



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 3, 2021, pages: 37-47



Effect of dietary supplementation of sodium butyrate on growth performance, survival rate and carcass composition of beluga, *Huso huso*

Hossein Panahi¹, Hossein Ouraji^{1*}, Farid Firuzbakhsh¹, Maryam Ghiyasi²

1- Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Sari, Mazandaran, Iran

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

Received 18 April 2021

Revised 05 September 2021

Accepted 19 September 2021

KEYWORDS

Beluga

Sodium butyrate

Growth

Carcass composition

Survival

ABSTRACT

In the present study, the effects of sodium butyrate as a dietary supplement on growth performance, survival rate and carcass composition of beluga, *Huso huso* were evaluated. After acclimatizing to the rearing conditions feeding with the basal diet for a week, five experimental diets containing 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5% (T_0 , $T_{0.1}$, $T_{0.2}$, $T_{0.3}$, $T_{0.4}$ and $T_{0.5}$) sodium butyrate were examined on 360 juvenile beluga (average weight 15 ± 0.59 g) for 8 weeks. The studied fish were randomly transferred to 18 experimental 3200-L tanks and a dewatering volume of 1000 L (20 fish per tank). At the end of the trial, growth indices (final weight, weight gain, weight gain percentage, condition factor, specific growth rate, protein efficiency ratio), survival rate (%) and carcass composition were measured. The results showed that sodium butyrate supplementation influenced the growth performance, survival rate and carcass composition of the examined fish. The best growth performance and survival rate were observed in $T_{0.3}$ ($p < 0.05$). In addition, feed conversion ratio and feed efficiency in $T_{0.3}$ were significantly better than the control group ($p < 0.05$). Carcass protein of fish in $T_{0.3}$ was significantly higher, while carcass fat was significantly lower than the control group ($p < 0.05$). Overall, this study showed that 0.3% sodium butyrate supplement in the diet can enhance the growth performance, survival rate and carcass composition in juvenile beluga.

*Corresponding author: hoseinoraji@yahoo.com



"مقاله پژوهشی"

تأثیر مکمل غذایی بوتیرات سدیم بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه فیل ماهی (*Huso huso*)

حسین پناهی^۱، حسین اورجی^{۱*}، فرید فیروزبخش^۱، مریم قیاسی^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، مازندران
۲- بخش بهداشت و بیماری‌های آبریان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، مازندران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

کلمات کلیدی

چکیده

در مطالعه حاضر، اثر بوتیرات سدیم به‌عنوان مکمل غذایی بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه فیل ماهی (*Huso huso*) ارزیابی شد. تعداد ۳۶۰ قطعه فیل ماهیان جوان (15 ± 0.59 گرم) پس از یک هفته سازگاری با شرایط پرورشی و تغذیه با جیره پایه، با پنج جیره آزمایشی حاوی صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد بوتیرات سدیم ($T_0, T_{0.1}, T_{0.2}, T_{0.3}, T_{0.4}, T_{0.5}$) برای ۸ هفته تغذیه شدند. فیل ماهیان مورد مطالعه به‌طور تصادفی به ۱۸ حوضچه آزمایشی به حجم ۳۲۰۰ لیتر و حجم آبیگری ۱۰۰۰ لیتر انتقال داده شدند (هر حوضچه ۲۰ قطعه ماهی). در انتهای دوره، عملکرد رشد (وزن نهایی، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، شاخص وضعیت، نرخ رشد ویژه، ضریب کارایی پروتئین)، درصد بقا و ترکیب لاشه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که مکمل بوتیرات سدیم بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه ماهیان مورد آزمایش تأثیر گذاشت و بهترین عملکرد رشد و درصد بقا مربوط تیمار $T_{0.3}$ بود ($p < 0.05$). همچنین، مقادیر ضریب تبدیل غذایی و کارایی غذا در تیمار $T_{0.3}$ در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌دار بهتر بود ($p < 0.05$). پروتئین لاشه تیمار $T_{0.3}$ نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌دار بالاتر و چربی لاشه به‌طور معنی‌دار کمتر بود ($p < 0.05$). در مجموع، این مطالعه نشان داد که مکمل بوتیرات سدیم به میزان ۰/۳ درصد در جیره غذایی می‌تواند به بهبود عملکرد رشد و بقا و ترکیب لاشه فیل ماهیان جوان کمک کند.

مقدمه

صنعت آبی پروری یکی از سریع‌الرشدترین بخش‌های تولید غذا در جهان است و انتظار می‌رود در آینده قابل پیش‌بینی به این رشد خود ادامه دهد (Boyd et al. 2020). رشد سریع آبی پروری نوین ناشی از عوامل مختلفی است که از میان آنها می‌توان به استفاده روزافزون از خوراک فرموله‌شده و روش‌های متراکم پرورشی اشاره کرد. در نتیجه، متراکم شدن روند پرورش، یکی از محدودکننده‌ترین عوامل در بخش آبی پروری شیوع بیماری‌هاست (Bondad-Reantaso et al. 2005). برای پیشگیری و یا کنترل بیماری‌های عفونی ناشی از عوامل بیماری‌زای باکتریایی و به دنبال کشف ویژگی تقویت‌کنندگی رشد و قابلیت مبارزه با بیماری توسط آنتی‌بیوتیک‌ها، از مقادیر زیادی آنتی‌بیوتیک در صنعت آبی پروری استفاده شده است (Serrano, 2005). آنتی‌بیوتیک‌ها به‌طور گسترده و ارزان در آبی پروری برای کنترل و مدیریت عفونت‌های باکتریایی استفاده می‌شوند. با وجود این، کاربرد زیاد آنها با خطراتی از قبیل سرکوب ایمنی ماهیان، آلودگی زیست محیطی و انباشت باقیمانده‌های خطرناک در عضلات ماهیان مرتبط است (Dawood et al. 2019). تولید ترکیبات غیرآنتی‌بیوتیکی مؤثر به‌عنوان جایگزینی برای استفاده پیشگیرانه از آنتی‌بیوتیک‌ها، به منظور کنترل بیماری‌های عفونی و افزایش عملکرد رشد و توسعه پایدار و مداوم صنعت آبی پروری جهانی از اهمیت بالاتری برخوردار شده است.

از سوی دیگر، رشد ماهیان کاملاً وابسته به تغذیه است و جیره‌های غذایی با کیفیت بالا در ضمن حفظ سلامت ماهیان، به رشد بهتر آنها و کاهش هزینه‌های تولید کمک می‌کند. افزایش نرخ رشد باعث کوتاهی زمان تولید و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولیدی و کاهش خطرهای احتمالی مربوط به نگهداری و پرورش ماهیان، از جمله بیماری و شرایط محیطی نامساعد می‌شود (Cook et al. 2000).

اسیدهای آلی با زنجیره کوتاه (C1-C7) و نمک‌ها یا مخلوط آنها، که معمولاً به عنوان اسیدیفایرها شناخته می‌شوند، گزینه‌های امیدوارکننده به عنوان جایگزین

تقویت‌کننده‌های رشد آنتی‌بیوتیکی^۱ (AGP) هستند و مورد توجه روزافزون محققان آبی پروری قرار گرفته‌اند (Ng and Koh, 2017).

بوتیرات در بین اسیدهای چرب کوتاه زنجیره به عنوان یک اسید آلی (اسید بوتیریک) اهمیت زیاد دارد. این ماده ۷۰٪ انرژی مورد نیاز سلول‌های دیواره روده را تأمین می‌کند (Roediger, 1980) و در دستگاه گوارش به عنوان محصول نهایی تخمیر کربوهیدرات‌ها توسط باکتری‌های بی‌هوازی وجود دارد (Liu et al. 2017). بوتیرات سدیم ماده جامد، پایدار و با بوی خیلی کم است (Kotunia et al. 2004) و به دلیل توانایی در مهار مرگ سلول (آپوپتوزیس) پوششی (Mentschel and Claus, 2002)، تأثیر بر رشد و تمایز سلول‌های پوششی و افزایش تکثیر کریپت‌های روده‌ای (Friedel and Levine, 1992) مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، این اعتقاد وجود دارد که بوتیرات سدیم منبع انرژی برای سلول‌های پوششی روده است (Liu et al. 2017). علاوه بر این، بوتیرات سدیم خوراکی باعث بهبود نسبی رشد و هم‌زمان کاهش ضریب تبدیل غذایی (Owen et al. 2006)، افزایش ظرفیت ضداکسایشی و توان جذب روده‌ای (Liu et al. 2017) در ماهیان شده است.

فیل ماهی به عنوان یکی از گونه‌های تجاری مهم در حوضه آبریز دریای خزر، در سال‌های اخیر یکی از گزینه‌های اصلی آبی پروری بوده و به پرورش ماهیان خاویاری در سطح ملی و بین‌المللی از نظر تولید گوشت و خاویار توجه شده است. با توجه به توسعه صنعت پرورش ماهیان خاویاری در کشور، هر نوع تلاش که به بهبود عملکرد رشد این ماهیان، از جمله استفاده از مکمل‌های غذایی منجر شود، می‌تواند به پیشرفت این صنعت مهم کمک کند.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهیان و شرایط پرورش

این پژوهش در شرکت تعاونی ماهیان خاویاری قره برون واقع در روستای حسین آباد شهرستان ساری و طی ۸ هفته انجام شد. به این منظور، تعداد ۳۶۰ عدد فیل ماهی (*Huso huso*) جوان حاصل از مولدین پرورشی تکثیرشده در همان مرکز با میانگین وزنی 0.15 ± 0.056 گرم تهیه شدند

¹antibiotic growth promotants

خوراک اسلامی) تغذیه شدند. سنجش ترکیب خوراک توسط شرکت آزمون سلامت البرز و طبق استاندارد AOAC (۲۰۰۵) انجام شد (جدول ۱).

و به حوضچه‌های گرد انتقال یافتند. برای سازگاری ماهیان برای یک هفته در شرایط آزمایش نگهداری و با غذای گروه شاهد (بدون بوتیرات سدیم از غذای کنسانتره کارخانه

جدول ۱ آنالیز ترکیب خوراک.

ترکیب	درصد جیره
پروتئین	۵۲
چربی	۱۲
خاکستر	۱۲
رطوبت	۱۰

(Liu et al. 2017). برای تهیه این جیره‌ها پس از محاسبه میزان بوتیرات سدیم مورد نیاز، این مواد پس از انحلال در کلروفرم به روش افشانه‌کردن به جیره غذایی اضافه شد (Najdegerami et al. 2012). ماهیان روزانه ۶ بار در حد سیری با جیره‌های آماده‌شده به مدت ۸ هفته تغذیه شدند.

شاخص‌های رشد

برای تعیین شاخص‌های رشد ماهیان طی مدت آزمایش، عملیات زیست‌سنجی هر دو هفته یکبار و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و متر با دقت یک میلی‌متر انجام، و در پایان دوره این شاخص‌ها براساس فرمول‌های زیر محاسبه شد (Luo et al. 2010; Liu et al. 2017):

پس از این مدت، ماهیان به‌طور تصادفی به ۱۸ حوضچه آزمایشی به حجم ۳۲۰۰ لیتر و حجم آگیری ۱۰۰۰ لیتر انتقال داده شدند (هر حوضچه ۲۰ عدد ماهی). فراسنجه-های فیزیکی و شیمیایی آب شامل دما، اکسیژن و pH روزانه اندازه‌گیری و ثبت شد. مدفوع و مواد باقیمانده دیگر هر روز صبح از حوضچه‌ها خارج و آب نیز قبل از غذای به میزان ۵۰٪ تعویض شد. این آزمایش در شرایط نوری طبیعی و در سالن سر بسته انجام شد.

آماده‌سازی جیره‌های غذایی

در این مطالعه بوتیرات سدیم در ۶ سطح صفر، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به ازای هر کیلوگرم جیره‌های غذایی افزوده و سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد (Najdegerami et al. 2012; Ali et al. 2018;)

وزن اولیه ماهی (گرم) - وزن نهایی ماهی (گرم) = افزایش وزن بدن (WG^1)
 $100 \times \frac{\text{وزن اولیه ماهی (گرم)}}{\text{وزن اولیه ماهی (گرم) - وزن نهایی ماهی (گرم)}} = \text{درصد افزایش وزن بدن } (BWI^2, \%)$
 $100 \times \frac{\text{طول دوره آزمایش (روز)}}{\text{وزن اولیه (گرم) - Ln (وزن نهایی (گرم))}} = \text{نرخ رشد ویژه } (SGR^3, \%) \text{ در روز}$
 $\text{میزان افزایش وزن (گرم) / مقدار غذای مصرفی (گرم)} = \text{ضریب تبدیل غذایی } (FCR^4)$
 $\text{مقدار غذای مصرفی (گرم) / میزان افزایش وزن (گرم)} = \text{ضریب کارایی غذا } (FER^5)$
 $\text{پروتئین مصرف‌شده (گرم) / میزان افزایش وزن (گرم)} = \text{نرخ بازده پروتئین } (PER^6)$
 $100 \times \frac{\text{طول کل (میانگین وزن نهایی)}}{\text{شاخص وضعیت یا ضریب چاقی } (CF^7)}$
 $100 \times \frac{\text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره}}{\text{تعداد ماهیان در انتهای دوره}} = \text{نرخ بقا } (SR^8, \%)$

⁵ feed efficiency ratio

⁶ protein efficiency ratio

⁷ condition factor

⁸ survival rate

¹ weight gain

² body weight increase

³ specific growth rate

⁴ feed conversion ratio

کولموگروف-اسمیرنوف بررسی و داده‌های حاصل با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) با نرم‌افزار SPSS-21 بررسی شد. برای مقایسه میانگین تیمارها، از آزمون دانکن با سطح اطمینان ۰/۹۵ درصد استفاده شد.

نتایج

کیفیت آب

در این مطالعه دمای آب به‌طور میانگین 1 ± 19 درجه سانتی‌گراد بود. مقدار اکسیژن محلول ثبت‌شده در طی دوره آزمایش $0.5 \pm 8/5$ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد. مقدار pH آب نیز $0.4 \pm 7/5$ ثبت شد. غلظت‌های آمونیاک، نیتريت و نیترات نیز به ترتیب $0.03 \pm 0/01$ ، صفر و $0.5 \pm 0/5$ میلی‌گرم در لیتر بود.

عملکرد رشد

نتایج عملکرد رشد فیل‌ماهیان مورد مطالعه در جدول خلاصه ۲ شده است.

۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی به ماهیان قطع و برای کاهش استرس از پودر گل میخک به به میزان ppm ۳۰۰ استفاده شد (Falahatkar et al. 2009).

سنجش ترکیب لاشه

در پایان دوره از هر تکرار تعداد ۳ عدد ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب و برای تعیین سطوح پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت، سنجش ترکیب لاشه انجام شد. به این منظور، برای تعیین میزان پروتئین لاشه از روش کلدال (AOAC, 2005) و برای ارزیابی میزان چربی از روش سوکسله (AOAC, 2005; Suvanich et al. 2000) استفاده شد. برای تعیین خاکستر لاشه از کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت استفاده شد (AOAC, 2005). مقدار رطوبت لاشه نیز با دستگاه آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. در ابتدا همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون

جدول ۲ میانگین شاخص‌های عملکرد رشد و نرخ بقای فیل ماهیان جوان پرورشی در تیمارهای مختلف (میانگین \pm خطای استاندارد).

حیره‌های آزمایشی						شاخص
٪۰/۱۵	٪۰/۴	٪۰/۳	٪۰/۲	٪۰/۱	شاهد (صفر ٪)	
۱۴/۳ \pm ۱/۲ ^a	۱۵/۳ \pm ۱/۶ ^a	۱۵/۲ \pm ۱/۱ ^a	۱۵/۶ \pm ۲/۳ ^a	۱۵/۴ \pm ۱/۸ ^a	۱۴/۲ \pm ۱/۲۵ ^a	وزن اولیه (گرم)
۱۵۴/۴ \pm ۳۲/۳ ^b	۱۶۳/۸۹ \pm ۲۶/۸۷ ^a	۱۶۹/۴۴ \pm ۳۶/۳۷ ^a	۱۳۹/۴۴ \pm ۲۵/۳۱ ^c	۱۳۱/۶۷ \pm ۲۵/۳۲ ^c	۱۲۲/۲۲ \pm ۲۶/۳۶ ^c	وزن نهایی (گرم)
۱۸/۴۱ \pm ۱/۴ ^a	۱۸/۵۳ \pm ۱/۹ ^a	۱۸/۵۲ \pm ۱/۸ ^a	۱۸/۴۷ \pm ۲/۶ ^a	۱۸/۲۵ \pm ۲/۳ ^a	۱۸/۳۹ \pm ۲/۱ ^a	طول اولیه (سانتی‌متر)
۳۴/۸۳ \pm ۲/۴ ^b	۳۵/۶۱ \pm ۲/۲۲ ^a	۳۵/۳۳ \pm ۲/۵۴ ^a	۳۴/۱۷ \pm ۱/۷۲ ^b	۳۳/۷۲ \pm ۲/۲۴ ^c	۳۲/۸۳ \pm ۲/۷ ^c	طول نهایی (سانتی‌متر)
۱۳۹/۴۴ \pm ۳۲/۰۵ ^b	۱۴۸/۸۹ \pm ۲۶/۹۹ ^a	۱۵۴/۴۴ \pm ۳۶/۶۵ ^a	۱۲۴/۴۴ \pm ۲۵/۵۴ ^c	۱۱۶/۶۷ \pm ۲۵/۳۳ ^c	۱۰۷/۲۲ \pm ۲۶/۲۹ ^c	میزان افزایش وزن (گرم)
۹۲۱/۲۱ \pm ۲۲۳/۹۱ ^b	۹۹۵/۳۶ \pm ۱۹۵/۳۲ ^a	۱۰۳۵/۳۶ \pm ۱۷۲/۵۲ ^a	۸۳۳/۲۶ \pm ۱۸۸/۳۵ ^c	۷۷۹/۰۲ \pm ۱۷۲/۵۹ ^c	۷۱۵/۰۲ \pm ۱۷۲/۴ ^c	درصد افزایش وزن بدن
۸/۱۹ \pm ۰/۳۶ ^b	۸/۳۱ \pm ۲/۴۸ ^a	۸/۳۶ \pm ۰/۳ ^a	۸/۰۱ \pm ۰/۳۳ ^c	۷/۹ \pm ۰/۳۴ ^c	۷/۷۵ \pm ۰/۴ ^c	نرخ رشد ویژه (درصد در روز)
۲/۷۰ \pm ۰/۵۴ ^b	۲/۴۹ \pm ۰/۴۶ ^a	۲/۴۴ \pm ۰/۵۲ ^a	۳ \pm ۰/۵۹ ^c	۳/۲۱ \pm ۰/۶۲ ^d	۳/۵۵ \pm ۰/۸۸ ^d	ضریب تبدیل غذایی
۰/۳۹ \pm ۰/۰۹ ^b	۰/۴۱ \pm ۰/۰۴ ^a	۰/۴۳ \pm ۰/۱ ^a	۰/۳۵ \pm ۰/۰۷ ^c	۰/۳۲ \pm ۰/۰۵ ^d	۰/۳ \pm ۰/۰۷ ^d	ضریب کارایی غذا
۰/۷۴ \pm ۰/۱۷ ^b	۰/۸۰ \pm ۰/۱۲ ^a	۰/۸۳ \pm ۰/۲ ^a	۰/۶۶ \pm ۰/۱۲ ^c	۰/۶۲ \pm ۰/۱۰ ^d	۰/۵۷ \pm ۰/۱۴ ^d	ضریب کارایی پروتئین
۲/۳۳ \pm ۰/۵۳ ^b	۲/۴۸ \pm ۰/۴۵ ^a	۲/۵۷ \pm ۰/۶۱ ^a	۲/۰۷ \pm ۰/۳۳ ^c	۱/۹۴ \pm ۰/۴۲ ^c	۱/۷۹ \pm ۰/۴۴ ^c	میانگین رشد روزانه (گرم در روز)
۰/۳۶ \pm ۰/۰۱ ^{ab}	۰/۳۶ \pm ۰/۰۳۲ ^{ab}	۰/۳۸ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۳۵ \pm ۰/۰۲۵ ^c	۰/۳۴ \pm ۰/۰۳ ^c	۰/۳۴ \pm ۰/۰۴ ^c	شاخص وضعیت
۷۳	۹۳	۱۰۰	۹۳	۸۶	۷۳	نرخ بقا (درصد)

*داده‌های با حروف انگلیسی غیرمشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌دار آماری ($P < ۰/۰۵$) با یکدیگر هستند.

وزن اولیه فیل ماهیان جوان در تیمارهای مختلف مطالعه حاضر تفاوت معنی داری نداشت ($p > 0.05$). نتایج به دست آمده نشان می دهد که مکمل غذایی بوتیرات سدیم پس از ۸ هفته، بر عملکرد رشد فیل ماهیان مورد مطالعه تأثیر گذاشت. در پایان دوره آزمایش، وزن نهایی و میزان افزایش وزن در تیمارهای ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد به طور معنی دار از گروه شاهد بیشتر بود ($p < 0.05$) و در تیمار T0.3 بالاترین افزایش وزن مشاهده شد. با وجود این، در تیمار T0.1 و T0.2 تفاوت معنی داری با گروه شاهد مشاهده نشد ($p > 0.05$). از نظر شاخص وضعیت نیز فیل ماهیان تیمار T0.3 تفاوت معنی داری با ماهیان دیگر تیمارها داشتند ($p < 0.05$). میزان نرخ رشد ویژه در تیمارهای T0.3 و T0.4 از دیگر گروهها بالاتر بود و تفاوت معنی داری با گروه شاهد و تیمارهای T0.1، T0.2 و T0.5 داشتند ($p < 0.05$). میزان افزایش وزن روزانه و درصد افزایش وزن تیمارهای T0.3 و T0.4 به طور معنی دار نسبت به دیگر گروهها بیشتر بود ($p < 0.05$). با وجود این، تیمار T0.1 و T0.2 تفاوت معنی داری با گروه شاهد نداشتند ($P < 0.05$). ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارایی غذای فیل ماهیان تیمارهای T0.3 و T0.4 درصد تفاوت معنی داری با دیگر گروهها داشتند

کمترین و بیشترین FCR به ترتیب مربوط به تیمار T0.3 و گروه شاهد بود. کارایی پروتئین نیز در تیمارهای T0.3 و T0.4 به طور معنی دار نسبت به گروههای دیگر بیشتر بود ($p < 0.05$). نرخ بقای فیل ماهیان در تیمار T0.3 از دیگر تیمارها بالاتر بود (۱۰۰٪ بقا) و کمترین نرخ بقا مربوط به تیمار T0.4 بود.

ترکیب لاشه

در جدول ۳ نتایج مربوط به اثر مکمل بوتیرات سدیم در جیره غذایی بر ترکیب لاشه نشان داده شده است. دادههای به دست آمده نشان دهنده تأثیر معنی دار بوتیرات سدیم در سطح ۰/۳٪ بر مقدار پروتئین بود. بیشترین میزان پروتئین لاشه مربوط به تیمار T0.3 بود که تفاوت معنی داری با دیگر گروهها داشت ($p < 0.05$). لاشه ماهیان تیمار T0.3 میزان چربی و رطوبت کمتری نسبت به دیگر تیمارها داشت ($p > 0.05$). دیگر تیمارها از نظر میزان چربی و رطوبت تفاوت معنی داری را نشان ندادند ($p > 0.05$).

جدول ۲ مقایسه تجزیه و تحلیل تقریبی ترکیب لاشه فیل ماهیان تغذیه شده با مقادیر مختلف بوتیرات سدیم پس از ۸ هفته (میانگین \pm خطای استاندارد).

ترکیب لاشه (%)				میزان بوتیرات سدیم (%)
خاکستر	رطوبت	چربی	پروتئین	
۴/۵۱ \pm ۰/۱۶ ^b	۷۴/۴۹ \pm ۰/۱۵ ^b	۳/۴۶ \pm ۰/۲ ^b	۱۷/۴۲ \pm ۰/۱۲ ^b	۰
۴/۵۴ \pm ۰/۰۶ ^b	۷۴/۴۶ \pm ۰/۱۳ ^b	۳/۴۳ \pm ۰/۰۶ ^b	۱۷/۳۳ \pm ۰/۲۲ ^b	۰/۱
۴/۶۳ \pm ۰/۱۴ ^a	۷۴/۴۱ \pm ۰/۳۹ ^b	۳/۴۵ \pm ۰/۱۱ ^b	۱۷/۳۷ \pm ۰/۱۳ ^b	۰/۲
۴/۶۰ \pm ۰/۱۲ ^a	۷۴/۲۵ \pm ۰/۱۰ ^a	۳/۱۸ \pm ۰/۰۷ ^a	۱۷/۶۳ \pm ۰/۱۸ ^a	۰/۳
۴/۶۰ \pm ۰/۰۶ ^a	۷۴/۴۹ \pm ۰/۱۵ ^b	۳/۴۷ \pm ۰/۱۳ ^b	۱۷/۳۷ \pm ۰/۱۶ ^b	۰/۴
۴/۴۹ \pm ۰/۱۲ ^b	۷۴/۴۵ \pm ۰/۰۸ ^b	۳/۴۳ \pm ۰/۱۲ ^b	۱۷/۳۸ \pm ۰/۱۵ ^b	۰/۵

*دادههای با حروف انگلیسی غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی دار آماری ($p < 0.05$) با یکدیگر هستند.

رشد، بقا و افزایش پروتئین و کاهش چربی لاشه فیل ماهیان مورد بررسی در تیمار T0.3 مشاهده شد. این نتایج با مطالعات دیگران که نشان داد بوتیرات سدیم می تواند باعث بهبود عملکرد رشد شود، مطابقت دارد. گنجاندن بوتیرات سدیم در رژیم غذایی کپور معمولی و تیلایپای تک

بحث

در مطالعه حاضر، آثار مکمل غذایی بوتیرات سدیم بر رشد، بقا و ترکیب لاشه فیل ماهیان جوان بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد که مکمل بوتیرات سدیم اثر مثبتی بر عملکرد رشد و بقای فیل ماهیان دارد و بالاترین عملکرد

باس دریایی اروپایی، مشخص شد مکمل غذایی حاوی ۰/۲٪ بوتیرات سدیم ریزپوشش‌دار برای سه ماه متوالی به‌طور معنی‌دار بقای ماهی، ضریب کارایی پروتئین، وزن‌گیری، شاخص رشد روزانه، استفاده از انرژی و بهره‌وری خالص پروتئین (PPV) را بهبود بخشید (Abdel - Mohsen et al. 2018). علاوه بر این، نتایج نشان داد که ۰/۲٪ و ۰/۳٪ مکمل بوتیرات سدیم ریزپوشش‌دار باعث افزایش محتوای پروتئین همراه با کاهش مقدار چربی در بدن ماهیان تیمارها شد. با وجود این، نتایج متفاوتی در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Bjerkeng et al. 1999) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (Gao et al. 2011) گزارش شده است که نشان داد ترکیب بوتیرات و اسید آلی دیگر به میزان ۲-۰/۵٪ تأثیر مثبتی بر رشد این دو گونه ماهی نداشته است. برخلاف مطالعه حاضر که بوتیرات سدیم بر کیفیت لاشه مؤثر بوده است، بوتیرات سدیم تأثیری بر ترکیب لاشه تیلاپای نیل نداشته است (Ali et al. 2018).

مقایسه بین سطوح مختلف بوتیرات سدیم در جیره غذایی ماهیانی که بررسی شده‌اند، نشان می‌دهد که بوتیرات سدیم در مقادیر کم اثر مثبتی بر رشد ماهیان داشته است و نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که مکمل بوتیرات سدیم در سطح ۰/۳٪ بهترین اثر را بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه فیل ماهی داشته و در دوزهای بالاتر این اثر معنی‌دار نبوده است. این نتایج نشان می‌دهد که بین رشد ماهیان و بوتیرات سدیم پاسخ وابسته به دوز وجود دارد (Liu et al. 2017).

بهبود فراسنجه‌های عملکرد رشد و کارایی خوراک پس از گنجاندن بوتیرات سدیم در خوراک ماهی می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله توانایی آنها در بهبود فراهمی‌زیستی مواد معدنی (به‌عنوان مثال، فسفر، روی و کلسیم) و چندین اسید آمینه ضروری با افزایش قابلیت هضم آنها باشد (Ng et al. 2009). علاوه بر این، مشخص شده که این مکمل باعث تعدیل میکروبیوم روده میزبان می‌شود که ممکن است به نوبه خود به بهبود قابل توجه در وضعیت سلامت روده منجر شود. بوتیرات سدیم می‌تواند از اکسایش برخی اسیدآمینه‌های ضروری جلوگیری کرده و افزایش جذب آنها از روده و همچنین، فراهمی‌زیستی آنها در گردش خون و افزایش جذب این اسیدآمینه‌های ضروری در روده ماهی را در پی داشته باشد (Ng and Koh, 2017). بوتیرات سدیم غذایی غلظت برخی از مشتقات نوکلئوتیدی و جذب آنها را

جنس باعث بهبود معنی‌دار دریافت خوراک، وزن نهایی بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب کارایی پروتئین شد (Zheng, 2009). گنجاندن ۲ یا ۳٪ بوتیرات سدیم در جیره غذایی به‌طور معنی‌دار وزن نهایی بدن، وزن‌گیری، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب کارایی پروتئین، ضریب تبدیل غذایی و بهره‌وری خالص پروتئین را بهبود بخشید (Ali et al. 2018). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که گنجاندن بوتیرات سدیم به میزان ۱ گرم در کیلوگرم رژیم غذایی مارماهی آمریکایی (*Anguilla rostrata*) افزایش وزن بدن تا ۳۷٪ و کاهش ضریب تبدیل غذایی به میزان ۲۶٪ را در پی داشته است، بدون اینکه تفاوت معنی‌داری در نرخ تغذیه و بقا مشاهده شود (Zhang et al. 2011). رژیم غذایی حاوی ۲/۵ گرم بوتیرات سدیم در کیلوگرم به‌طور معنی‌دار وزن‌گیری، نرخ رشد ویژه، ضریب کارایی پروتئین و فاکتور کیفیت ماهی طلایی را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد (Sun et al. 2013). همچنین، مشخص شد بوتیرات سدیم (به میزان ۳ گرم در کیلوگرم خوراک) به‌طور قابل توجهی وزن‌گیری، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی را در سیم دریایی سرطلایی بدون ثبت تلفات، افزایش داد (Robles et al. 2013). مکمل غذایی بوتیرات سدیم محافظت‌شده با دوز ۰/۳ گرم در کیلوگرم باعث افزایش وزن‌گیری و بهبود ضریب تبدیل غذایی در ماهی کپور معمولی شد (Liu et al. 2014). علاوه بر این، مکمل غذایی بوتیرات سدیم (به میزان ۳ گرم در کیلوگرم) همراه با یک محصول پروبیوتیک موجب بهبود وزن نهایی، وزن‌گیری کل و نرخ رشد ویژه در تیلاپای نیل شد (Ahmed and Sadek, 2014). مکمل غذایی بوتیرات سدیم به میزان ۱ یا ۲ گرم در کیلوگرم در رژیم غذایی کپور علفخوار به‌طور معنی‌دار نرخ رشد ویژه این ماهی را در مقایسه با ماهیان گروه شاهد افزایش داد (Liu et al. 2017). با وجود این، سنجش تقریبی ترکیب لاشه ماهیان تیمارها تفاوتی با گروه شاهد نداشت. مکمل غذایی اسید بوتیریک در رژیم غذایی گربه ماهی آفریقایی و تیلاپای نیل به‌طور معنی‌دار فراسنجه‌های عملکرد رشد، از جمله وزن نهایی بدن، دریافت خوراک، وزن‌گیری، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی را پس از دو هفته بهبود بخشید (Omosowone et al. 2018). علاوه بر این، ماهیان تغذیه‌شده با جیره غذایی حاوی اسید بوتیریک مقدار پروتئین لاشه بالاتری داشتند. در آزمایش تغذیه‌ای روی

فیل ماهیان جوان می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد، بقا و ترکیب لاشه داشته باشد و پیشنهاد می‌شود سطح بهینه مکمل‌سازی بوتیرات سدیم در جیره غذایی فیل ماهیان جوان در سطح ۰/۳٪ می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از جناب آقای حاج اسحاق اسلامی مدیر عامل مجتمع تکثیر و پرورش قره‌برون و آقای مهندس بهزاد اسلامی مدیر مجتمع قره‌برون به دلیل حمایت و مساعدت بی‌دریغ‌شان، تشکر و قدردانی می‌کند. همچنین، از آقایان دکتر مزدک پاکزاد و مهندس زرگری برای همکاری صمیمانه در اجرای پژوهش و جناب آقای دکتر ابراهیم‌زاده برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و مشاوره در امر پژوهش کمال تشکر را داریم و از دیگر عزیزانی که در این پژوهش ما را یاری کردند، سپاسگزاریم.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان تعارض منافع وجود ندارد.

منابع

- Abdel-Mohsen, H.H., Wassef, E.A., El-Bermawy, N.M., AbdelMeguid, N.E., Saleh, N.E., Barakat, K.M., Shaltout, O.E. 2018. Advantageous effects of dietary butyrate on growth, immunity response, intestinal microbiota and histomorphology of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) fry. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 22: 93-110.
- Ahmed, H., Sadek, K. 2014. Impact of dietary supplementation of sodium butyrate and/or protexin on the growth performance, some blood parameters, and immune response of *Oreochromis niloticus*. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3: 985-991.
- Ali, TE-S, El-Sayed, AM., Eissa, M.A.R., Hanafi, H.M. 2018. Effect of dietary supplementation of sodium butyrate on growth performance and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) در روده ماهی افزایش می‌دهد (Robles et al. 2013). عملکرد مکانیکی اسیدهای چرب کوتاه نشان داد که گنجاندن اسیدهای چرب کوتاه زنجیره در خوراک آبزیان به کاهش اسیدپتته روده کمک می‌کند. در نتیجه، فراهمی زیستی مواد معدنی از طریق الحاق (چلات کردن) مواد معدنی و جداسازی فسفر از اسید فیتیک در منابع پروتئین گیاهی افزایش می‌یابد (Hoseinifar et al. 2017). علاوه بر این، مقادیر انرژی بالای اسیدهای چرب کوتاه زنجیره منابع انرژی برای بازسازی بافت پوششی روده فراهم می‌کند (Diebold and Eidelsburger, 2006). اسیدهای چرب کوتاه زنجیره می‌تواند تکثیر سلول‌های پوششی روده را بهبود بخشد و ارتفاع پرزهای روده را افزایش دهد که به دنبال آن، به بهبود ظرفیت جذب مواد مغذی کمک می‌کند (Baruah et al. 2007). استفاده از اسیدهای چرب کوتاه زنجیره در رژیم غذایی ماهیان به دلیل بهبود ویژگی‌های عملکردی منابع پروتئینی رژیم غذایی، خوش طعمی و خصوصیات فیزیکی خوراک، از جمله بهبود هضم‌پذیری پروتئین را تقویت می‌کند (Morken et al. 2011 and 2012).
- به طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر می‌توان گفت مکمل بوتیرات سدیم در جیره غذایی fries. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 47: 2071-2076.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official methods of analysis of official analytical chemists international. Washington DC, 1263 p.
- Baruah, K., Sahu, N.P., Pal, A.K., Jain, K.K., Debnath, D., Mukherjee, S.C. 2007. Dietary microbial phytase and citric acid synergistically enhances nutrient digestibility and growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles at sub-optimal protein level. *Aquaculture Research* 38: 109-120.
- Bjerkeng, B., Storebakken, T., Wathne, E. 1999. Cholesterol and short-chain fatty acids in diets for Atlantic salmon *Salmo salar* (L.): effects on growth, organ indices, macronutrient digestibility, and fatty acid composition. *Aquaculture Nutrition* 5: 181-191.
- Bondad-Reantaso, M.G., Subasinghe, R.P., Arthur, J.R., Ogawa, K., Chinabut, S.,

- Adlard, R., Tan, Z., Shariff, M. 2005. Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary Parasitology* 132: 249-272.
- Boyd, C.E., D'Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D.C., Juarez, L.M., Lockwood, G.S., Valenti, W.C. 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society* 51: 578-633.
- Cook, J.T., McNiven, M.A., Richardson, G.F. and Sutterlin, A.M. 2000. Growth rate, body composition and feed digestibility/conversion of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188: 15-32.
- Dawood, M.A.O., Koshio, S., Abdel-Daim, M.M., Van Doan, H. 2019. Probiotic application for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 11: 907-924.
- Diebold, G., Eidelsburger, U. 2006. Acidification of diets as an alternative to antibiotic growth promoters. In: *Antimicrobial Growth Promoters*. Barug, D., de Jong, J., Kies, A.K., Verstegen, M.W.A. (Eds.). The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 311-327.
- Falahatkar, B., Poursaeid, S., Shakoorian, M., Barton, B. 2009. Responses to handling and confinement stressors in juvenile great sturgeon *Huso huso*. *Journal of Fish Biology* 75: 784-796.
- Friedel, D., Levine, G.M. 1992. Effect of short-chain fatty acids on colonic function and structure. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 16: 1-4.
- Gao, Y., Storebakken, T., Shearer, K.D., Penn, M., Øverland, M. 2011. Supplementation of fishmeal and plant protein-based diets for rainbow trout with a mixture of sodium formate and butyrate. *Aquaculture* 311: 233-240.
- Hoseinifar, S.H., Sun, Y.Z., Caipang, C.M. 2017. Short-chain fatty acids as feed supplements for sustainable aquaculture: an updated view. *Aquaculture Research* 48: 1380-1391.
- Kotunia, A., Wolinski, J., Laubitz, D., Jurkowska, M., Rome, V., Guilloteau, P., Zabielski, R. 2004. Effect of sodium butyrate on the small intestine. *Journal of Physiology and Pharmacology* 55: 59-68.
- Liu, M., Guo, W., Wu, F., Qu, Q., Tan, Q., Gong, W. 2017. Dietary supplementation of sodium butyrate may benefit growth performance and intestinal function in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Aquaculture Research* 48: 4102-4111.
- Liu, W., Yang, Y., Zhang, J., Gatlin, D.M., Ringø, E., Zhou, Z. 2014. Effects of dietary microencapsulated sodium butyrate on growth, intestinal mucosal morphology, immune response and adhesive bacteria in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) pre-fed with or without oxidised oil. *British Journal of Nutrition* 112: 15-29.
- Luo, G., Xu, J., Teng, Y., Ding, C., Yan, B. 2010. Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus* L.) reared in freshwater. *Aquaculture Research* 41: 210-219.
- Mentschel, J., Claus, R. 2003. Increased butyrate formation in the pig colon by feeding raw potato starch leads to a reduction of colonocyte apoptosis and a shift to the stem cell compartment. *Metabolism* 52: 1400-1405.
- Morken, T., Kraugerud, O.F., Barrows, F.T., Sørensen, M., Storebakken, T., Øverland, M. 2011. Sodium diformate and extrusion temperature affect nutrient digestibility and physical quality of diets with fish meal and barley protein concentrate for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 317: 138-145.
- Morken, T., Kraugerud, O.F., Sørensen, M., Storebakken, T., Hillestad, M.,

- Christiansen, R., Øverland, M. 2012. Effects of feed processing conditions and acid salts on nutrient digestibility and physical quality of soy-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition* 18: 21-34.
- Najdegerami, E.H., Tran, T.N., Defoirdt, T., Marzorati, M., Sorgeloos, P., Boon, N., Bossier, P. 2012. Effects of poly- β -hydroxybutyrate (PHB) on Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fingerlings performance and its gastrointestinal tract microbial community. *FEMS Microbiology Ecology* 79: 25-33.
- Ng, W.K., Koh, C.B., Sudesh, K., Siti-Zahrah, A. 2009. Effects of dietary organic acids on growth, nutrient digestibility and gut microflora of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., and subsequent survival during a challenge test with *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture Research* 40: 1490-1500.
- Ng, W.K., Koh, C.B. 2017. The utilization and mode of action of organic acids in the feeds of cultured aquatic animals. *Reviews in Aquaculture* 9: 342-368.
- Omosowone, O., Dada, A., Adeparusi, E. 2018. Comparison of dietary butyric acid supplementation effect on growth performance and body composition of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 17: 403-412.
- Owen, M.A.G., Waines, P., Bradley, G., Davies, S.J. 2006. The effect of dietary supplementation of sodium butyrate on the growth and microflora of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). XII International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. May 28-June 1, Biarritz, France.
- Robles, R., Lozano, A., Sevilla, A., Marquez, L., Nuez-Ortin, W., Moyano, F. 2013. Effect of partially protected butyrate used as feed additive on growth and intestinal metabolism in sea bream (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry* 39: 1567-1580.
- Roediger, W.E. 1980. Role of anaerobic bacteria in the metabolic welfare of the colonic mucosa in man. *Gut* 21: 793-798.
- Serrano, P.H., 2005. Responsible use of antibiotics in aquaculture (Vol. 469). Food & Agriculture Organization, 89 p.
- Sun, L., Liu, Z., Hao, G., Zhou, L., Lu, S., Zhang, J., Xiao, T. 2013. Effects of sodium butyrate on growth and intestinal cell proliferation of *Carassius auratus*. *Journal of Fishery Sciences of China* 20: 893-901.
- Suvanich, V., Jahncke, M. L., Marshall, D. L. 2000. Changes in selected chemical quality characteristics of channel catfish frame mince during chill and frozen storage. *Journal of Food Science* 65: 24-29.
- Zhang, S., Chang, J., Ye, J., Zhang, C. 2011. Effects of sodium butyrate on feeding, growth performance and antioxidant capacity of *Anguilla rostrata*. *Fujian Journal of Agricultural Sciences* 26: 549-551.
- Zheng, R.G. 2009. The effect of sodium butyrate on the growth performance and intestinal mucous structure of freshwater fish. Master of Science, The University of China, 105 p.