Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

Effects of dietary lactic acid supplementation on plasma ions and proteins levels in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*

Seyyed Morteza Hoseini*

Corresponding Author, Research Assistant Prof., Inland Waters Aquatics Resources Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran. E-mail: seyyedmorteza.hoseini@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.28.2022
Revised: 06.12.2022
Accepted: 06.18.2022

Keywords:
Blood,
Diet,
Lactic acid,
Rainbow trout

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of adding lactic acid to the diet of rainbow trout on the plasma concentration of minerals and plasma proteins. For this purpose, 4 diets containing 0, 5, 10 and 20 g of lactic acid per kg of diet were prepared. 180 rainbow trout with an average weight of about 100 g were stored in 12 plastic tanks (150 L) and fed with each of the above diets (three tanks for each diet) for 8 weeks. The results showed that the addition of lactic acid to the diet had significant effects on the plasma concentrations of calcium, phosphorus, iron, copper, zinc, total protein and globulin ($P<0.05$). However, plasma total immunoglobulin and albumin were not affected by the addition of lactic acid to the diet ($P>0.05$). All lactic acid concentrations significantly increased plasma calcium concentrations. Plasma phosphorus in 5 and 10 g of lactic acid treatments was higher than the control treatment. Plasma concentrations of iron in 10 and 20 g of lactic acid treatment, copper in 20 g of lactic acid treatment and zinc in 10 g of lactic acid treatment were significantly higher than the control treatment. Plasma total protein and globulin in 10 g of lactic acid treatment were higher than the control treatment. The results of this study show that the addition of lactic acid to the diet of rainbow trout has an effective role in increasing the concentration of plasma minerals and proteins. Accordingly, concentrations of 10-20 g / kg of lactic acid had the best results.

Cite this article: Hoseini, Seyyed Morteza. 2023. Effects of dietary lactic acid supplementation on plasma ions and proteins levels in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 12 (2), 67-75.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.20255.1666
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳۴۵-۴۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۴۲۸۸

اثر غنی‌سازی جیره غذایی با اسید لاکتیک بر غلظت یون‌ها و پروتئین‌های پلاسما خون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss*

سید مرتضی حسینی*

نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی، گرگان. رایانامه: seyyedmorteza.hoseini@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸

واژه‌های کلیدی:
اسید لاکتیک،
جیره غذایی،
خون،
قزل‌آلای رنگین‌کمان

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر غلظت مواد معدنی و پروتئین‌های پلاسمای خون ماهی بود. به این منظور ٤ جیره غذایی حاوی ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم جیره ساخته شد. ۱۸۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (حدود ۱۰۰ گرم) در ۱۲ مخزن پلاستیکی ۱۵۰ لیتری ذخیره‌سازی شده و به مدت ۸ هفته با هر یک از جیره‌های فوق تغذیه شدند (سه مخزن برای هر جیره). نتایج نشان داد که افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی اثر معنی‌داری روی غلظت کلسیم، فسفر، آهن، مس، روی، پروتئین کل و گلبولین پلاسما داشت ($P<۰/۰۵$). ولی ایمنوگلبولین کل و آلبومین پلاسما تحت‌تأثیر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی نبودند ($P>۰/۰۵$). همه غلظت‌های اسید لاکتیک به‌طور معنی‌داری غلظت کلسیم پلاسما را افزایش دادند. فسفر پلاسما در تیمارهای ۵ و ۱۰ گرم اسید لاکتیک بالاتر از تیمار شاهد بودند. غلظت پلاسمایی آهن در تیمار ۱۰ و ۲۰ گرم اسید لاکتیک، مس در تیمار ۲۰ گرم اسید لاکتیک و روی در تیمار ۱۰ گرم اسدی لاکتیک به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بودند. پروتئین کل و گلبولین پلاسما در تیمار ۱۰ گرم اسید لاکتیک بالاتر از تیمار شاهد بودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان نقش مؤثری در افزایش غلظت مواد معدنی و پروتئین‌های پلاسما دارد. بر این اساس، غلظت ۲۰-۱۰ گرم در کیلوگرم اسید لاکتیک بهترین نتایج را داشته‌اند.

استناد: حسینی، سید مرتضی (۱۴۰۲). اثر غنی‌سازی جیره غذایی با اسید لاکتیک بر غلظت یون‌ها و پروتئین‌های پلاسما خون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss*. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۲ (۲)، ۷۵-۶۷.

DOI: 10.22069/japu.2023.20255.1666

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

صنعت آبزی‌پروری رشد سریعی داشته و راه‌حلی مناسب جهت افزایش تولید پروتئین، استفاده بهینه از منابع و کاهش فشار صید بر منابع طبیعی می‌باشد. قزل‌آلای رنگین‌کمان، *Oncorhynchus mykiss*، یکی از مهم‌ترین گونه‌های آبزی پروری دنیا بوده که دلیل آن سرعت رشد بالا، مقاومت در برابر شرایط نامناسب محیطی و قابلیت تغذیه از منابع غذایی گوناگون می‌باشد. پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور یکی از مهم‌ترین صنایعی است که نقش مهمی در درآمدزایی و اشتغال دارد، زیرا در حال حاضر سالانه بیش از ۱۸۰ هزار تن ماهی قزل‌آلا در کشور تولید می‌شود (۱). به همین دلیل، پژوهش روی پرورش این گونه ارزش زیادی دارد. هم‌چنین، راهکارهای افزایش رشد این گونه می‌تواند منجر به افزایش تولید گوشت و درآمد پرورش‌دهندگان شود.

اسیدیفایرها گروهی از افزودنی‌های غذایی هستند که با تأثیر بر اسیدیته خوراک در شرایط نگهداری نامناسب خوراک مانند رطوبت و دمای بالا از رشد عوامل میکروبی و قارچی جلوگیری به عمل می‌آورند و در نهایت ریسک تولید سموم ناشی از رشد عوامل باکتریایی و قارچی کاهش می یابد که به دنبال این موضوع کیفیت و بهره‌وری خوراک در سطح مطلوب حفظ خواهد شد (۲). هم‌چنین، مشخص شده است که آنیون‌های اسیدی با عناصر معدنی ترکیب شده و باعث افزایش قابلیت هضم این عناصر می‌گردند (۳). اهمیت این موضوع به‌دلیل نقش‌های متنوع مواد معدنی در رشد، ایمنی و سیستم آنتی‌اکسیدانی ماهی می‌باشد (٤). به عنوان مثال، در ماهی روهو، *Labeo rohita* (٥) و فیل‌ماهی، *Huso huso* (٦) و گربه‌ماهی دم زرد، *Pelteobagrus fulvidraco* (۷)، افزودن اسید سیتریک به جیره باعث افزایش هضم عناصر معدنی مانند فسفر، کلسیم و منگنز شده است. مطالعات انجام شده روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داده‌اند که افزودن اسید فرمیک (۸) و اسید سیتریک (۹) به جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث افزایش هضم فسفر و منیزیوم و کلسیم می‌شود. هم‌چنین، اسیدیفایرها باعث افزایش ایمنی در ماهی می‌شوند. به‌عنوان مثال، افزودن اسید فرمیک + پروپیونات کلسیم به جیره غذایی کپور مریگال، *Cirrhinus mrigala*، باعث افزایش غلظت پروتئین‌های خون و فعالیت لیزوزیم و انفجار تنفسی در خون ماهی شده است (۱۰). افزودن اسید پروپیونیک به جیره غذای تیلاپیای نیل، *Oreochromis niloticus*، باعث افزایش پروتئین‌های پلاسما، ایمنوگلبولین، لیزوزیم و فاگوسیتوز شده است (۱۱). هم‌چنین، افزودن سدیم دی فرمات و اسید فرمیک به جیره غذایی فیل‌ماهی منجر به افزایش فعالیت لیزوزیم، کمپلمان، فعالیت باکتری‌کشی و غلظت گلبولین در خون شده است (۱۲). این مطالعات نشان می‌دهند که اسیدیفایرها نقش مهمی در جذب مواد معدنی و بهبود ایمنی ماهی بازی می‌کنند. با این‌حال، مطالعات انجام شده در این خصوص محدود به گونه‌های ماهی خاص و اسیدهای آلی خاص بوده است و مطالعات بیش‌تری در این زمینه لازم است.

اسید لاکتیک محصول تخمیر بی‌هوازی کربوهیدارت‌ها است که توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در روده تولید می‌شود. تولید اسید لاکتیک در روده ضمن کاهش pH روده و بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی، باعث رشد باکتری‌های تولیدکننده بوتیرات نیز می‌شود که این باکتری‌ها به نوبه خود اثرات مثبتی بر سلامت ساختار روده و تامین انرژی مورد نیاز سلول‌های آنتروسیت دارند (۱۳). مطالعات مختلفی روی اثرات اسید لاکتیک یا نمک آن در جیره آبزیان انجام شده است که تمرکز آن‌ها روی رشد، آنزیم‌های گوارشی و فلور باکتریایی روده بوده است (١٤، ١٥ و ١٦).

بنابراین، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی در غلظت برخی مواد معدنی و پروتئین‌های پلاسمای خون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود.

مواد و روش‌ها

تهیه جیره‌های غذایی: اسید لاکتیک از شرکت مبتکران شیمی خریداری شد که دارای گرید غذایی با خلوص ۸۵ درصد بود. اسید لاکتیک به جیره ماهی در غلظت ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۲۰ گرم بر کیلوگرم وارد شد (جدول ۱). مواد غذایی الک شده (۵۰۰ میکرون) و به مدت ۲۰ دقیقه مخلوط شدند. سپس روغن ماهی و روغن سویا را به آن‌ها اضافه کرده و به‌مدت ۲۰ دقیقه مخلوط می‌کنیم. به این مخلوط، ۳۵۰ میلی‌لیتر آب اضافه شد تا مخلوط خمیری شود (اسید لاکتیک در این مرحله به آب اضافه شد). خمیر حاصله توسط چرخ گوشت به پلت تبدیل شد و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و وزش باد پنکه خشک شد. سپس پلت‌ها در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جدول ۱- مقدار اقلام جیره غذایی و ترکیب بیوشیمیایی هر یک از جیره‌های استفاده شده.

اقلام جیره غذایی	سطح اسید لاکتیک جیره (گرم در کیلوگرم)			
	۰	۵	۱۰	۲۰
پودر ماهی کیلکا[۱]	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
پودر ضایعات کنسروسازی[۲]	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰
آرد گندم	۱۸۹/۵	۱۸۹/۵	۱۸۹/۵	۱۸۹/۵
آرد سویا	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
پودر گوشت[۳]	۱۹۰	۱۹۰	۱۹۰	۱۹۰
روغن ماهی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن سویا	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
مکمل معدنی[٤]	۵	۵	۵	۵
مکمل ویتامینی[٤]	۵	۵	۵	۵
فیتاز[٥]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اسید لاکتیک[٦]	۰	۵	۱۰	۲۰
	ترکیب تقریبی جیره (درصد)			
رطوبت	٦/۵۳	٦/۹۲	٦/٤٤	٦/۵٦
پروتئین خام	٤۰/۵	٤۰/۳	٤۰/٦	٤۰/٤
چربی خام	۱۵/۹	۱٦/۰	۱٦/۱	۱۵/۷
خاکستر خام	۷/۵۵	۷/٦۹	۷/۵۱	۷/۷۷

[۱] پودر ماهی کیلکا: ٦۲/۲ درصد پروتئین، ۷/٦ درصد چربی

[۲] ضایعات کنسروسازی: ۵٦/۱ درصد پروتئین، ۱۵/۲ درصد چربی

[۳] پودر گوشت: ۵۲/٦ درصد پروتئین، ۱۸/۳ درصد چربی

[٤] مکمل معدنی و ویتامنی: شرکت آمینه گستر (تهران)

[٥] فیتاز: شرکت Huvepharma (سوفیه، بلغارستان)؛ ۵۰۰۰ واحد

[٦] اسید لاکتیک: گرید غذایی، خلوص ۸۵ درصد؛ تهیه شده از شرکت مبتکران شیمی (تهران)

تهیه ماهی و پرورش: دویست قزل‌آلای رنگین‌کمان (۲/٦٥ ± ٦۲/٤ گرم) از یک مزرعه بخش خصوصی خریداری و به آزمایشگاه منتقل شد. ماهی‌ها به مدت ۳۰ روز در یک مخزن ۱۲۰۰ لیتری نگهداری شدند و در طی آن دو بار در روز با جیره شاهد تغذیه شدند. سپس ۱۸۰ ماهی با اندازه مشابه در ۱۲ تانک ۱۵۰ لیتری با تراکم ۱۵ ماهی در هر تانک (~۱۰ گرم در لیتر) توزیع شدند. مخازن به صورت مداوم هوادهی شده و نرخ جریان آب ۰/۵ لیتر در دقیقه به ازای هر کیلوگرم ماهی بود. هر جیره به سه تانک به مدت ۷۰ روز با نرخ ۲ درصد زیست‌توده در روز داده شد. زیست‌توده مخازن هر دو هفته یک‌بار به‌منظور تنظیم مقدار خوراک ثبت می شد. مخازن روزانه تمیز و سیفون می شدند تا ضایعات ماهی‌ها خارج شود و کیفیت آب حفظ شود. دمای آب (۱۱-۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول (٦/٤-۷/۹ میلی‌گرم در لیتر) و pH (۷/۲-۸/۱) روزانه اندازه‌گیری شد و آمونیاک کل آب (۰/۱۲-۰/۲۱ میلی گرم در لیتر) به‌صورت هفتگی با استفاده از دستگاه‌های دیجیتال اندازه‌گیری شد.

نمونه‌گیری: ٦ ماهی در هر تیمار صید و با ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اوژنول بیهوش شدند. بلافاصله پس از بیهوشی، نمونه خون از ورید دمی با استفاده از سرنگ‌های هپارینه گرفته و سانتریفیوژ شد (۳۰۰۰ گرم؛ ۷ دقیقه؛ ٤ درجه سانتی‌گراد) تا پلاسما برای سنجش‌های بیوشیمیایی به‌دست آید. نمونه‌های پلاسمای به دست آمده در فریزر با دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

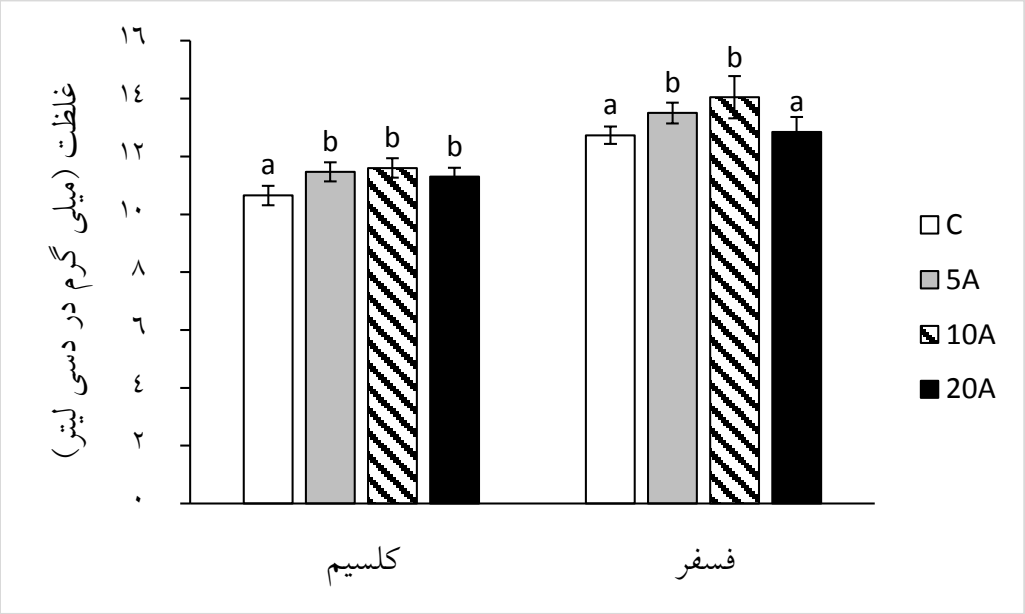
اندازه‌گیری فسفر، کلسیم، پروتئین کل و آلبومین با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون و دستگاه اتوآنالایزر انجام شد. اندازه‌گیری آهن، مس و روی توسط کیت‌های تجاری شرکت وندیداز انجام شد. اندازه‌گیری ایمنوگلبولین کل به روش ترسیب توسط پلی‌ایتلن گلیکول انجام شد (۱۷).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون‌های شاپیروویلک و لون از نظر پراکنش نرمال و همگن بودن واریانس‌ها بررسی و تأیید شدند. مقایسه بین تیمارهای مختلف توسط آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه و دانکن انجام شد. معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بررسی شد و داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شدند. آنالیزهای آماری در نرم‌افزار SPSS v.22 انجام شد.

نتایج

افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی اثر معنی‌داری در غلظت کلسیم و فسفر پلاسما داشت (P<۰/۰۵). تیمارهای اسید لاکتیک غلظت کلسیم مشابه و به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد داشتند (شکل ۱). هم‌چنین، تیمار ۵ و ۱۰ گرم اسید لاکتیک فسفر پلاسمای بالاتری نسبت به تیمار شاهد و ۲۰ گرم اسید لاکتیک داشتند (شکل ۱).

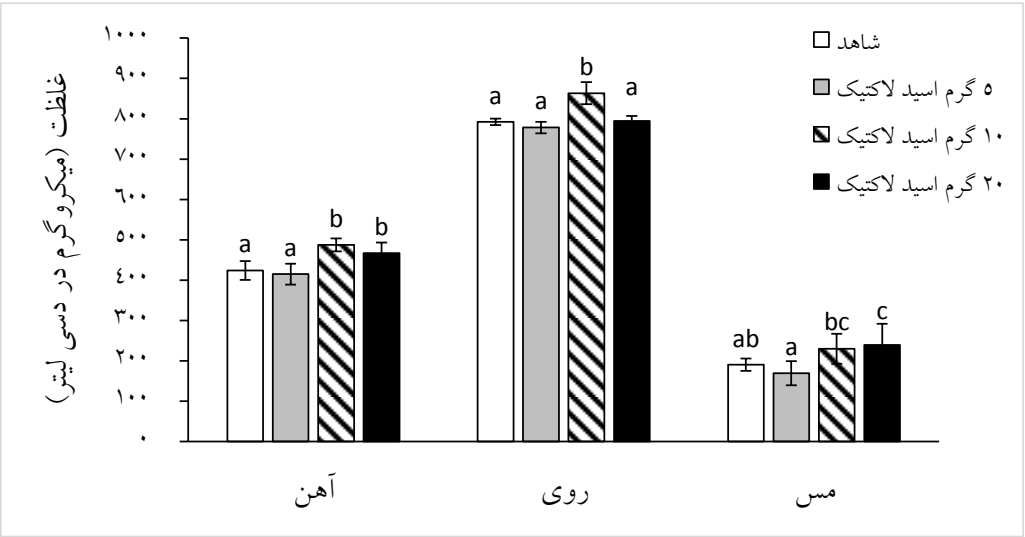
غلظت آهن، مس و روی پلاسمای خون به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر مقدار اسید لاکتیک جیره قرار گرفت (P<۰/۰۵). آهن در تیمار ۱۰ و ۲۰ گرم اسید لاکتیک، مس در تیمار ۲۰ گرم اسید لاکتیک و روی در تیمار ۱۰ گرم اسید لاکتیک به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بودند (شکل ۲).



شکل ۱- اثر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر غلظت کلسیم و فسفر پلاسمای خون.

حروف متفاوت روی میله‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

C: شاهد؛ 5A: ۵ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 10A: ۱۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 20A: ۲۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم.

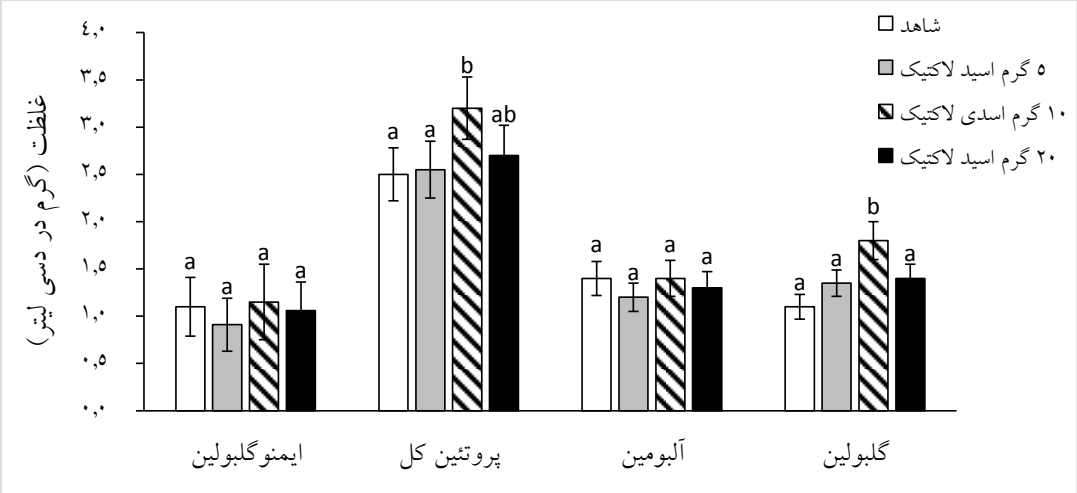


شکل ۲- اثر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر غلظت آهن، مس و روی پلاسمای خون.

حروف متفاوت روی میله‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

C: شاهد؛ 5A: ۵ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 10A: ۱۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 20A: ۲۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم.

مقدار اسید لاکتیک جیره اثر معنی‌داری روی غلظت ایمنوگلبولین و آلوبمین پلاسمای خون نداشت (P>۰/۰۵) ولی مقدار پروتئین کل و گلبولین پلاسما به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اسید لاکتیک جیره بود (P<۰/۰۵). مقدار پروتئین کل و گلبولین پلاسما در تیمار ۱۰ گرم اسید لاکتیک به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود (شکل ۳).



شکل ۳- اثر افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر غلظت ایمنوگلبولین، پروتئین کل، آلبومین و گلبولین پلاسمای خون.

حروف متفاوت روی میله‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد.

C: شاهد؛ 5A: ۵ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 10A: ۱۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم؛ 20A: ۲۰ گرم اسید لاکتیک در کیلوگرم.

بحث

امروزه بخش زیادی از پروتئین جیره غذایی ماهیان پرورشی را منابع گیاهی تامین می‌کنند که حاوی مواد ضدتغذیه‌ای متنوعی هستند. این مواد ضدتغذیه‌ای در هضم و جذب مواد مغذی اختلال ایجاد می‌کنند. برخی از این مواد ضد تغذیه‌ای در هضم و جذب مواد معدنی نقش دارند که می‌توان به فیتات، گلوکوزینولات و کربوهیدرات‌های غیرنشاسته‌ای اشاره نمود (۱۸). اسیدهای آلی می‌توانند باعث افزایش هضم و جذب مواد معدنی در چنین جیره‌هایی شوند. در این پژوهش، افزودن سطوح مختلف اسید لاکتیک به جیره منجر به تغییرات اندک ولی معنی‌دار در غلظت مواد معدنی در پلاسمای خون شد. علت تغییرات اندک می‌تواند سهم نسبتاً پایین پروتئین گیاهی نسبت به پروتئین حیوانی باشد. پروتئین‌های حیوانی از قابلیت هضم بالایی برخوردار هستند و مواد ضد تغذیه‌ای خیلی کم‌تری دارند و به همین دلیل، شاید ماده زمینه‌ای (مثلاً فیتات) در جیره آن‌قدر بالا نبوده که اثر اسید لاکتیک خیلی شدید باشد. با این‌حال، اثر اسید لاکتیک معنی‌دار بوده است که می‌تواند به دلیل تأثیر احتمالی آن بر مقدار فیتات موجود در جیره و هم‌چنین، کاهش اسیدیته دستگاه گوارش و افزایش هضم‌پذیری مواد معدنی باشد. مطالعات پیشین روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داده‌اند که افزدن اسید آلی (اسید فرمیک یا اسید سیتریک) به جیره قابلیت هضم مواد معدنی جیره را افزایش می‌دهد (۸ و ۹). چنین نتایجی در مطالعات پیشین روی ماهی روهو، فیل‌ماهی و گربه‌ماهی زرد که جیره‌های حاوی اسید سیتریک دریافت کرده بودند نیز مشاهده شده است (۵، ٦ و ۷). بنابراین می‌توان گفت که افزایش مقدار مواد معدنی در خون قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت‌تأثیر اسید لاکتیک جیره به دلیل افزایش هضم آن‌ها در دستگاه گوارش بوده است.

اسیدهای آلی نقش مهمی در ایمنی ماهی دارند که دلیل آن می‌تواند بهبود فلور میکروبی روده و ایمنی روده‌ای باشد (۱۹). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اسیدهای آلی باعث افزایش جمعیت باکتری‌های مفید مانند لاکتوباسیلوس‌ها در دستگاه گوارش ماهی

می‌شوند (۲۰). این باکتری‌ها یکی از عوامل افزایش ایمنی غیراختصاصی در ماهی هستند به‌طوری‌که افزودن آن‌ها به جیره باعث افزایش شاخص‌های ایمنی خونی در ماهی شده است (۲۱). در این پژوهش نیز مقدار پروتئین کل و گلبولین پلاسما در تیمار ۱۰ گرم اسید لاکتیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. گلبولین پلاسما متشکل از پروتئین‌های متنوعی است که در سلامت ماهی نقش مهمی دارند. مشخص شده است که در شرایط بیماری، مقدار گلبولین‌ها افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده نقش آن‌ها در ایمنی می‌باشد. بنابراین افزایش غلظت گلبولین‌ها در این پژوهش می‌تواند نشانه افزایش آمادگی ماهی برای بیماری‌های احتمالی باشد. مطالعات قبلی روی کپور مریگال (۱۰)، تیلاپیای نیل (۱۱) و فیل‌ماهی (۱۲) نیز نشان داده است که اسیدهای آلی در جیره غذایی می‌توانند باعث بهبود شاخص‌های ایمنی خون از جمله پروتئین‌های پلاسما شوند.

در نهایت، نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که افزودن اسید لاکتیک به جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان نقش مؤثری در افزایش غلظت مواد معدنی و پروتئین‌های پلاسما دارد. بر این اساس، غلظت ۲۰-۱۰ گرم در کیلوگرم اسید لاکتیک بهترین نتایج را داشته‌اند.

منابع

1. Statistical yearbook of Iranian fisheries, (2019). Statistical Yearbook of Iranian Fisheries 2014-2019. P. 64.
2. Huang, Z., Ye, Y., Xu, A., Li, Z., & Wang, Z. (2022). Dietary supplementation with an acidifier blend (citric, lactic, and phosphoric acids) influences growth, digestive enzymes, and blood chemistry of juvenile Japanese sea-bass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture international*, 30, 19-32.
3. Hellweg, P., Tats, D., Manner, K., Vahjen, W., & Zentek, J. (2006). Impact of potassium diformate on the gut flora of weaned piglets, *Proceedings of the society of nutrition physiology*, 18, 15-63.
4. Hoseini, S. M. (2018). Nutrient, additives and fish health. *IFSRI publication*. P. 528.
5. Baruah, K., Pal, A. K., Sahu, N. P., Jain, K. K., Mukherjee, S. C., & Debnath, D. (2005). Dietary protein level, microbial phytase, citric acid and their interactions on bone mineralization of *Labeo rohita* (Hamilton) juveniles. *Aquaculture research*, 36, 803-812.
6. Khajepour, F., & Hosseini, S. A. (2012). Calcium and phosphorus status in juvenile Beluga (*Huso huso*) fed citric acid-supplemented diets. *Aquaculture research*, 43, 407-411.
7. Sarker, M. S. A., Satoh, S., Kamata, K., Haga, Y., & Yamamoto, Y. (2012). Partial replacement of fish meal with plant protein sources using organic acids to practical diets for juvenile yellowtail, *Seriola quinqueradiata*. *Aquaculture nutrition*, 18, 81-89.
8. Vielma, J., & Lall, S. P. (1997). Dietary formic acid enhances apparent digestibility of minerals in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture nutrition*, 3, 265-268.
9. Sugiura, S. H., Dong, F. M., & Hardy, R. W. (1998). Effects of dietary supplements on the availability of minerals in fish meal; preliminary observations. *Aquaculture*, 160, 283-303.
10. Kumar, P., Jain, K. K., Sardar, P., Sahu, N. P., & Gupta, S. (2017). Dietary supplementation of acidifier: effect on growth performance and haemato-biochemical parameters in the diet of *Cirrhinus mrigala* juvenile. *Aquaculture international*, 25, 2101-2116.
11. El-Adawy, M., El-Aziz, M. A., El-Shazly, K., Ali, N. G., & El-Magd, M. A. (2018). Dietary propionic acid enhances antibacterial and immunomodulatory effects of oxytetracycline on Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Environmental*

science and pollution research, 25, 34200-34211.

12. Jedi Mostafaloo, A., Hedayatifard, M., Keshavarz, M., & Mohammadian, T. (2021). Effects of different levels of sodium diformate and formic acid salt on growth performance, digestive enzymes, and innate immunological parameters of Beluga (*Huso huso*) juveniles. *Iranian journal of fisheries sciences*, 20, 879-900.
13. Detman, A., Mielecki, D., Chojnacka, A., Salamon, A., Błaszczyk, M. K., & Sikora, A. (2019). Cell factories converting lactate and acetate to butyrate: *Clostridium butyricum* and microbial communities from dark fermentation bioreactors. *Microbial cell factories*, 18, 1-12.
14. Matani Bour, H. A., Esmaeili, M., & Abedian Kenari, A. (2018). Growth performance, muscle and liver composition, blood traits, digestibility and gut bacteria of beluga (*Huso huso*) juvenile fed different levels of soybean meal and lactic acid. *Aquaculture nutrition*, 24, 1361-1368.
15. Safari, O., Paolucci, M., & Ahmadniaye Motlagh, H. (2021). Effect of dietary encapsulated organic salts (Na-acetate, Na-butyrate, Na-lactate and Na-propionate) on growth performance, haemolymph, antioxidant and digestive enzyme activities and gut microbiota of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture nutrition*, 27, 91-104.
16. Hossain, M. A., Pandey, A., & Satoh, S. (2007). Effects of organic acids on growth and phosphorus utilization in red sea bream *Pagrus major*. *Fisheries science*, 73, 1309-1317.
17. Karimi, M., Kolangimiandare, H., Hosseinifar, S. H., & Shabany, A. (2019). The effects of different levels of raffinoz on growth index and antioxidant defense in common carp fingerling (*Cyprinus carpio). Journal of utilization and cultivation of aquatics*, 1, 31-39.
18. Francis, G., Makkar, H. P., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197-227.
19. Hoseini, S. M., Rajabiesterabadi, H., Abbasi, M., Khosraviani, K., Hoseinifar, S. H., & Van Doan, H. (2022). Modulation of humoral immunological and antioxidant responses and gut bacterial community and gene expression in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, by dietary lactic acid supplementation. *Fish & shellfish immunology*, 125, 26-34.
20. 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.
21. Ringø, E., Hoseinifar, S. H., Ghosh, K., Doan, H. V., Beck, B. R., & Song, S. K. (2018). Lactic acid bacteria in finfish-An update. Frontiers in microbiology, 1818.