد (P>0.05). علاوه بر این، بالاترین مقدار MCH و MCHC به ترتیب در صفر و ۶ گرم لیزوفسفولیپید مشاهده گردید (P<0.05). کمترین مقدار MCH مربوط به تیمار لیزو ۶ و ۹ بود و کمترین مقدار MCHC در تیمار لیزو۹ مشاهده شد (P<0.05).

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

**جدول ۴. فراسنجه‌های خونی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف لیزوفسفولیپید پس از ۵۶ روز**

| تیمار شاخص | شاهد | لیزو صفر | لیزو ۳ | لیزو ۶ | لیزو ۹ |
|---|---|---|---|---|---|
| گلبول سفید ($\times10^{3}/mm^{3}$) | ۵/۳۲ ±۰/۳۲$^{b}$ | ۶/۲۷ ±۰/۱۲$^{a}$ | ۶/۴۸ ±۰/۳۱$^{a}$ | ۶/۶۱ ±۰/۹۴$^{a}$ | ۶/۲۰ ±۰/۲۴$^{ab}$ |
| گلبول قرمز ($\times10^{6}/mm^{3}$) | ۰/۷۴ ±۰/۰۶$^{ab}$ | ۰/۵۸ ±۰/۰۶$^{b}$ | ۰/۶۷ ± ۰/۰۱ $^{b}$ | ۰/۷۶ ± ۰/۰۶ $^{ab}$ | ۰/۸۶ ± ۰/۰۶$^{a}$ |
| هموگلوبین (گرم/دسی‌لیتر) | ۱۸/۷۳ ±۰/۹۵$^{a}$ | ۱۷/۹۸ ±۰/۸۵$^{a}$ | ۱۷/۴۸ ± ۰/۶۰$^{a}$ | ۱۸/۵۳ ±۱/۱۸ $^{a}$ | ۱۸/۶۲ ±۰/۴۰$^{a}$ |
| هماتوکریت (درصد) | ۵۰/۴۹ ±۰/۷۶$^{a}$ | ۴۳/۴۱ ±۰/۵۷$^{b}$ | ۴۳/۶۰ ±۳/۰۵ $^{b}$ | ۴۲/۲۲ ±۲/۹۵$^{b}$ | ۵۱/۴۱ ±۲/۳۳ $^{a}$ |
| MCV (فمتولیتر) | ۶۸۱/۸۶ ±۴۸/۸۷$^{ab}$ | ۷۵۳/۳۳ ±۶۸/۱۷$^{a}$ | ۶۶۴/۸۷ ±۱۲۵/۹۱$^{ab}$ | ۵۵۴/۷۴ ±۴۳/۹۲$^{b}$ | ۵۹۶/۵۲ ±۱۹/۵۵$^{b}$ |
| MCH (پیکوگرم) | ۲۵/۳۳ ±۲/۷۷$^{ab}$ | ۳۱/۱۳ ±۱/۲۱$^{a}$ | ۲۶/۸۸ ±۶/۵۹$^{ab}$ | ۲۴/۳۰ ±۰/۵۱$^{b}$ | ۲۱/۶۴ ±۱/۵۶$^{b}$ |
| MCHC (درصد) | ۳۷/۰۹ ±۱/۸۲$^{bc}$ | ۴۱/۴۱ ±۱/۵۱$^{ab}$ | ۴۰/۲۸ ±۴/۰۵$^{abc}$ | ۴۳/۹۶ ±۲/۹۷$^{a}$ | ۳۶/۲۶ ±۱/۵۴$^{c}$ |

**میانگین (± انحراف معیار)، حروف غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).**

مقادیر آنزیمی طبق جدول ۵ نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در مقادیر ALT، AST، لیزوزیم و فعالیت لیپاز میان تیمارهای مختلف لیزوفسفولیپید بود (P<0.05). مقدار لیزوزیم به طور معنی‌داری در سطوح ۰ و ۳ گرم لیزوفسفولیپید کاهش یافتند درحالیکه تیمارهای شاهد و لیزو ۹ بالاترین مقدار لیزوزیم را نشان دادند (P<0.05). در مقابل، آنزیم‌های کبدی AST و ALT در تیمارهای حاوی پودر چربی افزایش یافت (P<0.05). اگرچه، ۹ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید منجر به کاهش مقادیر مذکور شد (P<0.05).

**جدول ۵. فراسنجه‌های آنزیمی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف لیزوفسفولیپید پس از ۵۶ روز**

| تیمار شاخص | شاهد | لیزو صفر | لیزو ۳ | لیزو ۶ | لیزو ۹ |
|---|---|---|---|---|---|
| **آلانین آمینوترنسفراز (unit/l)** | ۱۱/۶۶ ±۲/۰۸$^{b}$ | ۲۳/۶۶ ±۱/۵۶$^{a}$ | ۲۱/۰۰ ±۳/۰۰$^{a}$ | ۲۰/۰۰ ±۱/۰۰$^{a}$ | ۱۳/۰۰ ±۲/۶۴$^{b}$ |
| **آسپارتات آمینوترنسفراز (unit/l)** | ۱۴/۳۳ ±۳/۲۱$^{b}$ | ۲۶/۳۳ ±۱/۵۲$^{a}$ | ۲۵/۰۰ ±۳/۴۶$^{a}$ | ۲۱/۶۶ ±۵/۱۳$^{a}$ | ۱۴/۰۰ ±۲/۰۰$^{b}$ |
| **لیزوزیم (u/ml/min)** | ۳۸/۷۵ ±۰/۴۱$^{a}$ | ۳۲/۵۹ ±۰/۵۹ $^{c}$ | ۳۳/۲۵ ±۰/۵۲$^{c}$ | ۳۶/۲۵ ±۰/۲۵ $^{b}$ | ۳۸/۲۳ ±۰/۵۸$^{a}$ |

**میانگین (± انحراف معیار)، حروف غیرمشابه در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (P<۰/۰۵).**

## بحث

در مطالعه حاضر کارایی رشد از جمله وزن نهایی، درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه با افزودن ۹ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید (لیزو) به جیره حاوی پودر چربی در مقایسه با سایر سطوح لیزو (۰، ۳ و ۶ گرم) افزایش یافت (P<0.05). اگرچه، عملکرد رشد کمتر از کنترل بود. این امر می‌تواند به دلیل هضم‌پذیری پایین پودر چربی نسبت به روغن مایع استفاده‌شده در جیره کنترل باشد که عملکرد رشد را تحت تاثیر قرار داد. از طرفی روغن ماهی موجب افزایش اشتها در قزل‌آلا می‌شود. افزایش اشتها به همراه هضم‌پذیری بالاتر در جیره کنترل، افزایش دریافت غذا و در نهایت کارایی رشد را به همراه داشت. افزودن ۹ گرم لیزوفسفولیپید توانست اثرات پودر چربی را پوشش دهد و حتی افزایش دریافت غذا نیز در این گروه مشاهده شد که می‌تواند نشان‌دهنده تحریک اشتها توسط لیزوفسفولیپید باشد زیرا با افزایش سطح لیزو یک روند افزایشی در دریافت

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

غذا توسط ماهی اتفاق افتاد. لیزوفسفولیپید نوعی فسفولیپید بوده که یک اسید چرب آن توسط فسفولیپاز حذف گردیده است از این رو دارای خواص امولسیون‌کنندگی است. این ویژگی لیزوفسفولیپید در روده عملکردی مشابه نمک‌های صفراوی داشته و با توجه به محدود بودن مقدار ترشح نمک‌های صفراوی در تشکیل میسل موثر عمل می‌کند. میسل با ایجاد امولسیون پایدار بین چربی و آب سبب افزایش تماس چربی‌ها با آنزیم لیپاز و در نهایت افزایش هضم و جذب چربی‌ها می‌گردد. از این‌رو، استفاده بیشتر از چربی‌ها به عنوان منبع انرژی سبب استفاده از پروتئین به منظور رشد در تیمارهای حاوی لیزوفسفولیپید می‌شود. به طور مشابه، ۲ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید (لیپیدول) بهترین رشد و مصرف غذایی را در قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد [۱۵]. نتایج مشابهی در جیره ماهی کاراس (*Carassais auratus gibelio*) تحت تاثیر استفاده از ۰/۰۱۲۵ و ۰/۰۲۵ درصد لیزولسیتین مشاهده شد [۲۲]. همچنین، به طور مشابه افزایش کارایی رشد با افزودن ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد لیزوفسفولیپید به جیره تیلاپیا هیبرید (♀*Oreochromis niloticus* ×♂*Oreochromis aureus*) بدست آمد [۲۳]. تفاوت گونه‌ای ممکن است اختلاف در سطح بهینه لیزوفسفولیپید مورد استفاده در مطالعات مختلف را به همراه داشته باشد. در مقابل، در تحقیق دیگری سطوح مختلف (۱۰۰۰، ۲۵۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم غذا) لیزولسیتین در جیره حاوی ۶۵ گرم بر کیلوگرم روغن ماهی جایگزین شد و با جیره شاهد حاوی ۷۵ گرم بر کیلوگرم روغن ماهی بدون لیزولسیتین مقایسه گردید. نتیجه نشان داد لیزولسیتین توانست حذف این بخش از روغن ماهی را در توربوت (*Scophthalmus maximus* L.) جبران کند و افزایش کارایی رشد و کاهش شاخص احشایی و ضریب تبدیل غذایی را در این تیمارها به دنبال داشت [۱۴]. علت مغایرت مشاهده‌شده احتمالا به دلیل درصد بالاتر جایگزینی روغن ماهی و هضم‌پذیری کمتر پودر چربی در مطالعه حاضر می‌باشد به طوریکه در مطالعه حاضر سطح بالایی از روغن ماهی با پودر چربی جایگزین گردید که از هضم‌پذیری پایینی برخوردار است و در نتیجه آن رشد حتی در حضور لیزوفسفولیپید به تیمار کنترل نرسید. دلیل این امر می‌تواند به ناکافی بودن لیزوفسفولیپید در این سطح از جایگزینی نیز مربوط باشد و ممکن است در سطوح بالاتر مصرف لیزوفسفولیپید رشد ماهیان در تیمارهای حاوی پودر چربی به طور کامل جبران گردد. بنابراین، برای یافتن سطح مناسب استفاده از لیزوفسفولیپید بایستی به اجزای دیگر جیره به خصوص چربی توجه داشت. علاوه بر این، با افزودن لیزوفسفولیپید ممکن است ترشحات پانکراسی به دنبال نیاز بیشتر برای هضم چربی‌های غیراشباع تحریک گردد و افزایش عملکرد رشد را به دنبال داشته باشد. افزایش ترشح لیپاز با افزودن فسفولیپید به جیره در برخی مطالعات گزارش شده است [۱۱، ۲۴]. اندازه‌گیری فعالیت آنزیم لیپاز می‌تواند به روشن‌شدن این موضوع کمک نماید اما در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار نگرفته است.

فاکتور وضعیت در شاهد، ۶ و ۹ گرم لیزو در مقایسه با سایر تیمارها ارتقا یافت که نشان‌دهنده وضعیت بهتر تغذیه‌ای در این ماهیان می‌باشد. شاخص احشایی و کبدی به طور مشابه با افزودن لیزو در تحقیق حاضر کاهش یافتند. به طور کلی مناسب نبودن منبع چربی مورد استفاده منجر به کاهش تشکیل لیپوپروتئین و تجمع آن در اطراف روده و کبد می‌گردد [۱۱]، به همین دلیل بالاتر بودن شاخص احشایی و شاخص کبدی در تیمارهای حاوی پودر چربی در مقایسه با شاهد را می‌توان به این امر نسبت داد. پودر چربی دارای چربی اشباع است و در مقابل لیپولیز مقاومت بیشتری دارد بنابراین افزایش شاخص کبدی به افزایش تجمع چربی در کبد مربوط است. این درحالیست که شاخص‌های مذکور با افزودن لیزو کاهش یافتند. به طور مشابه، اثر فسفولیپیدها در بهبود انتقال چربی‌ها از دستگاه گوارش توسط Salhi و همکاران (۱۹۹۹) و Fontagne و همکاران (۱۹۹۸) [۲۵، ۲۶] نشان داده شده است.

طبق نتایج حاصل از مطالعه فراسنجه‌های خونی تعداد گلبول‌های قرمز در جیره حاوی پودر چربی کاهش یافت ولی با افزودن ۶ و ۹ گرم لیزو به جیره جبران شد. همچنین، بیشترین مقدار هماتوکریت در جیره‌های روغن ماهی و ۹ گرم لیزو بدست آمد. این امر احتمالا به دلیل تحریک تولید گلبول قرمز توسط لیزوفسفولیپید است. فسفولیپید منجر به تحریک اریتروپویزیس (تولید اریتروسیت) می‌شود که افزایش تعداد گلبول‌های قرمز را در مطالعه حاضر توجیه می‌کند [۲۷]. به طور مشابه، شاخص‌های خونی مانند هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول قرمز با افزودن لسیتین در جیره قزل‌آلا افزایش یافتند [۲۸]. در تحقیق حاضر به طور مشابه افزودن لیزوفسفولیپید به جیره، هماتوکریت و گلبول قرمز را در تیمارهای حاوی پودر

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

چربی در مقایسه با شاهد افزایش داد و با این مطالعات مطابقت داشت. جایگزین نمودن روغن ماهی به دلیل برهم‌زدن تعادل اسیدهای چرب می‌تواند بر پاسخ ایمنی ماهی اثر بگذارد. به طور مثال جایگزینی طولانی‌مدت (۲۰۴ روز) روغن سویا و روغن کلزا با روغن ماهی می‌تواند موجب اختلال در ایمنی سلولی و هومورال سیم دریایی (*Sparus aurata*) شود [۲۹]. همچنین، کاهش هماتوکریت نیز در مطالعات مختلف با جایگزینی روغن ماهی مشاهده گردیده است [۲، ۳۰]. کاهش سطح اریتروسیت به علت کاهش دسترسی به آهن به واسطه وجود برخی اقلام غذایی نیز رخ می‌دهد [۳۱].

از طرفی، تغییرات الگوی اسید چرب سبب اختلال گیرنده‌های غشایی فسفولیپیدی از جمله گیرنده شاخص‌های ایمنی می‌گردد و بنابراین عملکرد ایمنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۱۰، ۳۲]. نداشتن تعادل اسیدچرب و به هم خوردن نسبت n-۶/n-۳ منجر به تغییرات در گیرنده سیتوکین، نفوذپذیری غشا و فعالیت لیزوزیم می‌گردد [۱۱]. در مطالعه حاضر کاهش فعالیت لیزوزیم و افزایش گلبول سفید در ماهیان تغذیه‌شده با پودر چربی می‌تواند پاسخ سیستم ایمنی به اکسیداسیون لیپید باشد که با افزودن ۹ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید تنظیم شد. لیزوفسفولیپید احتمالا با جلوگیری از اختلال عملکرد غشایی و بهبود آن می‌تواند سیستم ایمنی را ارتقا دهد. علاوه بر این، فعالیت لیزوزیم در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطح ۲ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید افزایش یافت [۱۵]. تحقیق حاضر با نتایج حاصل از این مطالعه همسو بود.

آنزیم‌های کبدی به عنوان شاخصی از سلامت کبد در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج، جایگزینی پودر چربی به جیره منجر به افزایش آنزیم‌های AST و ALT شد. مقادیر آنزیم‌های مذکور در آسیب‌های کبدی افزایش می‌یابد [۳۳]. دلیل این امر احتمالا به کاهش هضم‌پذیری پودر چربی و تجمع آن در کبد مربوط است که منجر به آسیب به غشای کبدی و آزاد شدن ترنس‌آمیناز به خون شد. همانطور که در برخی مطالعات بیان شده است کبد به تغییرات اسیدهای چرب جیره بسیار حساس است و نامتعادل بودن آنها در جیره منجر به اختلال در عملکرد این اندام می‌گردد [۳۴، ۳۵]. افزودن ۹ گرم لیزوفسفولیپید در مطالعه حاضر توانست منجر به کاهش آنزیم‌های کبدی شود و اثرات منفی پودر چربی را پوشش دهد. به طور مشابه، در مطالعه بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش آنزیم کبدی با افزودن لیزوفسفولیپید گزارش شد و مقدار آنزیم‌های AST و ALT در سطح ۲ گرم بر کیلوگرم لیزوفسفولیپید نسبت به سایر سطوح صفر، ۱ و ۳ گرم در کیلوگرم در این مطالعه کمتر بود [۱۵]. بنابراین می‌توان گفت سطح بهینه لیزوفسفولیپید با توجه به ترکیب و نوع چربی جیره متغیر می‌باشد و برای یافتن بهترین پاسخ بایستی سطح مناسب مورد مصرف قرار گیرد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات می‌توان به این مسئله دست یافت که استفاده از لیزوفسفولیپید می‌تواند تاحدودی اثرات جانبی جایگزینی درصد زیادی از روغن ماهی با چربی‌های اشباع را تعدیل نماید. از طرفی، با توجه به نتایج رشد، فاکتورهای خونی و ایمنی در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد جایگزینی پودر چربی به عنوان بخش زیادی از منبع روغنی در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان بدون افزودن موادی مانند لیزوفسفولیپید امکان‌پذیر نمی‌باشد. از این‌رو، افزودن ۹ گرم لیزوفسفولیپید به منظور جایگزینی حدود ۷۰ درصد منبع چربی با توجه به بهبود رشد، برخی فاکتورهای خونی، لیزوزیم و همچنین جبران آسیب کبدی در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان پیشنهاد می‌گردد.

**تشکر و قدردانی:** بدین وسیله، مراتب سپاس خود را از همکاری جناب آقای دکتر خسرو جانی‌خلیلی و آقای مهندس عبادی مسئولین محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در راستای پیشبرد این تحقیق تقدیم می‌دارم. این پژوهش با حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (کد طرح: ۹۸۰۱۲۴۹۰) انجام شده است.

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

## منابع


1- Hosseini Shekarabi SP, Omidi AH, Dawood MA, Adel M, Avazeh A, Heidari F. Effect of black mulberry (*morus nigra*) powder on growth performance, biochemical parameters, blood carotenoid concentration, and fillet color of rainbow trout. Ann. Animal Science. 2020;20: 125-136.

2- Ghanawi J, Roy L, Allen Davis D, Patric Saoud I. Effects of dietary lipid levels on growth performance of marbled spinefoot rabbitfish *Siganus rivulatus*. Aquaculture. 2011;310: 395-400.

3- Adhami B, Amirkolaie AK. Effect of different levels of phospholipid on growth performance, fat digestibility and lipase activity in diet containing fat powder in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Fisheries. 2016;69(3): 275-283, (in Persian).

4- Amirkolaie AK, Shahkolaie MD, Karimzadeh S, Khalesi M. The potential of soya oil industry products as oil alternatives in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet. Aquaculture International. 2014;22: 1093-1103.

5- Cruz-Garcia, L., Sánchez-Gurmaches, J., Bouraoui, L., Saera-Vila, A., Pérez-Sánchez, J., Gutiérrez, J., & Navarro, I. Changes in adipocyte cell size, gene expression of lipid metabolism markers, and lipolytic responses induced by dietary fish oil replacement in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 2011;158(4): 391-399.

6- Morais S, Koven W, Rønnestad I, Dinis MT, Conceição LEC. Dietary protein/lipid ratio and lipid nature affects fatty acid absorption and metabolism in a teleost larva. British Journal of Nutrition. 2005;93: 813-820.

7- Falahatkar B, Moghadam NE, Kalbassi MR. Changes in diet and muscle fatty acids in juveniles of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fed with different levels of lecithin. Oceanography. 2015;6(21): 97-105. (In Persian).

8- Adhami B, Keramat Amirkolaie A. Effect of emulsifier on growth performance, blood factors and body composition in rainbow trout (*Onchorhyncus mykiss*) fed fat powder. Journal of Fisheries Science and Technology. 2017; 6(3): 1-13.

9- Noori F, Jafari F, Agh N, Tukmechi A. Effects of different levels of phospholipids on fatty acid composition, body lipid content and lipase activity in stellate fish (*Acipenser stellatus*) stellatus). Journal of Applied Ichthyological Research. 2019; 7(1):31-46.

10- An W, Dong X, Tan B, Yang Q, Chi S, Zhang S, Liu H, Yang Y. Effects of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids on growth, non-specific immunity, expression of some immune-related genes and resistance to *vibrio harveyi* in hybrid grouper (*epinephelus fuscoguttatus*× *epinephelus lanceolatu*). Fish and Shellfish Immunology. 2020;96, 86-96.

11- Abedian Kenari A, Mozanzadeh MT, Pourgholam R. Effects of total fish oil replacement to vegetable oils at two dietary lipid levels on the growth, body composition, haemato-immunological and serum biochemical parameters in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius* Kessler, 1877). Aquaculture Research. 2010;42(8): 1131-1144.

12- Joshi A, Paratkar SG, Thorat BN. Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods. European Journal of Lipid Science and Technology. 2006;108(4): 363-373.

13- Liu D, Ma F, Krezhova D. Soybean phospholipids: Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products. Rijeka, Croatia. Intech. 2011: 483-500.


[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

14- Li B, Li Z, Sun Y, Wang S, Huang B, Wang J. Effects of dietary lysolecithin (LPC) on growth, apparent digestibility of nutrient and lipid metabolism in juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L. Aquaculture and Fisheries. 2019;4: 61-66.
15- Taghavizadeh M, Shekarabi SPH, Mehrgan, MS, Islami HR. Efficacy of dietary lysophospholipids (Lipidol™) on growth performance, serum immuno-biochemical parameters, and the expression of immune and antioxidant-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 2020;525: 1-11.
16- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. (16th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
17- Hoseinifar SH, Zoheiri F, Lazado CC. Dietary phytoimmunostimulant Persian hogweed (*Heracleum persicum*) has more remarkable impacts on skin mucus than on serum in common carp (*Cyprinus carpio*). Fish & shellfish immunology. 2016;59: 77-82.
18- Hoston AH. Blood and circulation. In: Shreck CB, Moyle PB. Methods in fish biology. Bethesda, Meryland. American Fisheries Society. 1990: 273-335.
19- Drabkin DR. Crystallographic and optical properties of human hemoglobin: proposal for standardization of hemoglobin. American Journal of Medicine Science, 1945;209: 268-270.
20- Campbell TW, Ellia CK. Avian & exotic animal hematology and cytology Blackwell Publishing, Iowa. 2007: 93-112.
21- Kumari J. Seasonal variation in the innate immune parameters of the Asian catfish *Clarias batrachus*. Aquaculture. 2006;252: 121-127.
22- Li HX, Liu WB, Li XF, Wang JJ, Liu B, Xie J.. Effects of dietary choline-chloride, betaine and lysophospholipids on the growth performance, fat metabolism and blood indices of crucian carp (*Carassais auratus gibelio*). Journal of Fisheries of China, 2010b;34(2): 292-299 (In Chinese with English abstract).
23- Li HT, Tian LX, Wang YD, Hu YH. Effects of lysolecithin on growth performance, body composition and hematological indices of hybrid tilapia (*Oreochromis aureus × Oreochromis niloticus*). Journal of Dalian Fisheries University, 2010a;25(2): 143-146 (In Chinese with English abstract).
24- Bouraoui L, Sanchez-Gurmaches J, Cruz-Garcia L, Gutierrez J, Benedito-Palos L, Perez-Sanchez J, Navarro I. Effect of dietary fish meal and fish oil replacement on lipogenic and lipoprotein lipase activities and plasma insulin in Gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture. 2011;17(1): 54-63.
25- Salhi M, Hernandez-Cruz CM, Bessonart M, Izquierdo MS, Fernandez-Palacios H. Effect of different dietary polar lipid levels on gut and liver histological structure of gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. Aquaculture, 1999;179: 253-263.
26- Fontagné S, Geurden I, Escaffre AM, Bergot P. Histological changes induced by dietary phospholipids in intestine and liver of common carp (*Cyprinus carpio L.*) larvae. Aquaculture, 1998;16: 213-223.
27- Řehulka J. The effect of antioxidant Neox and lecithin on production and body growth indexes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Zivocisna Vyroba-UZPI, 1994;39: 149-162, (In Czech).
28- Řehulka J, Minařík B. Effect of lecithin on the haematological and condition indices of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research, 2003;34: 617-627.
29- Montero D, Kalinowski T, Obach A, Robaina L, Tort L, Caballero M, Izquierdo M. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. Aquaculture, 2003;225(1-4): 353-370.

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

30- Güroy D, Güroy B, Merrifield DL, Tekinay AA, Davies SJ, Şahin İ. Effects of fish oil and partial fish meal substitution with oilseed oils and meals on growth performance, nutrient utilization and health of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture International, 2011;20(3): 481-497.
31- Colin-Negrete CJ, Kiesling HE, Ross TT, Smith JF. Effect of whole cottonseed on serum constituents, fragility of erythrocyte cells, and reproduction of growing Holstein heifers. Journal of Dairy Science. 1996;79: 2016-2023.
32- Waagboo R, Hemre J, Holm CHR, Lie O. Tissue fatty acid composition, aematology and immunity in adult cod, *Gadus morhua* L., fed three dietary lipid sources. Journal of Fish Disease. 1995;18: 615-622.
33- Zhang W, Wang F, Tan B, Dong X, Zhang H, Chi S, Yang Q. Effect of the dietary phosphatidylcholine at different growth stages of Pacific white shrimps, *litopenaeus vannamei*. Aquaculture Nutrition. 2019;25: 555-566.
34- Guillou A, Soucy P, Khalil M. Adambounou L. Effects of dietary vegetable and marine lipid on growth, muscle fatty acid composition and organoleptic quality of flesh of brook charr (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture. 1995;136: 351-362.
35- Bell JR, Tocher DR, MacDonald FM. Sargent JR. Effects of dietary borage oil [enriched in c-linoleic acid, 18:3(n-6)] or marine fish oil [enriched in eicosapentaenoic acid, 20:5(n-3)] on growth, mortalitics, liver histopathology and lipid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Fish Physiological Biochemistry. 1995;14: 373-383.

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume10, Issue 3, Summer 2021
Pages: 272-285

# Effects of lysophospholipid on growth performance, hematological indices, hepatic enzymes and lysozyme activity in rainbow trout (Onchorhyncus mykiss) diet containing fat powder

**Batoul Adhami[1], Abdolsamad Keramat Amirkolaie [1*], Hosein Oraji[1], Mohammad Kezemifard[2], Soleiman Mahjoub[3]**

1- Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

2- Department of animal science, Faculty of animal science and fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

3- Department of Clinical Biochemistry, School of Medicine, Babol University of Medical Sciences

## A B S T R A C T

In the present study we investigated the effects of lysophospholipid (LPL) different levels on growth, hematological indices, hepatic enzymes and lysozyme activity in rainbow trout fed diets containing fat powder. Experimental diets were four different levels including 0, 3, 6 and 9 gkg-1 LPL and control diet (containing fish oil) each in triplicate. After 56 days of trial, measuring growth parameter suggested improvement of body weight increasing, specific growth rate and feed conversion ratio in LPL 9 compare to other diets containing fat powder, however, control diet owned the highest value (P<0.05). Also, inclusion of LPL caused an increasing in conditional factor of fish fed fat powder diets (P<0.05). According to the hematological indices, white blood cell highest value was observed in diets containing fat powder (P<0.05), while, red blood cell increased significantly by addition of 6 and 9 gkg-1 LPL to fat powder (P<0.05). Furthermore, administration of control and LPL 9 resulted in hematocrit enhancement among experimental diets (P<0.05). Enzyme evaluation revealed lower lysozyme activity in fat powder diets supplemented with 0 and 3 gkg-1 LPL compared other diets (P<0.05). Contrarily, hepatic enzymes elevated in fish fed fat powder diets (P<0.05). However, administration of 9 gkg-1 LPL led to decrease this value (P<0.05). Considering the results of the present study supplementation of 9 g LPL is suggested in rainbow trout diet containing ≈70% fat powder.

**KEYWORDS:** Lysozyme, lysophospholipid, liver, fat, rainbow trout

## ARTICLE TYPE

**Original Research**

## ARTICLE HISTORY

Received: 19 February 2021

Accepted: 25 June 2021

ePublished: 23 August 2021

* Corresponding Author:
Email address: Amirkola@yahoo.com
Tel: +(98) 9112168842
© Published by Tarbiat Modares University
eISSN:2476-6887 pISSN:2322-5513

[ Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-05-09 ]

[ DOR: 20.1001.1.23225513.1400.10.3.4.8 ]