



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 2, 2021, pages: 27-38



Effects of different levels of dietary microalgae *Chlorella*, *Chlorella vulgaris* and brewer's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, digestive enzymes and intestine microbiota in juvenile sterlet, *Acipenser ruthenus*

Elnaz Naseri Khalkhali¹, Abbasali Zamini^{1*}, Habib Vahabzadeh Roudsari¹, Hadi Ershad Langeroudi¹, Reza Taati²

1- Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Guilan, Iran.

2- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Guilan, Iran.

Received 17 April 2021

Revised 13 June 2021

Accepted 22 June 2021

KEYWORDS

Chlorella

Yeast

Growth performance

Digestive enzymes

Lactic acid bacteria

Sterlet sturgeon

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the effect of microalgae, *Chlorella vulgaris*, and brewer's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, on growth performance, digestive enzymes activity and intestinal microbiota in juvenile sterlet, *Acipenser ruthenus*. Total numbers of 315 juveniles (24.5 ± 0.2 g) were divided into 7 treatments and were fed with a basal diet containing different amounts of *Chlorella* and yeast during 8 weeks. Treatments 1 to 7 were fed with a basal included diet that not supplemented with *Chlorella* and yeast (control or T₁); and supplemented with 1% yeast (T₂); 0.5% yeast (T₃); 3% *Chlorella* (T₄); 5% *Chlorella* (T₅); a combination of 0.5% yeast and 5% *Chlorella* (T₆); and also a combination of 3% yeast and 1% *Chlorella* (T₇), respectively. At the end of trial, growth indices, digestive enzymes and total number of intestinal bacteria were measured. The results showed that the addition of yeast and *Chlorella* (T₆ and T₇) to the fish diet enhanced growth performance, increased the secretion of digestive enzymes and also elevated the number of intestinal bacteria compared to the control ($p < 0.05$). The best growth performance was observed in T₅ (5% *Chlorella*), followed by T₆ and T₇ (combination of *Chlorella* and yeast). So that, the highest amount of body weight gain, average daily growth, specific growth rate, and the lowest feed conversion ratio were observed in T₅, T₆ and T₇ ($p < 0.05$). No significant difference was observed in the survival rate between treatments ($p > 0.05$). The results showed that supplementing the diet of sterlet juveniles with microalgae and brewer's yeast as well as with their combination significantly enhance the growth performance, secretion of digestive enzymes and intestinal bacterial flora.

*Corresponding author: novin.print@yahoo.com



"مقاله پژوهشی"

تأثیر سطوح مختلف ریز جلبک کلرلا (*Chlorella vulgaris*) و مخمر نانوائی (*Saccharomyces cerevisiae*) بر عملکرد رشد، آنزیم‌های گوارشی و میکروبیوتای روده بچه‌ماهیان استرلیاد (*Acipenser ruthenus*)

الناز ناصری خلخالی^۱، عباسعلی زمینی^{۱*}، حبیب وهاب زاده رودسری^۱، هادی ارشاد لنگرودی^۱، رضا طاعتی^۲

۱- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، گیلان

۲- گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، گیلان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

کلمات کلیدی	چکیده
کلرلا	هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی تأثیر ریزجلبک کلرلا (<i>Chlorella vulgaris</i>) و مخمر نانوائی (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) بر عملکرد رشد، آنزیم‌های گوارشی و میکروبیوتای روده در بچه‌ماهیان استرلیاد (<i>Acipenser ruthenus</i>) بود. تعداد ۳۱۵ قطعه بچه‌ماهی استرلیاد ($0.2 \pm 24/5$ گرم) در ۷ تیمار تقسیم شده و با غذای پایه حاوی مقادیر مختلف کلرلا و مخمر به مدت ۸ هفته غذایی شدند. تیمارهای ۱ تا ۷ به ترتیب با غذای پایه حاوی ۰٪ کلرلا و مخمر، ۱٪ مخمر، ۰/۵٪ مخمر، ۳٪ کلرلا، ۵٪ کلرلا، ترکیب ۰/۵٪ مخمر و ۵٪ کلرلا و ترکیب ۳٪ کلرلا و ۱٪ مخمر غذایی شدند. در پایان آزمایش، شاخص‌های رشد، آنزیم‌های گوارشی و تعداد کل باکتری‌های روده اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که افزودن مخمر و ریزجلبک کلرلا به جیره غذایی ماهیان سبب بهبود عملکرد رشد، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و نیز افزایش تعداد باکتری‌های روده در مقایسه با تیمار شاهد شد ($p < 0.05$). بهترین عملکرد رشد در تیمار ۵ (۵٪ کلرلا) و پس از آن، تیمارهای ۶ و ۷ (ترکیب کلرلا و مخمر) مشاهده شد، به طوری که بیشترین مقدار افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه، ضریب رشد ویژه و کمترین ضریب تبدیل غذایی در این تیمارها مشاهده شد ($p < 0.05$). تفاوت معنی‌داری در میزان بازماندگی تیمارها مشاهده نشد ($p > 0.05$). نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از ریزجلبک کلرلا و مخمر نانوائی و نیز ترکیب آن‌ها در جیره غذایی بچه‌ماهیان تأثیر معنی‌داری در بهبود عملکرد رشد، ترشح آنزیم‌های گوارشی و میکروبیوتای روده دارد.

مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت جهان و نیاز به غذا، امروزه آبزیان به‌عنوان یکی از منابع تأمین‌کننده پروتئین حیوانی مورد نیاز از جایگاه مناسبی برخوردار هستند. ماهیان خاویاری از با ارزش‌ترین گونه‌های آبزیان هستند که ۲۷ گونه از آنها در آب‌های جهان وجود دارد و ارزش اصلی این ماهیان به‌واسطه خاویار و گوشت گران‌قیمت آنهاست (فلاح‌تکار، ۱۳۸۶؛ یارمحمدی و همکاران، ۱۳۹۰). گونه استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) یکی از انواع کوچک تاس‌ماهیان نیمه مهاجر است که در آب شیرین زندگی می‌کند و بیشتر به لحاظ تولید گوشتی ترد و لذیذ اهمیت دارد. ماهی استرلیاد بومی آب‌های ایران نیست، اما تکثیر و پرورش این گونه با موفقیت در ایران انجام شده و روز به روز در حال گسترش است. با وجود اهمیت اقتصادی این گونه، مطالعات محدودی درباره روش‌های بهبود شرایط تغذیه و شاخص‌های رشد آن انجام شده است.

تغذیه مناسب از مهم‌ترین عوامل مؤثر در رشد، تولیدمثل و طول عمر ماهی است. بنابراین، از مسائل مهم در آبی‌پروری، به‌دست آوردن تعادل بین سرعت رشد ماهی و استفاده بهینه از غذای داده شده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۹۴). از این‌رو، دست‌اندرکاران صنعت آبی‌پروری همواره به‌دنبال یافتن ترکیباتی هستند که با افزودن آن‌ها به غذای ماهیان، جیره‌ای تهیه کنند که هم نیازهای غذایی گونه‌های پرورشی را به بهترین نحو مرتفع سازد و هم از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه باشد. یکی از این ترکیبات، ریزجلبک کلرلا (*Chlorella vulgaris*) است که پرکاربردترین ریزجلبک سبز در پرورش آبزیان است و به‌دلیل غنی بودن از پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی، اسیدهای چرب ضروری، پلی‌ساکاریدها و کاروتنوئیدها نقش به‌خصوصی در تکثیر، رشد، تقویت دستگاه ایمنی و بقای ماهی دارد (Mohammadiarzam and Sang-Min, 2014). مخمر نیز ترکیب مفید دیگری از یوکاریوت‌های تک‌سلولی، و دارای پروتئین‌های با ارزش زیستی فراوان، ویتامین‌های ب-کمپلکس، مواد معدنی و هم‌چنین خصوصیات دیگر مانند توانایی افزایش فسفر قابل دسترس برای حیوان است و به‌عنوان یکی از انواع افزودنی‌های ارزشمند در غذا، در قالب پروبیوتیک، در صنعت آبی‌پروری استفاده می‌شود. پروبیوتیک‌ها تأثیر مثبتی در

بهبود روده ماهیان داشته (Ziólkowska et al. 2020) و به بهبود عملکرد رشد، فراسنجه‌های بیوشیمیایی و افزایش کارایی دستگاه ایمنی در ماهیان کمک می‌کنند (Abu-Elala et al. 2018). یکی از معروف‌ترین مخمرها، *Saccharomyces cerevisiae* نام دارد که به مخمر نانوائی نیز معروف است و در تخمیر الکل مخمر نان و آبجو و دیگر منابع کربوهیدراتی نقش دارد (محمدنژاد شמושکی و مازینی، ۱۳۹۱). اثرات مفید ریزجلبک کلرلا بر گونه‌هایی مانند کفشک ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) (Kim et al. 2007)، تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Badwy et al. 2008) و کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) (Akbari and Malek Raeisi, 2020) و نیز اثرات مفید مخمر نانوائی بر گونه‌های کفال خاکستری (اکبری، ۱۳۹۸)، فیل ماهی (*Huso huso*) (Hosseinifar et al. 2011) و ماهی تیلاپای نیل (Sutthi et al. 2018; Sutthi & Thaimuangphol, 2020; Abu-Elala et al. 2020) به اثبات رسیده است. استفاده از افزودنی‌های مفید و قابل دسترس، هزینه‌های غذا را کاهش می‌دهد. بنابراین، استفاده از این ترکیبات از جنبه‌های اقتصادی و زیستی به ضرورتی برای توسعه پایدار صنعت آبی‌پروری تبدیل شده است (Tidwell and Allan, 2001). در راستای همین هدف، در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر ریزجلبک کلرلا و مخمر نانوائی در جیره بر عملکرد رشد، آنزیم‌های روده‌ای و میکروبیوتای روده بچه‌ماهی استرلیاد پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۱۵ قطعه بچه‌ماهی انگشت قد استرلیاد با میانگین وزنی $0/2 \pm 24/5$ گرم به‌طور تصادفی با تراکم ۱۵ عدد در ۲۱ مخزن ۵۰۰ لیتری توزیع شدند. مخازن مجهز به دستگاه هواده و تخلیه آب مرکزی بودند. مقادیر اکسیژن محلول، درجه حرارت و pH آب طی دوره پرورش به‌ترتیب در محدوده بین ۷/۸-۵/۷ میلی‌گرم در لیتر، ۲۴-۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۷/۵ بود. در این تحقیق ۷ تیمار مختلف، هر یک با ۳ تکرار بررسی شد. تیمارهای ۱ تا ۷ به‌ترتیب با غذای پایه (کارخانه بتا، استان البرز، ایران) شامل تیمار ۱ (شاهد) حاوی ۰٪ کلرلا و ۰٪ مخمر، تیمار ۲ (۱٪ مخمر)، تیمار ۳ (۰/۵٪ مخمر)، تیمار ۴ (۰/۳٪

۱۰۰ mL آب مقطر و مقادیر محاسبه شده مخمر به همراه ۵ mL روغن به ازای هر کیلو غذا ترکیب شد. به جیره شاهد فقط روغن افزوده شد و در نهایت، غذا به صورت پلت تهیه شد (Cerezuela et al. 2008). ماهیان به مدت ۸ هفته به میزان ۳٪ وزن بدن و ۵ بار در روز غذادهی شدند (Chebanov and Galich, 2011). برای بررسی وضعیت رشد، ماهیان در ابتدا و انتهای تحقیق زیست‌سنجی، و شاخص‌های رشد و تغذیه طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Merrifield et al. 2011):

افزایش وزن بدن (BWI) = میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن نهایی (گرم)

درصد افزایش وزن بدن (PBWI) = [میانگین وزن اولیه (گرم) / میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن نهایی (گرم)] × ۱۰۰

درصد نرخ رشد ویژه (SGR) = [دوره پرورش (روز) / میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن نهایی (گرم)] × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = میزان افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم)

درصد میانگین رشد روزانه (ADG) = [دوره پرورش (روز) / میانگین وزن اولیه (گرم) - میانگین وزن نهایی (گرم)] × ۱۰۰

درصد بقا (SR) = (تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در پایان دوره) × ۱۰۰

کل باکتری‌ها و MRS^2 (Merck, آلمان) برای شمارش تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک به روش کشت سطحی تلقیح انجام شد. سپس تعداد آن‌ها با احتساب رقت مورد استفاده، مشخص شد (Ringo and Gatesoupe, 1998; Mahious et al. 2006).

سنجش آماری

برای بررسی آماری، در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو-ویلک سنجش شد و با توجه به نرمال بودن داده‌ها، برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای جداسازی گروه‌های همگن از آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای داده‌های غیرنرمال از آزمون غیرپارامتریک کروسکال والیس و در مقایسه جفتی از آزمون من-ویتنی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها از نرم افزار SPSS 18 و برای رسم نمودار از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد. نتایج به صورت میانگین \pm انحراف معیار نشان داده شدند.

نتایج

نتایج بررسی عملکرد رشد در جدول ۱، نتایج آنزیم‌های گوارشی در شکل ۱ و نتایج شمارش تعداد باکتری‌های کل

کلرلا)، تیمار ۵ (۵٪ کلرلا)، تیمار ۶ (ترکیب ۵٪ کلرلا و ۵٪ مخمر) و تیمار ۷ (۳٪ کلرلا و ۱٪ مخمر) (Bai et al. 2001; Kim et al. 2007; Hosseinifar et al. 2011; Khani et al. 2017; Sutthi et al. 2018) به مدت ۲ ماه غذادهی شدند. سنجش جیره غذای پایه شامل ۳۷٪ پروتئین، ۲۰٪ چربی، ۱۴٪ خاکستر، ۷٪ فیبر و ۱۰٪ رطوبت با سطح انرژی قابل هضم ۳۷۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم بود (AOAC, 1995).

برای آماده‌سازی جیره غذایی، ابتدا غذای پایه توسط آسیاب به صورت پودر درآمد. بعد با توجه به ترکیبات غذایی هر تیمار، مقادیر محاسبه شده ریزجلبک به همراه

در پایان آزمایش برای سنجش فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهیان ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌برداری قطع غذا شدند. سپس ماهیان نخاعی شده و به سرعت در مجاورت یخ قرار گرفتند تا با به حداقل رساندن فعالیت آنزیمی، کالبدشکافی آن‌ها انجام شود. پس از کالبدگشایی، روده با دقت جداسازی شد و بعد از جدا کردن چربی‌های اطراف روده و شست‌وشوی آن با آب مقطر، به داخل فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. سپس با نسبت وزنی به حجمی ۱ به ۵ با کلرید سدیم ۰/۲ مولار مخلوط، و در حضور یخ عمل یکنواخت‌سازی با دستگاه همگن‌ساز (هموژنایزر) انجام شد. سوسپانسیون حاصل در سانتریفیوژ با دور ۵۰۰۰ در دقیقه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت و پس از پایان سانتریفیوژ مایع رویی جداسازی شد (مرشدی و همکاران، ۱۳۹۴) و مقادیر آنزیم‌های روده‌ای آمیلاز، لیپاز و پروتئاز اندازه‌گیری شدند (Xu et al. 2014).

تعداد ۳ ماهی از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و کالبدگشایی، و روده آنها جداسازی شد. در شرایط استریل، از محتویات روده رقت‌های مورد نظر تهیه و روی محیط کشت‌های TSA^1 (Merck, آلمان) برای شمارش تعداد

² De Man, Rogosa and Sharpe Agar

¹ Tryptic Soy Agar

شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت ($p < 0.05$) و سپس در تیمارهای ۶ و ۷ مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری در میزان بقای تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$).

و اسیدلاکتیک در جدول ۲ ارائه شده‌اند. مطابق جدول ۱، تفاوت معنی‌داری در همه شاخص‌های رشد بین تیمارها و گروه شاهد وجود داشت ($p < 0.05$). بیشترین میزان افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۵ مشاهده

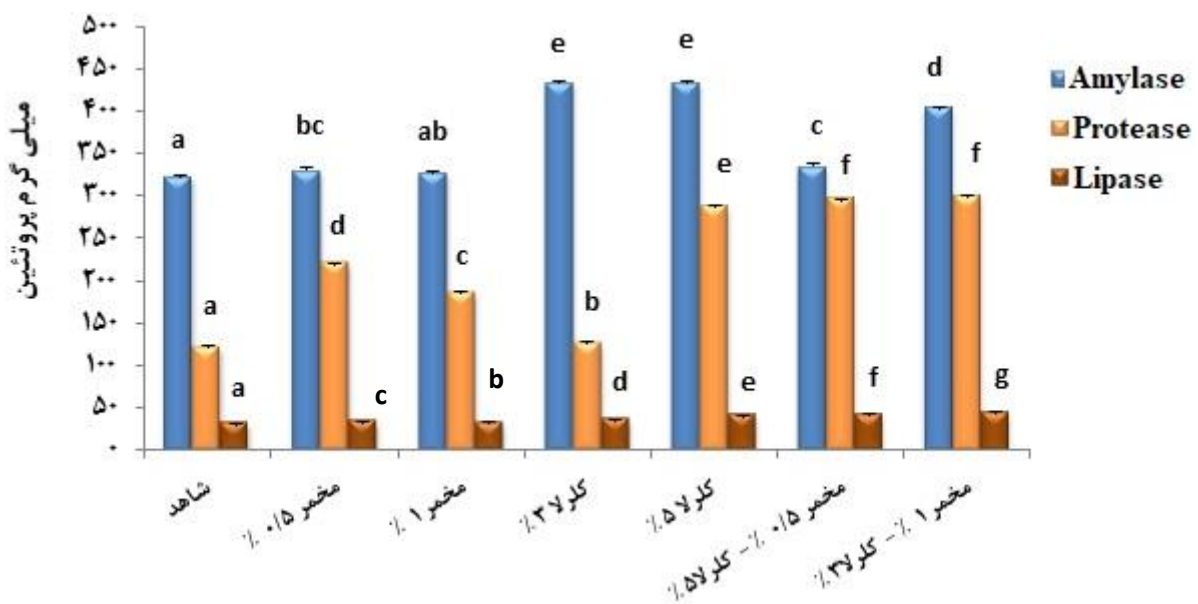
جدول ۱ میزان شاخص‌های رشد بچه‌ماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف کلرلا و مخمر پس از ۸ هفته.

شاخص \ تیمار	BWI (گرم)	PBWI (%)	ADG (گرم در روز)	SGR (% در روز)	FCR	SR (%)
۱	22/80 ± 0/69 ^a	92/81 ± 2/73 ^a	1/55 ± 0/04 ^a	1/09 ± 0/023 ^a	1/78 ± 0/053 ^d	91/67 ± 4/81 ^a
۲	25/63 ± 0/42 ^b	105/19 ± 1/23 ^b	1/75 ± 0/02 ^b	1/19 ± 0/01 ^b	1/57 ± 0/018 ^c	94/56 ± 2/72 ^a
۳	26/30 ± 0/72 ^{bc}	107/63 ± 2/36 ^b	1/79 ± 0/04 ^b	1/21 ± 0/019 ^b	1/53 ± 0/034 ^c	100 ± 0 ^a
۴	26/70 ± 0/26 ^{bc}	108/83 ± 0/96 ^{bc}	1/81 ± 0/02 ^{bc}	1/22 ± 0/008 ^{bc}	1/52 ± 0/014 ^{bc}	97/22 ± 2/78 ^a
۵	30/67 ± 0/95 ^d	124/48 ± 3/11 ^d	2/07 ± 0/05 ^d	1/34 ± 0/023 ^d	1/33 ± 0/033 ^a	100 ± 0 ^a
۶	27/97 ± 0/51 ^c	114/46 ± 1/91 ^c	1/91 ± 0/03 ^c	1/27 ± 0/014 ^c	1/44 ± 0/024 ^b	97/22 ± 2/78 ^a
۷	28/03 ± 0/57 ^c	114/57 ± 1/98 ^c	1/91 ± 0/03 ^c	1/27 ± 0/015 ^c	1/44 ± 0/025 ^b	94/44 ± 5/55 ^a

حروف لاتین غیرمشترک در ستون‌ها، نشان‌دهنده اختلاف بین تیمارهاست ($p < 0.05$).

باکتری‌های روده شد، به طوری که کمترین تعداد کل باکتری‌های روده و تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک در گروه شاهد مشاهده شد. بیشترین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک نیز در تیمارهای ۳، ۲ و ۶ مشاهده شد (جدول ۲).

بیشترین مقادیر آنزیم پروتئاز و لیپاز به ترتیب در تیمارهای ۷، ۶ و ۵ و بیشترین مقدار آنزیم آمیلاز در تیمارهای ۵، ۴ و ۷ مشاهده شد. کمترین میزان این آنزیم‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت ($p < 0.05$). همچنین، استفاده از مخمر و جلیک سبب افزایش معنی‌دار در تعداد کل



شکل ۱ مقادیر آنزیم‌های گوارشی در بچه‌ماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح مختلف کلرلا و مخمر پس از ۸ هفته.

جدول ۲ تعداد کل باکتری و باکتری‌های اسیدلاکتیک روده ماهی استرلیاد تغذیه شده با سطوح کلرلا و مخمر در ۸ هفته.

شاخص \ تیمار	تعداد کل باکتری (CFU)	تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک (CFU)
۱	۶/۰۳ ± ۰/۱۲ ^a	۲/۱۱ ± ۰/۰۰۶ ^a
۲	۶/۸۷ ± ۰/۰۶ ^b	۲/۳۷ ± ۰/۰۵۳ ^{cd}
۳	۶/۹۳ ± ۰/۱۵ ^{bc}	۲/۴۲ ± ۰/۰۳۲ ^d
۴	۶/۷۷ ± ۰/۱۲ ^b	۲/۱۶ ± ۰/۰۵ ^{ab}
۵	۶/۸۰ ± ۰/۱۰ ^b	۲/۱۱ ± ۰/۰۲۳ ^a
۶	۷/۱۰ ± ۰/۲۰ ^{bc}	۲/۵۶ ± ۰/۰۶۴ ^{bc}
۷	۷/۱۷ ± ۰/۱۲ ^c	۲/۱۷ ± ۰/۰۴ ^{ab}

حروف لاتین غیرمشترک در ستون‌ها، نشان‌دهنده اختلاف بین تیمارهاست ($p < 0.05$).

بحث

بهینه سازی رشد و تولید ماهی با کیفیت بالا از دغدغه های آبی پروران است، به طوری که همواره تلاش می شود تا جیره غذایی مناسبی که اثر مطلوبی بر رشد ماهی دارد، تهیه و استفاده شود. استفاده از انواع افزودنی ها همچون پروبیوتیک ها، پربیوتیک ها، ضداسکایس ها و غیره در غذای آبزیان از جمله اقداماتی است که برای رسیدن به مناسب ترین جیره های غذایی برای گونه های مختلف ماهی انجام می شود (Ringo et al. 2010; Adel et al. 2016).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که افزودن مخمر و ریزجلبک کلرلا به غذای بچه ماهی استرلیاد، چه به صورت ترکیبی (تیمارهای ۶ و ۷) و چه به صورت مجزا (تیمارهای ۲، ۳، ۴ و ۵)، اثر مثبت معنی داری بر بهبود عملکرد رشد و تغذیه این ماهی دارد، به طوری که همه شاخص های رشد و تغذیه در تیمارهای مختلف که از مخمر یا ریزجلبک و یا ترکیب این دو استفاده کرده بودند، تفاوت معنی دار با تیمار شاهد داشتند. به طور کلی، پایین تر بودن ضریب تبدیل غذایی همراه با افزایش سرعت رشد ویژه، نشان دهنده کاهش میزان مصرف غذا در ماهیان و صرفه اقتصادی بیشتر و مطلوب تر برای پرورش دهندگان است (پناهی صاحبی و همکاران، ۱۳۹۸). چنین شرایطی در ماهیان تیمار ۵ و پس از آن در ماهیان تغذیه شده با غذای حاوی ترکیب ریزجلبک کلرلا و مخمر (تیمارهای ۶ و ۷) مشاهده شد. از این رو، به نظر می رسد که تیمارهای ۵، ۶ و ۷ مقرون به صرفه ترین تیمارها برای بچه ماهیان استرلیاد بوده اند. بهبود ضریب تبدیل غذایی منجر به کاهش غذادهی و در نتیجه، کاهش هزینه های غذا می شود (حسن پور فتاحی و همکاران، ۱۳۹۳) و از آلودگی ثانویه

آب محیط پرورشی و کاهش فراسنجه های کیفی آب جلوگیری می کند (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۲). بهبود عملکرد رشد و افزایش معنی دار شاخص های رشد و تغذیه در پی افزودن ریزجلبک کلرلا به غذای صخره ماهی کره ای (*Sebastess chlegeli*) (Bai et al. 2001)، کاراس (*Carassius auratus gibelio*) (Xu et al. 2014)، تیلایپای نیل (Badwy et al. 2008)، کفشک ماهی ژاپنی (Kim et al. 2007) و کفال خاکستری (Akbari and Malek Raeisi, 2020) نیز گزارش شده است. همچنین، گزارش هایی از بهبود عملکرد رشد و افزایش معنی دار شاخص های رشد و تغذیه در اثر استفاده از مخمر در جیره غذایی فیل ماهی (Hosseinifar et al. 2011)، سیچلاید سه لکه (*Cichlasoma trimaculatum*) (Mohammadi et al. 2016)، کفال خاکستری (اکبری، ۱۳۹۸)، هیبرید ماهی باس راه (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) (Li and Gatlin, 2003) و تیلایپای نیل (Sutthi et al. 2018; Sutthi and Thaimuangphol, 2020; Abu-Elala et al. 2020) نیز ارائه شده است.

دلیل اثر مثبت استفاده از کلرلا بر عملکرد رشد و تغذیه بچه ماهی استرلیاد ممکن است به خاطر وجود ترکیبات مفیدی مانند انواع پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب ضروری، پلی ساکاریدها، انواع ویتامین ها، مواد معدنی، رنگدانه (Safi et al. 2014) و فاکتور رشد کلرلا (ترکیباتی که در رشد باکتری های لاکتیکی نقش داشته و سبب ارتقای رشد ماهی می شوند) (Yamaguchi, 1996) باشد. همچنین، وجود فیبر، جاذب های غذایی و ضداسکایس ها نیز نقش مؤثری در بهبود عملکرد رشد در ماهیان در اثر استفاده از این

شده است. همچنین، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی در پی استفاده از مخمر در جیره غذایی ماهیانی همچون فیل ماهی (حسن پور فتاحی و همکاران، ۱۳۹۳)، کفال خاکستری (اکبری، ۱۳۹۸) و بچه‌ماهیان کپور هندی روهو (*L. rohita*) (Bandyopadhyay et al. 2015) نیز گزارش شده است. به‌خصوص، با توجه به اینکه ثابت شده، فعالیت نسبتاً بالاتر آنزیم‌های گوارشی، بهبود عملکرد رشد را در پی دارد (Mohammadian et al. 2017). مشاهده عملکرد بهتر رشد در تیمارهای دریافت کننده مخمر و ریزجلبک کلرلا در مقایسه با گروه شاهد، دلیلی بر این ادعاست، خصوصاً این‌که بهترین عملکرد رشد در تیمارهایی مشاهده شد (تیمارهای ۵، ۶ و ۷) که بیشترین میزان ترشح آنزیم‌های گوارشی در آن‌ها رخ داده بود. افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی در پی استفاده از ریزجلبک کلرلا ممکن است به این علت باشد که افزودنی‌های مختلف با منشاء گیاهی بر ترشح آنزیم‌های گوارشی مؤثر هستند و عملکرد ماهی را با تحریک ترشحات روده‌ای و تولیدات آنزیمی آمیلاز، لیپاز و پروتئاز بهبود می‌بخشند. از این‌رو، با شرایطی که برای تولید بیشتر و سریع‌تر آنزیم‌های گوارشی ایجاد می‌کنند (Bai, 2016)، منجر به افزایش دسترسی به منابع غذایی برای ماهی می‌شوند (Citarasu, 2010). از طرفی اعتقاد بر این است که بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی در زمان به-کارگیری پروبیوتیک‌ها (مانند مخمر) در جیره غذایی آبزیان در بسیاری از موارد وابسته به تجمع و افزایش جمعیت باکتریایی مفید در دستگاه گوارش، فعالیت آنزیم‌های میکروبی، بهبود تعادل میکروبی روده، بهبود هضم و جذب غذا و اثر آنزیم‌های خارجی در گونه هدف است (Mohapatra et al. 2012). این ترشحات خارجی از آنجا که در محدوده وسیع‌تری از pH فعال بوده و عمر فعالیت بیشتری نسبت به آنزیم‌های داخلی دارند، می‌توانند هضم‌پذیری دستگاه گوارش را به‌طور چشم‌گیری افزایش داده و متعاقباً در بهبود رشد اثر معنادار داشته باشند (نجفی انفرادی و همکاران، ۱۳۹۸). از طرفی، مخمر افزوده شده به غذا می‌تواند به روده ماهی بچسبد و سبب بهبود ترشح آنزیم آمیلاز شود (Mohammadian et al. 2017).

میکروبیوتای ماهیان شامل مجموعه‌ای از باکتری‌هاست که نقش مهمی در هضم غذا و کنترل بیماری‌ها بر عهده دارند

ریزجلبک دارند (Nakagawa, 1997; Khani et al. 2017). مخمر نانوبی نیز ماهیتی پروبیوتیکی دارد که با تولید ویتامین‌ها، تجزیه ذرات غیرقابل هضم و ترکیبات مسمومیت‌زدا، منجر به تحریک اشتها، بهبود هضم مواد غذایی و بهبود وضعیت تغذیه در ماهی می‌شود (Wache et al. 2006). همچنین مشخص شده است که پلی‌آمین‌های مترشحه از مخمر، منجر به افزایش توان ماهی در برابر استرس‌های محیطی می‌شود و به بهبود رشد و وضعیت سلامت ماهیان کمک می‌کند (Tovar-Ramirez et al. 2010). در واقع، توانایی مخمر در ترشح پلی‌آمین‌هایی همچون پوترسین و اسپرمیدین که به عنوان عوامل رشد ضروری (Buts et al. 1994) عمل می‌کنند، تأثیر به‌سزایی در بهبود عملکرد رشد این ماهی داشته است. پلی‌آمین‌ها نقشی کلیدی در تکثیر، رشد سریع و ترمیم بافت‌ها دارند (Taoka et al. 2006). در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری در میزان بازماندگی بچه‌ماهیان استرلیاد در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. بازماندگی از جمله شاخص‌های مهم در ارزی‌پروری است و ممکن است تحت تأثیر غذا و محدودیت‌های غذایی قرار گیرد. به‌نظر می‌رسد که مخمر و کلرلا مصرف شده تأثیری بر بازماندگی بچه‌ماهیان استرلیاد نداشته است.

بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی روشی معتبر است که به‌عنوان شاخص فرایند هضم و شرایط تغذیه‌ای ماهی به‌کار می‌رود (Abolfathi et al. 2012). در تحقیق حاضر، مشخص شد که آنزیم‌های گوارشی پروتئاز، لیپاز و آمیلاز در اثر افزودن جلبک کلرلا و مخمر در بچه‌ماهی استرلیاد، در همه تیمارها به‌طور معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد افزایش می‌یابد. از طرفی، بیشترین میزان آنزیم‌های گوارشی فقط در یک تیمار مشخص مشاهده نشد و ماهیان تیمارهای دریافت کننده ۵٪ کلرلا (۵) و ترکیبی از کلرلا و مخمر (۶ و ۷) بیشترین میزان ترشح آنزیم‌های گوارشی را نشان دادند. نتایج مشابهی در دیگر تحقیقات نیز گزارش شده است، به‌طوری‌که استفاده از کلرلا سبب افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی همچون آمیلاز، لیپاز و پروتئاز در روده کاراس (Xu et al. 2014)، ماهی کوی (Khani et al. 2017)، کفال خاکستری (Akbari and Malek Raeisi, 2020) و میگوی بزرگ آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) (Radhakrishnan et al. 2015) نیز

کربوهیدرات‌ها می‌شوند و آن‌ها را به واحدهای سازنده‌شان تبدیل می‌کنند. در نتیجه، کارایی تغذیه و رشد بهتری را در آبزیان موجب می‌شوند (Bairagi et al. 2002). مصرف ریزجلبک کلرلا تا حدی موجب تحریک رشد میکروبهای مفید در لوله گوارش و تولید هورمون‌های درون‌ریز می‌شود و وضعیت فیزیولوژیک ماهی را بهبود می‌بخشد (Radhakrishnan et al. 2016). در تحقیق حاضر به‌طور واضح مشخص شد که ریزجلبک کلرلا و مخمر نانوائی اثر مثبتی بر بهبود عملکرد رشد بچه‌ماهی استرلیاد دارند. خصوصاً استفاده از ۰.۵٪ ریزجلبک، یا ترکیب مخمر و ریزجلبک (۰.۵٪ ریزجلبک با ۰.۰۱۵٪ مخمر و یا ۰.۳٪ ریزجلبک با ۰.۱٪ مخمر) بهترین عملکرد را در بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد دستگاه گوارشی داشته است. از این‌رو، می‌توان عملکرد مناسب رشد و تغذیه ماهیان را به افزایش میزان اشتها به دلیل تحریک دستگاه گوارش، افزایش جمعیت ریزموجودات مفید، بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی و تعادل میکروبی روده و جذب بهتر موادغذایی مرتبط دانست. با توجه به توسعه صنعت پرورش ماهیان خاوباری در ایران طی سالیان اخیر و نیز اهمیت تغذیه در آبی‌پروری، برای افزایش تولید و توجیه اقتصادی و کاهش هزینه‌ها در پرورش، استفاده از جیره غذایی حاوی کلرلا و مخمر در سطوح مذکور پیشنهاد می‌شود.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

اکبری، پ. ۱۳۹۸. عملکرد رشد، ترکیبات شیمیایی بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) تغذیه شده با سطوح مختلف مخمر نانوائی (*Saccharomyces cerevisiae*). مجله علمی شیلات ایران ۲۸: ۱۱-۱.

پناهی صاحبی، ح. اسماعیلی فریدونی، ا. ایمان پور، م. طاهری میرقاند، ع. براری، ع. کاویان پور، م. ۱۳۹۸. اثرات گنجاندن سطوح مختلف پربیوتیک ایمنووال و پروبیوتیک پری مالاک بر شاخص‌های رشد، بازماندگی، ترکیب بدن و فاکتورهای خونی بچه ماهی

و نقشی مهم در سلامت و رشد موجودات آبی ایفا می‌کنند (Vine et al. 2004). در تحقیق حاضر، افزودن ریزجلبک کلرلا و مخمر تأثیر مثبت معنی‌داری بر افزایش تعداد باکتری‌های کل روده و تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک روده داشتند، به‌طوری که کمترین تعداد این باکتری‌ها در گروه شاهد مشاهده شد. مشابه با نتایج تحقیق حاضر، در تحقیقی دیگر، افزودن مخمر به جیره غذایی فیل‌ماهی جوان، هرچند افزایش معنی‌داری در تعداد کل باکتری‌های روده در پی نداشت، اما تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک روده در تیمارهای دریافت‌کننده غذای حاوی ۰.۲٪ مخمر به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Hosseinifar et al. 2011). همچنین، استفاده از ۱۰٪ جلبک کلرلا در غذای ماهی کپور معمولی نیز سبب افزایش تعداد کل باکتری‌های دستگاه گوارش در روده این ماهی شد (Abdolrahman et al. 2020). عملکرد مناسب رشد در ماهیان دارای فلور میکروبی مطلوب، ناشی از ازدیاد باکتری‌های مفید روده است که افزایش ترشح آنزیم‌های خارج سلولی مانند آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در روده و در نتیجه، افزایش قابلیت هضم‌پذیری کربوهیدرات‌ها، پروتئین و چربی و بهبود عملکرد رشد را در ماهی در پی دارد (Bairagi et al. 2002). به نظر می‌رسد که مخمر تأثیر بیشتری بر افزایش باکتری‌های اسیدلاکتیک داشته است، به‌طوری که تفاوت معنی‌داری در میزان تعداد باکتری‌های اسیدلاکتیک تیمارهای دریافت‌کننده مخمر (۲ و ۳) در مقایسه با تیمارهای دریافت‌کننده ریزجلبک کلرلا (۴ و ۵) مشاهده شد. در واقع، مخمر منبع غنی از آنزیم‌ها، نوکلئوتیدهای آزاد، ویتامین‌های گروه B و اسیدهای آمینه است و می‌تواند نیازهای غذایی باکتری‌های اسیدلاکتیک را فراهم آورد و سبب رشد و افزایش آن‌ها شود (Ringo and Gatesoupe, 1998). در تحقیق حاضر، استفاده از ریزجلبک و مخمر (خصوصاً مخمر) سبب ازدیاد باکتری‌های مفید روده شد که در نتیجه آن، فعالیت آنزیم‌های گوارشی آمیلاز، پروتئاز و لیپاز در دستگاه گوارش افزایش یافت (Lee and Lee, 1990). این باکتری‌ها به دلیل ترشح آنزیم‌های خارج سلولی (مانند آمیلاز، پروتئاز و لیپاز) نقش بسیار مهمی در افزایش فعالیت ویژه این آنزیم‌ها در روده ماهیان دارند. از این‌رو، سبب افزایش قابلیت هضم‌پذیری پروتئین، چربی و

مرشدی، و، آق، ن، مرمضی، ج، نوری، ف، محمدیان، ت. ۱۳۹۴. بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی، ترکیب بیوشیمیایی لاشه و فلور باکتریایی روده بچه ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) در پاسخ به سطوح مختلف زایلواولیگوساکارید جیره. فیزیولوژی و تکوین جانوری ۳۱: ۳۷-۴۷.

نجفی انفرادی، م، محمدی زاده، ف، سلطانی، م، بحری، ا، شیخ‌زاده، ن. ۱۳۹۸. بررسی اثر لاکتوباسیلوس پلانتاروم و مانان الیگوساکارید بر رشد و برخی فاکتورهای گوارشی ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). فیزیولوژی و تکوین جانوری ۱۳: ۸۳-۶۹.

یارمحمدی، م، پورکاظمی، م، قاسمی، ا، حسن زاده صابر، م، نوروزفشخامی، م، برادران نویری، ش. ۱۳۹۰. بررسی تعیین مارکر جنسیت در تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با استفاده از نشانگر مولکولی AFLP. زیست شناسی ایران ۲۴: ۹۴۳-۹۳۵.

کپور معمولی دریایی (*Cyprinus carpio*). تحقیقات دامپزشکی ۷۴: ۴۵-۵۳. فلاحتکار، ب، سلطانی، م، ابطحی، ب، کلباسی، م، پورکاظمی، م. ۱۳۸۲. تاثیر ویتامین C بر برخی پارامترهای رشد، نرخ بازماندگی و شاخص کبدی در فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی. پژوهش و سازندگی در دام و آبزیان ۷۲: ۹۸-۱۰۳. فلاحتکار، ب، ۱۳۸۶. ساخت اسید اسکوربیک در سه گونه از ماهیان خاوباری (*Acipenseriformes*) و نقش آن در پارامترهای کمی رشد. زیست شناسی ایران ۲۰: ۱۲۸-۱۳۷.

کوچکی، ل، ذاکری، م، موسوی، س، م، یآوری، و، کوچنین، پ. ۱۳۹۴. تأثیرات دفعات غذایی در شاخص‌های رشد، تغذیه و ترکیبات بیوشیمیایی ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*). نشریه شیلات ۶۸: ۶۱۵-۶۲۹. محمدنژاد شמושکی، م، مازینی، م. ۱۳۹۱. اثر پروبیوتیک مخمر نانوائی (*Saccharomyces cerevisiae*) روی رشد و بازماندگی بچه‌ماهی کلمه (*Rutilus rutilus caspicus*). توسعه آبی‌پروری ۶: ۱۱۱-۱۰۳.

Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R. Zamani, A. 2012. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in juvenile roach, *Rutilus rutilus caspicus*. Comparative Biochemistry and Physiology A: Molecular Integrative Physiology 161: 166-173.

Abu-Elala, N.M., Younis, N.A., Abubakr, H.O., Ragaa, N.M., Borges, L.L., Bonato, M.A. 2018. Efficacy of dietary yeast cell wall supplementation on the nutrition and immune response of Nile tilapia. The Egyptian Journal of Aquatic Research 44: 333-341.

Abu-Elala, N.M., Younis, N.A., Abubakr, H., Ragaa, N.M., Borges, L.L., Bonato, M.A. 2020. Influence of dietary fermented *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, oxidative stress parameters, and immune response of cultured *Oreochromis niloticus*. Fish Physiology and Biochemistry 46: 533-545.

Adel, M., El-sayed, A., Yeganeh, S., Dadar, M. 2016. Effect of Potential Probiotic *Lactococcus lactis* Subsp. *lactis* on Growth Performance, Intestinal Microbiota, Digestive Enzyme Activities, and Disease Resistance of *Litopenaeus vannamei*. Probiotics and Antimicrobial Proteins 9: 150-156.

Akbary, P., Malek Raeisi, E. 2020. Effect of dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* on several physiological parameters of grey mullet, *Mugil cephalus*. Iranian Journal of Fisheries Sciences 19: 1130-1139.

AOAC. 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. Arlington, Virginia, USA. 1298 p.

Badwy, T.M., Ibrahim, E.M., Zeinhom, M. 2008. Partial replacement of fish meal with dried microalgae (*Chlorella* spp. and *Scenedesmus* spp.) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. 8th International Symposium on Tilapia in

- Aquaculture. October 12-14, Cairo, Egypt.
- Bai, S.C., Koo, J.W., Kim, K.W., Kim, S.K. 2001. Effects of *Chlorella* powder as a feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegelii* (Hilgendorf). *Aquaculture Research* 32: 92-98.
- Bai, S.D. 2016. Effect of dietary supplementary feed of spirulina on digestive enzymes in fingerlings of common carp (*Cyprinus carpio*, L. 1758). *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research* 3: 421-426.
- Bairagi, A., Sarkar Ghosh, K., Sen, S.K., Ray, A.K. 2002. Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. *Aquaculture* 10:109-121.
- Bandyopadhyay, P., Mishra, S., Sarkar, B., Swain, S.K., Pal, A., Tripathy, P.P., Ojha, S.K. 2015. Dietary *Saccharomyces cerevisiae* boosts growth and immunity of IMC *Labeo rohita* (Ham.) juveniles. *Indian Journal of Microbiology* 55:81-87.
- Buts, J.P., De Keyser, N., De Raedemaeker, L. 1994. *Saccharomyces boulardii* enhances rat intestinal enzyme expression by endo luminal release of polyamines. *Pediatric Research* 36: 522-527.
- Cerezuela, R., Cuesta, A., Meseguer, J., Esteban, A. 2008. Effect of inulin on gilthead seabream (*Sparus aurata*) innate immune parameters. *Fish & shellfish Immunology* 24: 663-668.
- Chebanov, M.S., Galich, E.V. 2011. Sturgeon hatchery manual. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 558. 303 p.
- Citarasu, T. 2010. Herbal biomedicines a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*. 18: 403-414.
- Hosseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Merrifield, D.L. 2011. The effects of dietary inactive brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture* 318: 90-94.
- Khani, M., Soltani, M., Shamsaie Mehrjan, M., Foroudi, F., Ghaeni, M. 2017. The effects of *Chlorella vulgaris* supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (*Cyprinus carpio*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 16: 832-843.
- Kim, K.W., Bai, S.C., Koo, J.W., Wang, X., Kim, A.K. 2007. Effects of dietary *Chlorella ellipsoidea* supplementation on growth, blood characteristics, and whole-body composition in juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 33: 425-431.
- Lee, S.Y., Lee, B.H. 1990. Esterlytic and lipolytic activities of *Lactobacillus casei* subsp. *casei* L129. *Food Science* 55: 1-19.
- Li, P., Gatlin III, D.M. 2003. Evaluation of brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a feed supplement for hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture* 219: 681-692.
- Mahious, A.S., Gatesoupe, F.J. Hervi, M., Metailler. M.R., Ollevier. F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture International* 14: 219-229.
- Merrifield, D.L., Bradley, G., Harper, G.M., Baker, R.T.M., Munn, C.B., Davies, S.J. 2011. Assessment of the effects of vegetative and lyophilized *Pediococcus acidilactici* on growth, feed utilization, intestinal colonization and health parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Nutrition* 17: 73-79.
- Mohammadi, F., Mousavi, S.M., Zakeri, M., Ahmadmoradi, E. 2016. Effect of dietary probiotic, *Saccharomyces*

- cerevisiae* on growth performance, survival rate and body biochemical composition of three spot cichlid (*Cichlasoma trimaculatum*). *AAFL Bioflux* 9: 451-457.
- Mohammadian, T., Alishahi, M., Tabandeh, M.R., Ghorbanpoor, M., Gharibi, D. 2017. Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on growth performance, gut microbial flora and digestive enzymes activities in *Tor grypus* (Karaman, 1971). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 16: 296-317.
- Mohammadiazarm, H., Sang-Min, L. 2014. Evaluating growth performance, amino acid profile and biochemical changes in juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* under partial feeding with fermented soybean meal. *Journal of Persian Gulf* 5: 65-76.
- Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., DeBoeck, G., Mohanata, K.N. 2012. Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97: 405-430.
- Nakagawa, H. 1997. Effect of dietary algae on improvement of lipid metabolism in fish. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 51: 345-348.
- Radhakrishnan, S., Bhavan, S., Seenivasan, C., Muralisankar, T. 2015. Effect of dietary replacement of fishmeal with *Chlorella vulgaris* on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 7: 62-70.
- Radhakrishnan, S., Ibrahim, E.H., Belal, C., Seenivasan, T., Muralisankar, P., Bhavan, B. 2016. Impact of fishmeal replacement with *Arthrospira platensis* on growth performance, body composition and digestive enzyme activities of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Reports* 3: 35-44.
- Ringo, E., Gatesoup F.J. 1998. Lactic acid bacteria in fish: A review. *Aquaculture* 160: 177-203.
- Ringo, E., Olsen, R.E., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G., Bakke, A.M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition* 16: 117-136.
- Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P., Vaca-Garsia, C. 2014. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35: 265-278.
- Sutthi, N., Thaimuangphol, W. 2020. Effects of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance, body composition and blood chemical of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different salinity conditions. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19: 1428-1446.
- Sutthi, N., Wigraiboon, S. and Supakankul, P. 2018. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplements on growth performance and blood chemical profiles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different stocking density. *Urapha Science Journal* 23: 649-668.
- Tidwell, J.H., Allan, G.L. 2001. Fish as food: aquaculture's contribution. *EMBO Reports* 2: 958-963.
- Tovar-Ramírez, D., Mazurais, D., Gatesoupe, J.F., Quazuguel, P., Cahu, C.L. and Zambonino-Infante, J.L. 2010. Dietary probiotic live yeast modulates antioxidant enzyme activities and gene expression of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture* 300: 142-147.
- Vine, N., Leukes, W., Kaiser, H., Daya, S., Baxter, J., Hecht, T. 2004. Competition for attachment of aquaculture candidate probiotic and pathogenic bacteria on fish intestinal mucus. *Journal of Fish Diseases* 27: 319-326.
- Waché, Y., Auffray, F., Gatesoupe, F.J., Zambonino, J., Gayet, V., Labbé, L., Quentel, C. 2006. Cross effects of the

- strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, and fry. *Aquaculture* 258: 470-478.
- Xu, W., Gao, Zh., Qi, Zh., Qiu, M., Peng, J., Shao, R. 2014. Effect of dietary *Chlorella* on the growth performance and physiological parameters of Gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 53-57.
- Yamaguchi, K. 1996. Recent advances in microalgal bio science in Japan, with special reference to utilization of biomass and metabolites: a review. *Journal of Applied Phycology* 8: 487-502.
- Ziółkowska, E., Bogucka, J., Dankowiakowska, A., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Stanek, M. 2020. Effects of a trans-galactooligosaccharide on biochemical blood parameters and intestine morphometric parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Animals* 10: 723.