



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 8, No. 2, 2022, pages: 25-37
DOI: 10.22124/janb.2023.24057.1187



Nutritional effects of additives containing organic acids, cinnamaldehyde and permeabilizer on some growth indices and intestinal structure of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*

Fatemeh Afshari¹, Ebrahim Sotoudeh^{1*}, Ahmad Ghasemi², Mansour Torfi Mozanzadeh³

1- Department of Fisheries, Faculty of Nano and Bio Science and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Bushehr, Iran

2- Persian Gulf Research Center, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

3- South Iran Aquaculture Research Centre, Iranian Fisheries Science Institute (IFSRI), Agricultural Research Education and Extension organization (AREEO), Ahwaz, Khuzestan, Iran

Received 21 April 2022

Revised 1 July 2022

Accepted 4 July 2022

KEYWORDS

Whiteleg shrimp

Organic acid

Cinnamaldehyde

Feed conversion ratio

Intestinal structure

ABSTRACT

This study investigated the effects of feed additive containing organic acids, cinnamaldehyde and permeabilizer on growth rate and intestine structure of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). So, five isoproteic (~38%) diets containing different levels of 3, 6, 9 and 12 g/kg (T₃, T₆, T₉ and T₁₂, respectively) commercial additive Biotronic Top 3 were formulated and a diet without this additive were considered as a control. Shrimps (2.7 g in average weight) were randomly placed in fifteen 300-liter fiberglass tanks containing sea water (20 shrimps in each tank) and each experimental treatment was in triplicate. Shrimps were fed at the rate of 7% of their body weight three times a day. At the end of the experiment, the average final weight in shrimps fed with diets containing additives was significantly higher than the control group ($p < 0.05$). The highest average final weight was observed in T₃. However, the addition of higher levels of this additive did not show any significant effect on the final weight of shrimps ($p > 0.05$). The food conversion ratio in the treatments fed with additives, (except for T₉) was significantly lower than the control group ($p < 0.05$). Examining the shrimp intestine showed that using this additive elevated the height of the intestinal villi. In general, according to the findings of this study, dietary supplementation of Biotronic Top 3 at 3 g/kg can enhance the growth rate and intestine histology of whiteleg shrimp.

*Corresponding author: e.sotoudeh@pgu.ac.ir





تغذیه آبزیان

سال هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۱، صفحات ۲۵-۳۷

DOI: 10.22124/janb.2023.24057.1187

"مقاله پژوهشی"

اثرات تغذیه ای افزودنی حاوی اسیدهای آلی، سینامالدهید و نفوذپذیر کننده بر برخی از شاخص‌های رشد و بافت روده میگوی پاشی‌غریبی (*Litopenaeus vannamei*)

فاطمه افشاری^۱، ابراهیم ستوده^{۱*}، سید احمد قاسمی^۲، منصور طرفی^۳

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر

۲- پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر

۳- پژوهشکده آبی‌پروری آبهای جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، اهواز، خوزستان

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱

کلمات کلیدی

چکیده

در این مطالعه تأثیر جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف افزودنی حاوی اسیدهای آلی، سینامالدهید و نفوذپذیرکننده بر برخی از شاخص‌های رشد و بافت روده میگوی پاشی‌غریبی (*Litopenaeus vannamei*) بررسی شد. برای این منظور، پنج جیره با پروتئین یکسان (۳۸٪) حاوی سطوح مختلف ۳، ۶، ۹ و ۱۲ گرم افزودنی تجاری بایوترونیک تاپ ۳ در کیلوگرم غذا فرموله، و یک جیره غذایی فاقد افزودنی نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. میگوها به صورت تصادفی در ۱۵ مخزن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری حاوی آب دریا (۲۰ میگو در هر مخزن) و هر تیمار آزمایشی در سه تکرار قرار گرفتند. غذاهای میگوها به میزان ۷٪ وزن بدن سه وعده در روز انجام شد. در پایان آزمایش میانگین وزن نهایی در میگوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی افزودنی به‌طور معنی‌دار بالاتر از گروه شاهد بود ($p < 0.05$). بالاترین میانگین وزن نهایی در تیمار حاوی ۳ گرم افزودنی مشاهده شد، اما افزودن سطوح بالاتر این افزودنی اثر معنی‌دار بر وزن نهایی میگوها نشان نداد ($p > 0.05$). ضریب تبدیل غذایی گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی افزودنی بجز گروه تغذیه شده با ۹ گرم افزودنی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌دار پایین‌تر بود ($p < 0.05$). بررسی ساختار بافتی روده نشان داد که به‌کارگیری این افزودنی در خوراک میگو باعث افزایش ارتفاع پرزهای روده می‌شود. در مجموع، با توجه به یافته‌های این تحقیق، گنجاندن ۳ گرم در کیلوگرم افزودنی بایوترونیک تاپ ۳ در خوراک می‌تواند موجب بهبود رشد و ساختار بافتی روده میگوی سفید غریبی شود.

مقدمه

میگوی پاسبید غربی (*Litopenaeus vannamei*) به دلیل رشد سریع، نیاز پروتئینی کمتر نسبت به دیگر گونه های میگو، تحمل بالای شرایط محیطی (تراکم بالا، دامنه وسیع شوری و دما) و مقاومت در برابر بیماری ها مهم ترین و اقتصادی ترین گونه میگوی پرورشی محسوب می شود (Huang et al. 2014). بر اساس آمارهای سازمان فائو در سال ۲۰۲۲ این گونه با ۵/۸ میلیون تن، بیشترین میزان تولید در بین گونه های میگو داشته است (FAO, 2022). در سالیان اخیر این میگو به گونه اصلی آبی پروری ساحلی تبدیل شده و منبع مهم درآمد ارزی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه است (FAO, 2022). با توجه به اینکه یکی از اهداف آبی پروری، کاهش ضریب تبدیل غذایی و استفاده از غذاهایی با کیفیت بالا و قیمت مناسب و اقتصادی است، استفاده از محرک های رشد به طور چشم گیری افزایش یافته است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۷). مخلوط اسیدهای آلی می تواند فعالیت ضد میکروبی بر علیه طیف گسترده ای از باکتری های بیماری زا داشته باشد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که استفاده از مخلوط اسیدهای آلی در خوراک، عملکرد رشد میگوی پاسبید غربی را بهبود می دهد (Romano et al. 2015). مشتقات گیاهان داوربی به عنوان افزودنی در خوراک آبزیان، راهی مؤثر برای تقویت دستگاه ایمنی میزبان محسوب می شوند، زیرا آنها حاوی طیف گسترده ای از اجزای زیستی با خصوصیات ضد میکروبی، ضد ویروسی، ضد التهابی و ضد اکسایشی هستند (Reverter et al. 2017). تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده خوراکی از عصاره گیاهی سینامالدهید نیز نشان می دهد که این مکمل اثرات مثبتی بر آبزیان دارد. این ترکیب با تحریک دستگاه ایمنی در حمله به عوامل عفونی کمک می کند (Mushlova et al. 2009). همچنین، سینامالدهید بر پروتئین FtsZ که نقش مهمی در تقسیم یاخته ای باکتری بیماری زا ایفا می کند، مؤثر است (Domadia et al. 2007). افزودن سینامالدهید موجب کاهش معنی دار در مرگومیر نوزاد ماهی بوربوت (*Lota lota*) در معرض باکتری های *Aeromonas salmonicida* و *Aeromonas hydrophila* می شود (Natrash et al. 2012). اثرات مثبت تغذیه ای سینامالدهید در جوندگان نیز گزارش شده است (Ozbayer et al.,)

2014; Morgan et al. 2014; Wang et al. 2015). در پرندگان نیز اثرات مثبت این مکمل گزارش شده است. برای مثال، افزودن سینامالدهید موجب بهبود ظرفیت ضد اکسایشی کبدی جوجه های گوشتی شده است (Karadas et al. 2014; Pirgozliev et al. 2019). همچنین، در مطالعه Cheng و همکاران (۲۰۱۹)، سینامالدهید موجب افزایش فعالیت آنزیم های ضد اکسایشی و کاهش میزان آنزیم سوپراکسید در پلاسما و لایه مخاطی روده پرندگان شد. ترکیب نفوذپذیر کننده به غشای خارجی باکتری های گرم منفی نفوذ و موجب افزایش حساسیت باکتری نسبت به دیگر ترکیبات می شود (Riemensperger et al. 2012). بررسی های انجام شده نشان می دهد که این ترکیب در جیره غذایی موجب برقراری تعادل میکروفلور در لوله گوارش و بهبود تعادل لاکتوباسیل/ اشیریشیا کولای می شود. مهم ترین خصوصیت این ماده افزودنی، ضد عفونی کردن غذا، بهبود قابلیت هضم و کاهش رشد میکروب- هاست. اثر این ترکیب با توجه به نوع اسیدهای آلی انتخابی (فرمات، پروپیونات و استات)، نمک ها، عصاره های اختصاصی و حامل های غیر آلی متفاوت است (Tabidi et al. 2016). خاصیت مکمل حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید در خوک علیه باکتری اشیریشیا کولای و سالمونلای روده ای به اثبات رسیده است و همچنین، افزودن این مکمل به غذای خوک منجر به افزایش معنی دار وزن نهایی بدن و درصد افزایش وزن بدن روزانه شد (Riemensperger et al. 2012). مطالعات انجام شده نشان می دهد که به کارگیری همزمان اسیدهای آلی و سینامالدهید، اثربخشی آنها را افزایش می دهد، زیرا اسیدهای آلی می توانند اثرات مفید خود را در خوراک و قسمت قدامی روده میزبان اعمال کنند، در حالی که سینامالدهید تأثیر مفید خود را در بخش عقبی دستگاه گوارش در جوجه های گوشتی ایفا می کند (Langhout, 2000). با وجود این، ورود این ترکیبات طبیعی به باکتری های گرم منفی عمدتاً چالش برانگیز است، زیرا این باکتری ها دارای یک غشای خارجی اضافی هستند که از نفوذ ترکیبات سمی در یاخته جلوگیری می کند (Canovas et al. 2005). غشای خارجی باکتری های گرم منفی را می توان با عوامل نفوذپذیر (Vaara, 1992) که نفوذ ترکیبات ضد میکروبی را به داخل یاخته باکتری تسهیل

تهیه غذا و غذادهی میگوها

از نرم افزار لیندو (, 6.1 release 1999, Copy right USA) برای فرموله کردن جیره آزمایشی حاوی سطوح مختلف مکمل غذایی (افزودنی تاپ ترونیک ۳، شرکت بایومین، اتریش) استفاده شد. چهار جیره حاوی سطوح مختلف ۳، ۶، ۹ و ۱۲ گرم افزودنی و یک جیره شاهد (بدون افزودنی) تهیه شد. برای ساخت جیره‌ها، اجزای غذایی مانند آرد ماهی، آرد اسکوئید، کنجاله سویا و آرد میگو (پوست سر و بدن) ابتدا آسیاب، و با الک ۰/۵ میلی‌متری غربال شدند. سپس تمامی مواد اولیه بر اساس درصدهای تعیین شده، توزین شدند (جدول ۱). ابتدا مواد خشک اولیه به مدت ۳۰ دقیقه درون مخلوط‌کن کاملاً هم زده شد تا مخلوطی همگن ایجاد شود. سپس روغن‌ها و در نهایت، به میزان لازم آب گرم نیز اضافه شد تا ترکیب حالت خمیری پیدا کند. خمیر ایجاد شده از چرخ‌گوش با قطر چشمه ۲ میلی‌متری عبور داده شد و رشته‌های خارج شده بر روی سینی‌های توری فلزی در خشک‌کن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. در نهایت، پلت‌های تهیه‌شده در کیسه‌های نایلونی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

سنجش شیمیایی جیره غذایی میگو

تمامی سنجش‌های بیوشیمیایی ترکیبات اولیه (جدول ۲) و جیره‌های غذایی (جدول ۱) بر اساس روش کار استاندارد AOAC (1997, AOAC) انجام شد. برای محاسبه میزان رطوبت لاشه، نمونه‌ها در آون (, UBF400 Germany) با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند. خاکستر با سوزاندن نمونه‌های لاشه به مدت ۹ ساعت در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. پروتئین خام (نیتروژن کل $\times 6/25$) با استفاده از دستگاه کلدال خودکار (Buchi, Auto Kejl Dahl K370) و چربی خام با روش سوکسله و با استفاده از حلال کلروفرم و متانول اندازه‌گیری شد.

می‌کند، از بین برد (Alakomi, 2007). پیشنهاد شده است که اثرات ضد میکروبی اسیدهای آلی و سینامالدهید را می‌توان با گنجاندن نفوذپذیرها افزایش، و متعاقباً کارایی آنها را در کاهش پیرگنه‌های باکتریایی بیماریزا در روده میزبان افزایش داد (Riemensperger et al. 2012). به رغم اثرات مفید اسیدهای آلی و عصاره‌های گیاهی و نفوذپذیر-کننده در صنعت آبزی‌پروری، دام و طیور (, Su et al. 2014; Stensland et al. 2015; Da Silva., 2016; Ng and Koh, 2017; Menanteau-Ledouble et al. 2019; Oso et al. 2017) مطالعات اندکی اثرات هم‌افزایی این سه ترکیب را بررسی کرده‌اند که عمده این تحقیقات بر روی دام و طیور متمرکز بوده است. لذا مکملی متشکل از مخلوطی از اسیدهای آلی، عصاره گیاهی سینامالدهید و مجموعه نفوذپذیرکننده ساخته شد. هدف از این مطالعه، ارزیابی تأثیر سطوح مختلف افزودنی تجاری حاوی اسیدهای آلی، سینامالدهید و نفوذپذیرکننده بر عملکرد رشد و ساختار بافت روده میگوی پاسبید غربی است.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش

این آزمایش در آزمایشگاه آبزیان دانشگاه خلیج فارس (بوشهر) انجام شد. میگوهای مورد استفاده در این تحقیق از شرکت خصوصی پرورش میگو تهیه، و به مدت ۲ هفته با شرایط جدید سازگار شدند. پس از اتمام دوره سازگاری، بچه‌میگوهای واجد میانگین وزن اولیه ۲ گرم به‌طور تصادفی در ۱۵ مخزن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری حاوی آب دریای فیلتر شده توزیع شدند. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته انجام شد. میگوهای مورد آزمایش در ۴ نوبت و در ساعت‌های ۸، ۱۱، ۱۴ و ۱۸ غذادهی شدند. روزانه باقی‌مانده جیره هر مخزن قبل از غذادهی از طریق سیفون کردن جمع‌آوری شد. فراسنجه‌های کیفی از جمله شوری (دستگاه شوری سنج چشمی)، دما (دماسنج جیوه ای)، pH (WTW مدل B3223/set)، اکسیژن محلول (WTW مدل ox320/set) روزانه اندازه‌گیری شد. میانگین شوری آب مخازن آزمایشی ppt ۴۰، دمای آب $^{\circ}\text{C}$ ۳۰/۱۸، pH آب ۸/۱۹ و میزان اکسیژن محلول ۷/۵-۷ میلی‌گرم در لیتر بود.

جدول ۱ مواد اولیه مورد استفاده برای ساخت جیره های آزمایشی (درصد).

تیمارهای غذایی					مواد اولیه (%)
۱۲	۹	۶	۳	شاهد	
۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	آرد ماهی ^a
۲۲/۶۹	۲۲/۶۹	۲۲/۶۹	۲۲/۶۹	۲۲/۶۹	آرد سویا
۲۶/۹۷	۲۶/۹۷	۲۶/۹۷	۲۶/۹۷	۲۶/۹۷	آرد گندم
۴/۳۱	۴/۳۱	۴/۳۱	۴/۳۱	۴/۳۱	آرد میگو ^b
۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	آرد اسکویید ^c
۵	۵	۵	۵	۵	گلوتن ذرت ^d
۳	۳	۳	۳	۳	روغن ماهی ^e
۲	۲	۲	۲	۲	روغن کلزا ^f
۱	۱	۱	۱	۱	لسیتین سویا ^g
۱	۱	۱	۱	۱	ماده معدنی ^h
۱	۱	۱	۱	۱	مخلوط ویتامینی ⁱ
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	متیونین
۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	لایزین
۱	۱	۱	۱	۱	دی کلسیم فسفات
۴	۴	۴	۴	۴	ژلاتین
۰	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۲	سلولز
۱	۱	۱	۱	۱	مخمر
۱/۲	۰/۹	۰/۶	۰/۳	۰	مکمل بایوترونیک ⁱ
					ترکیبات بیوشیمیایی (%)
۳۸/۱۷	۳۸/۳۴	۳۸/۱۲	۳۸/۰۴	۳۸/۲۳	پروتئین
۹/۲۰	۹/۱۸	۹/۳۱	۹/۲۷	۹/۴	چربی
۱۰/۲۰	۱۰/۵	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۲	خاکستر
۸/۱۶	۸/۱۳	۸/۰۴	۷/۹۶	۸/۲	رطوبت
۱۸/۵۴	۱۸/۵۰	۱۸/۶۰	۱۸/۵۴	۱۸/۵	انرژی (Kj/g)

^a شرکت فرآوری ماهی قشم، ^b کارخانه پودر ماهی ۸۴۸ بندر رستمی (بوشهر)، ^d شرکت فرآوری فروکتوز ناب (تهران)، ^e شرکت گلشن آسور قائمشهر (مازندران)، ^f شرکت روغن فامیلا (تهران). ^h مخلوط مکمل معدنی شامل آهن ۲۶ گرم، روی ۱۲/۵ گرم، سلنیوم ۲ گرم، کبالت ۴۸۰ میلی گرم، مس ۴/۲ میلی، منگنز ۱۵/۸، ید ۱ گرم، ⁱ هر کیلوگرم مخلوط مکمل ویتامینی شامل: ویتامین A ۱۶۰۰۰۰ IU، ویتامین D₃ ۴۰۰۰۰۰ IU، کولین کلراید ۱۲۰۰۰ میلی گرم، نیاسین ۴۰۰۰ میلی گرم، ریبوفلاوین ۸۰۰۰ میلی گرم، پیریدوکسین ۴۰۰۰ میلی گرم، فولیک اسید ۲۰۰۰، ویتامین B₁₂ ۸۰۰۰ میلی گرم، بیوتین ۱ میلی گرم، اینوزیتول ۲۰۰۰۰، ویتامین C ۶۰۰۰۰، ویتامین B₂ ۸۰۰۰ میلی گرم، ویتامین K₃ ۲۰۰۰، ویتامین E ۴۰۰۰۰ (mg یا IU در هر کیلوگرم غذا).

^gHyundai Special Feed Ltd. Co., Ltd (South Korea), ^hBansal Extraction &Exports Pvt Ltd (India), ⁱCreveTec bvba Co., Ltd (Belgium), ^jBiotronic® Top3, Biomin.

اندازه گیری شاخص های رشد

برای بررسی رشد میگوها و مقایسه بین تیمارها، از شاخص هایی مانند درصد بقا، درصد افزایش وزن،

ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و نرخ بازده

پروتئین با استفاده از فرمول های مربوطه محاسبه شد.

جدول ۲ ترکیبات شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده برای ساخت جیره غذایی (بر حسب %).

پروتئین	چربی	خاکستر	
۶۵/۴۲	۶	۲۳	آرد ماهی
۴۵/۶۹	۲۰	۹	آرد اسکوئید
۴۸/۰۲	۵/۶۶	۲۸	آرد میگو
۸۱/۴۷	-	۲۱	ژلاتین
۴۴/۰۲	۱/۳۳	۱۲	کنجاله سویا
۶۴/۶۵	۲	۲	گلوتن ذرت

تحلیل داده‌ها از آزمون واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و برای اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. سطح معنی‌دار بودن در تمامی بررسی‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج

شاخص‌های رشد، بازماندگی و تغذیه میگوهای آزمایشی

میزان بازماندگی میگوها در تمام گروه‌های آزمایشی ۱۰۰٪ بود و هیچ تلفاتی در طی آزمایش مشاهده نشد. جدول ۳ نتایج شاخص‌های رشد و تغذیه گروه‌های مختلف آزمایشی را نشان می‌دهد. میانگین وزن نهایی میگوهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی افزودنی بایوترونیک تاپ ۳ به‌طور معنی‌دار بالاتر از گروه تغذیه شده با جیره شاهد بود ($p < 0.05$). شاخص ضریب تبدیل خوراک و نسبت کارایی پروتئین در گروه‌های تغذیه شده با خوراک‌های حاوی افزودنی بجز گروه تغذیه شده با جیره ۹ گرم در کیلوگرم جیره کمتر از گروه شاهد بود.

بافت‌شناسی روده

در پایان آزمایش برای مطالعه ساختار روده ۶ قطعه میگو به صورت کاملاً تصادفی از هر یک از تیمارها و گروه شاهد انتخاب و نمونه‌های روده جداسازی و در محلول فرمالین ۴٪ نگهداری شد. مراحل آب‌گیری با استفاده از الکل‌های ۹۰ و ۱۰۰٪ و نهایتاً با الکل بوتیلیک (۱۲ ساعت) انجام شد. سپس، نمونه‌ها با استفاده از گزین شفاف‌سازی شد و به مدت ۱۲ ساعت در داخل آن در پارافین مایع قرار داده و در نهایت، قالب‌گیری شدند. پس از قالب‌گیری با استفاده از میکروتوم، مقاطع نمونه بافت‌ها برش داده شدند و به روش هماتوکسیلین-ئوزین (H & E) رنگ‌آمیزی و با استفاده از میکروسکوپ نوری بررسی و اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش در یک طرح آماری کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از طریق نرم افزار SPSS ver 22 ارزیابی شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد. برای تجزیه و

جدول ۳ شاخص‌های رشد میگوی پاسبید غربی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف افزودنی^۱

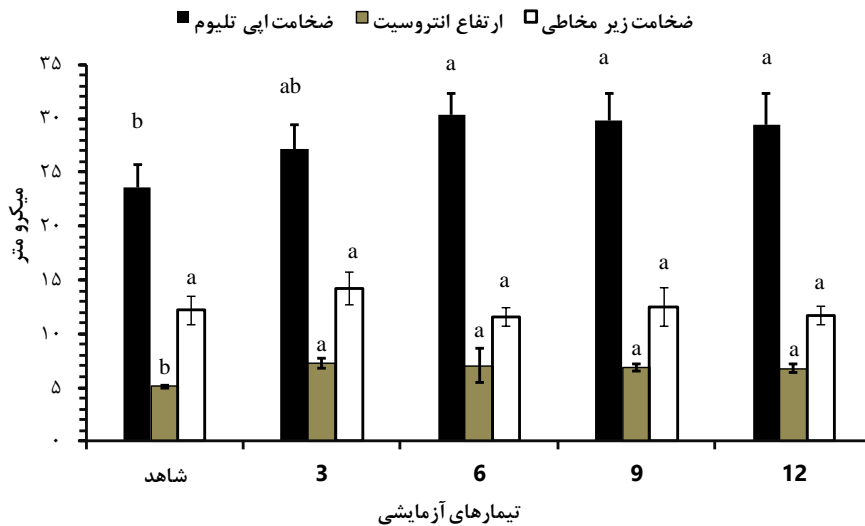
شاخص‌ها	تیمارهای مختلف			
	شاهد	۳	۶	۹
وزن نهایی (گرم)	۱۱/۹۱ ± ۰/۰۴ ^b	۱۳/۵۵ ± ۰/۰۵ ^a	۱۳/۲۰ ± ۰/۰۱ ^a	۱۲/۹۵ ± ۰/۰۳ ^a
بازماندگی (%)	۱۰۰ ± ۰/۰ ^a	۱۰۰ ± ۰/۰ ^a	۱۰۰ ± ۰/۰ ^a	۱۰۰ ± ۰/۰ ^a
ضریب تبدیل غذایی	۱/۴۹ ± ۰/۰۴ ^a	۱/۳۳ ± ۰/۰۴ ^b	۱/۳۶ ± ۰/۰۱ ^b	۱/۳۹ ± ۰/۰۱ ^{ab}

^۱ میانگین ± خطای استاندارد ۳ تکرار، عدم وجود حروف در ردیف‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف در فراسنجه‌های مذکور است.

ساختار بافت شناسی روده

شکل ۱ نتایج اندازه گیری شاخص های بافت شناسی میگوهای تغذیه شده با جیره های مختلف را نشان می دهد. ضخامت لایه بافت پوششی (ارتفاع چین-خوردگی) و ارتفاع یاخته های روده ای در میگوهای تغذیه

شده با جیره های حاوی ۶، ۹ و ۱۲ گرم افزودنی بایوترونیک تاپ ۳ در کیلوگرم جیره به طور معنی دار بیش از گروه شاهد بود ($p < 0.05$). با وجود این، ارتفاع لایه زیرمخاطی روده در گروه های آزمایشی تفاوت معنی دار نشان نداد ($p > 0.05$).



شکل ۱ شاخص های بافتی روده میگوی وانامی تغذیه شده با جیره های غذایی.

بحث

در مطالعه حاضر سطوح مختلف حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید باعث بهبود رشد و ضریب تبدیل غذایی در میگوهای پاسبید غربی در مقایسه با گروه شاهد شد. پایین بودن ضریب تبدیل غذایی از عوامل اقتصادی در پرورش آبزبان است، زیرا علاوه بر کاهش هزینه های غذا و غذادهی، از آلودگی ثانویه آب محیط پرورش و به طبع آن کاهش فراسنجه های کیفی آب جلوگیری می کند (Falahatkar et al. 2006). جیره های غذایی حاوی مکمل اسیدهای آلی و سینامالدهید در این آزمایش همانند جیره غذایی فاقد مکمل توسط میگو مصرف شدند و به نظر نمی رسد که جیره های غذایی حاوی افزودنی میزان اشتها را به طور کلی در میگوهای آزمایشی کاهش داده باشد. در نتیجه، میگوهای تغذیه شده با جیره های حاوی افزودنی دارای نرخ رشد بالاتری نسبت به شاهد بودند. در مطالعه مشابهی که در زمینه اثرات افزودنی تغذیه ای بر خوکها انجام شده بود، نتایج نشان داد که مکمل غذایی حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید، به دلیل مخلوط خاصی از

اسیدهای آلی، عامل فیتوژنیک (سینامالدهید)، خواص ضد-میکروبی مؤثری از خود نشان می دهد که موجب افزایش مقاومت به بیماری و بهبود عملکرد رشد می شود (Riemensperger et al. 2012). به نظر می رسد که ترکیب نفوذپذیرکننده با افزایش نفوذپذیری پوشش یاخته ای باکتری خاصیت ضد میکروبی اسیدهای آلی و سینامالدهید را تقویت می کند (Riemensperger et al. 2012). در مقابل، He و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مخلوطی از اسیدهای آلی (سیترات، ۲۵٪ و سوربات، ۱۶/۷٪) و اسانسها (تیمول، ۱/۷٪؛ وانیلین، ۱٪) بر رشد و استفاده از خوراک در میگوی پاسبید غربی تأثیری نداشته است. مطالعات فراوانی نشان داد که اسید آلی به تنهایی (Silva et al. 2013, 2016a,b; Su et al. 2014; da Silva et al. 2016; Duan et al. 2017, Romano et al. 2018) یا مخلوط اسیدهای آلی (Yao et al. 2015; Yao et al. 2019) یا نمک های آنها عملکرد رشد و استفاده از خوراک را در میگوی پاسبید غربی بهبود می بخشد.

انجام شده در طیور نشان می‌دهد که گنجاندن دارچین در غذا منجر به افزایش مصرف خوراک می‌شود که این افزایش به زیاد شدن فعالیت آنزیم‌های گوارشی نسبت داده شده است (Yang et al. 2019). سینامالدهید در فعال‌سازی عامل رشد شبه انسولینی (IGF-1) مؤثر است و در نتیجه، افزایش عملکرد رشد را می‌توان به افزایش میزان هورمون رشد در خون نسبت داد (Takasao et al. 2012).

در بررسی حاضر، افزایش سطح افزودنی حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید تا سطح ۱/۲ گرم در کیلوگرم خوراک اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد میگوئی وانامی داشت. در نتیجه به نظر می‌رسد که سطوح بالای مکمل حاوی اسید-های آلی و سینامالدهید می‌تواند منجر به تلخی و ایجاد طعم خاص به دلیل وجود ترکیب سینامالدهید شود که یکی از مشتقات دارچین است و در نهایت، منجر به کاهش مصرف کم خوراک شود (Bennick et al. 2002). در مطالعه حسینی شکرایی و همکاران (۱۳۹۸) و ضاحی زاده و همکاران (۱۳۹۹) افزودنی حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید تأثیر مثبتی بر عملکرد رشد و نرخ بقا داشت، چون ترکیب اسیدهای پروپیونیک، فرمیک و لاکتیک در کنار سینامالدهید و نفوذپذیرکننده، مجموعه‌ای با اثرات هم افزایی ایجاد کرده است که با تأثیر بر اسیدیته، مهار رشد باکتری‌ها و افزایش میزان جذب، بر شاخص‌های تغذیه‌ای و رشد مؤثر است.

در مطالعه حاضر، چین‌خوردگی روده و ارتفاع یاخته‌های روده‌ای با گنجاندن اسیدهای آلی و سینامالدهید در رژیم غذایی افزایش یافت که می‌توان آن را به افزایش ناحیه جذب روده و بهبود یکپارچگی برس یاخته‌های روده‌ای و در نهایت، منجر به جذب بهتر مواد مغذی در میگوئی پا سفید غربی نسبت داد. در این زمینه، گزارش شده است که اسیدهای آلی و سینامالدهید بر برخی از عوامل آسیب‌زای باکتریایی حاد آبی مانند *Vibrio harveyi* و *V. Menanteau-Ledouble et al. 2017* خاصیت باکتری‌کشی دارد و احتمالاً می‌تواند وضعیت سلامت روده را در میگوئی پا سفید غربی بهبود بخشد. علاوه بر این، در این مطالعه افزایش ظرفیت ضداکسایشی در میگوئی پا سفید غربی تغذیه شده با جیره-های حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید ممکن است باعث بهبود وضعیت احیا در روده و محافظت از بافت پوششی

در مطالعه دیگری، اثرات سودمند مخلوطی از اسیدهای آلی بر رشد را با خصوصیات ضد میکروبی آنها، بهبود وضعیت سلامت روده، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و فراهمی-زیستی مواد معدنی، ایجاد میکرو فلور ارتقاء دهنده سلامت در روده و القای فعالیت آنزیم‌های گوارشی مرتبط دانستند (Hoseinifar et al. 2017; Ng and Koh, 2017; Tran et al. 2018). با وجود این، دیگر آزمایش‌ها نیز نشان می‌دهند که اثرات مفید اسیدهای آلی بر عملکرد رشد ممکن است احتمالاً به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی باشد، زیرا استفاده از این اسیدها در خوراک باعث افزایش فعالیت آنزیم پپسین، فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده (تریپسین و لیپاز) و فعالیت آنزیم‌های روده (لوسین-آمینوپپتیداز و فسفاتازها) می‌شود (Castillo et al. 2014)، اما مکانیسم این اثر در افزایش عملکرد رشد هنوز مشخص نیست. علاوه بر این، نتایج مطالعات نشان داده است که مخلوطی از اسیدهای آلی می‌تواند موجب ارتقای ظرفیت ضداکسایشی (Alamifar et al. 2020; Sotoudeh et al. 2021)، کاهش بیان سایتوکین‌های پیش‌التهابی (Sotoudeh et al. 2021) و افزایش هورمون‌های رشد شود (Hoseinifar et al. 2017b; Safari et al. 2017) که می‌توانند تأثیر مثبتی بر سرعت رشد جانوران آبی داشته باشند. چندین بررسی اثرات مفید دارچین یا سینامالدهید بر رشد و استفاده از خوراک در گونه‌های مختلف ماهیان مانند تیلاپیای نیل (Amer et al. 2018; Abdel-Tawwab et al. 2018; Abd El-Hamid et al. 2021)، ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) (Zhou et al. 2020)، ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) (Habiba et al. 2021) و قزل‌آلای رنگین کمان (Ravardshiri et al. 2021) گزارش کردند. این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که هم‌زمان با فعال شدن آنزیم-های گوارشی، ظرفیت ضداکسایشی بالاتر و پاسخ ایمنی در این گونه‌های ماهی همراه است. به نظر می‌رسد که سینامالدهید استقرار (کلونیزه شدن) میکروبیوتای مفید را افزایش می‌دهد و یا از تکثیر باکتری‌های بیماری‌زا در دستگاه گوارش جلوگیری می‌کند که در نهایت، قابلیت هضم، استفاده از خوراک و رشد را در میزبان افزایش می‌دهد (Abdel-Tawwab et al. 2018; El-Hamid et al. 2021; Ravardshiri et al. 2021). بررسی‌های

در مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان داد گنجاندن ۳ گرم در کیلوگرم افزودنی حاوی اسیدهای آلی، سینامالدهید و عامل نفوذپذیرکننده به جیره غذایی باعث افزایش رشد میگوی پاسبید غربی می شود که با بهبود ضریب تبدیل غذایی و ساختار بافتی روده مرتبط است. مطالعات بیشتری برای کشف نحوه عملکرد افزودنی حاوی اسیدهای آلی و سینامالدهید در شرایط واقعی مانند آزمایش های چالش با عوامل بیماری زا و در تراکم بالا مورد نیاز است.

منابع

حسینی شکرابی، س.پ.، سیدعلیخانی، س.ب.، شمسیایی مهرجان، م.، سیدالحسینی، س.ه.، منوچهری، ح. ۱۳۹۸. تأثیر سطوح مختلف ترکیب اسیدهای آلی خوراکی بر برخی شاخص های رشد و ترکیبات لاشه بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علمی شیلات ایران ۲۸: ۴۳-۳۵.

علیزاده، ح.، اورجی، ح.، فلاحتکار، ب.، عفت پناه، ا. ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف اسید مالیک بر رشد و ترکیب لاشه بچه تاسماهی سبیری (*Acipenser baerii*) (Brandt, 1988). مجله علمی شیلات ایران ۲۷: ۱۲-۱.

ضاحی زاده، آ.، ذاکری، م.، موسوی، م.، کوچنین، پ.، سوری، م. ۱۳۹۹. اثرات سطوح مختلف مکمل خوراکی بایوترونیک تاپ ۳ بر شاخص های رشد، تغذیه و ترکیبات بیوشیمیایی بدن میگوی پاسبید (*Litopenaeus vannamei*). شیلات ۷۳: ۵۲۷-۵۱۵.

یاخته های روده ای در برابر رادیکال های اکسیژن فعال شود. علاوه بر این، تأیید شده است که اسیدهای آلی با تأمین انرژی برای یاخته های پوششی روده و تقویت پرگنه های باکتریایی بومی مقاوم به اسید در روده می تواند بافت پوششی مخاطی را از جابه جایی و چسبندگی باکتری های بیماری زا محافظت کند (Silva et al. 2013; Hoseinifar et al. 2017; Ng and Koh, 2017; Tran et al. 2018). علاوه بر این، افزایش چین خوردگی روده و ارتفاع یاخته های روده ای احتمال دارد که به اثرات کاهش دهنده مخلوط اسیدهای آلی و سینامالدهید بر پاسخ های التهابی ناشی از سموم باکتری های بیماری زا (Defoirdt et al. 2009; Hoseinifar et al. 2017) مرتبط باشد. در این رابطه Han و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند که بوتیرات سدیم اثر نامطلوب گلیسینین (یک عامل ضد تغذیه ای) را بر ریخت شناسی روده در خرچنگ چینی (*Eriocheir sinensis*) کاهش داد. همچنین، مطابق با نتایج مطالعه حاضر، Silva و همکاران (۲۰۱۶ b) گزارش کردند که پلی هیدروکسی بوتیرات و بوتیرات رژیم غذایی باعث افزایش درازای روده، پهنای پرزها و محیط پرز در میگوی *L. vannamei* شد. علاوه بر این، Yao و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که گنجاندن ترکیبی از نمک های اسیدهای آلی (Ca-Propionate، Ca-Formate و Na-Acetate) در یک رژیم غذایی واجد آرد ماهی کم (آرد ماهی = ۱۰٪) باعث افزایش ارتفاع پرزها شده و باعث می شود ریزپرزه های روده در *L. vannamei* منظم تر شوند.

Aalamifar, H., Soltanian, S., Vazirzadeh, A., Akhlaghi, M., Morshedi, V., Gholamhosseini, A., Mozanzadeh, M.T. 2020. Dietary butyric acid improved growth, digestive enzyme activities and humoral immune parameters in Barramundi (*Lates calcarifer*). Aquaculture Nutrition 26: 156-114.

Abd El-Hamid, M.I., Ibrahim, S.M., Eldemery, F., El-Mandrawy, S.A.M., Metwally, A.S., Khalifa, E. Elnahriry S.S. Ibrahim D. 2021. Dietary cinnamaldehyde nanoemulsion boosts growth and transcriptomes of antioxidant and immune related genes to fight *Streptococcus agalactiae* infection

in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish and Shellfish Immunology 113: 96-105.

Abdel-Tawwab, M., Samir, F., Abd El-Naby, A.S., Monier, M.N. 2018. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary cinnamon nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. Fish and Shellfish Immunology 74: 19-25.

Alakomi, H.L. 2007. Weakening of the Gram-negative bacterial outer membrane: A tool for increasing

- microbiological safety. PhD thesis, Helsinki, Finland.
- Amer, S.A., Metwally, A.E., Ahmed, S.A.A. 2018. The influence of dietary supplementation of cinnamaldehyde and thymol on the growth performance, immunity and antioxidant status of monosex Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*). Egyptian Journal of Aquatic Research 44: 251-256.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Bennick, A. 2002. Interaction of Plant Polyphenols with Salivary Proteins. Critical reviews in oral biology and medicine: Critical Reviews in Oral Biology & Medicine 13: 184-196.
- Castillo, S., Rosales, M., Pohlenz, C., Gatlin, D.M. 2014. Effects of organic acids on growth performance and digestive enzyme activities of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture 433: 6-12.
- Cheng, Q., Xia, Y., Yi, D., Hou, Y., Duan, R., Guo, S., Ding, B. 2019. The intestinal cinnamaldehyde release and antioxidative capacity of broiler chickens fed diets supplemented with coated *Oleum cinnamomi*. Journal of Applied Poultry Research 28: 1058-1068.
- da Silva, B.C., Vieira, F.D.N., Mourino, J.L.P., Bolivar, N., Seiffert, W.Q. 2016. Butyrate and propionate improve the growth performance of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research 47: 612-623.
- Defoirdt, T., Boon, N., Sorgeloos, P., Verstraete, W., Bossier, P. 2009. Short-chain fatty acids and poly- β -hydroxyalkanoates: (New) biocontrol agents for a sustainable animal production. Biotechnology Advances 27: 680-685.
- Domadia, P., Swarup, S., Bhunia, A., Sivaraman, J., Dasgupta, D. 2007. Inhibition of bacterial cell division protein FtsZ by cinnamaldehyde. Biochemical Pharmacology 74: 831-840.
- Duan, Y., Wang, Y., Zhang, J., Sun, Y., Wang, J. 2018. Dietary effects of succinic acid on the growth, digestive enzymes, immune response and resistance to ammonia stress of *Litopenaeus vannamei*. Fish and Shellfish Immunology 78: 10-17.
- Duan, Y.F., Zhang, Y., Dong, H.B., Zheng, X.T., Wang, Y., Li, H., Liu, Q., Zhang, J. 2017. Effect of dietary poly- β -hydroxybutyrate (PHB) on growth performance, intestinal health status and body composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Fish and Shellfish Immunology 60: 520-528.
- Falahatkar, B., Soltani, M., Abtahi, B., Kalbassi, M.R., Poorkazemi, M., Yasemi, M. 2006. Effect of vitamin C on Growth Performance, Survival Rate and Liver Somatic Index in Great Sturgeon (*Huso huso*) Juvenile. Iranian Journal of Research and Development in Livestock and Aquaculture 72: 98-103.
- FAO. 2022. The Food and Agriculture Organization. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020, Sustainability in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Habib, M.M., Hussein, E.E., Ashry, A.M., El-Zayat, A.M., Hassan, A.M., El-Shehawi, A.M., Sewilam, H., Van Doan, H., Dawood, M.A.O. 2021. Dietary cinnamon successfully enhanced the growth performance, growth hormone, antibacterial capacity, and immunity of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). Animals 11: 2128.
- Han, F., Xu, C., Qi, C., Lin, Z., Li, E., Wang, C., Wang, X., Qin, J.G., Chen, L. 2020. Sodium butyrate can improve intestinal integrity and immunity in juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) fed glycinin. Fish and Shellfish Immunology 102: 400-411.

- He, W., Rahimnejad, S., Wang, L., Song, K., Lu, K., Zhang, C. 2017. Effects of organic acids and essential oils blend on growth, gut microbiota, immune response and disease resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish and Shellfish Immunology* 70: 164-173.
- Hoseinifar, S.H., Su, Y.Z., Caipang, C.M. 2017a. Short chain fatty acids as feed supplements for sustainable aquaculture: An updated view. *Aquaculture Research* 48: 1380-1391.
- Hoseinifar, S.H., Safari, R., Dadar, M. 2017b. Dietary sodium propionate affects mucosal immune parameters, growth and appetite related genes expression: Insights from zebrafish model. *General and Comparative Endocrinology* 243: 78-83.
- Huang, X.L., Xia, M.H., Jin M., Wang T., Zhou, Q.C. 2014. Dietary thiamin could improve growth performance, feed utilization and non-specific immune response for juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition* 21: 364-372.
- Karadas, F., Pirgozliev, V., Rose, S.P., Dimitrov, D., Oduguwa, O., Bravo, D. 2014. Dietary essential oils improve the hepatic antioxidative status of broiler chickens. *British Poultry Science* 55: 329-334.
- Langhout, P. 2000. New feed additives for broiler chickens. *World Poult* 16: 22-27.
- Magrone, T., Fontana, S., Laforgia, F., Dragone, T., Jirillo, E., Passantino, L. 2016. Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) modulates intestinal and spleen immune responses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [http. 10.1155/2016/2827567](http://dx.doi.org/10.1155/2016/2827567)
- Menanteau-Ledouble, S., Krauss, I., Goncalves, R.A., Weber, B., Santos, C.A., El-Matbouli, M., 2017. Antimicrobial effect of the Biotronic® Top3 supplement and efficacy in protecting rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from infection by *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. *Research in Veterinary Science* 114: 95-100.
- Mushlova, Z., Schindler, I., Staeck, W. 2009. Description of *Andinoacara stalsbergis* sp. (Teleostei: Cichlidae: Cichlasomatini) from pacific coastal rivers in Peru/ and annotation on the phylogeny of the genus. *Vertebrate Zoology* 59: 131-141.
- Natrah, F.M., Alam, M.I., Pawar, S., Harzevili, A.S., Nevejan, N., Boon, N., Sorgeloos, P., Bossier, P., Defoirdt T. 2012. The impact of quorum sensing on the virulence of *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas salmonicida* towards turbot (*Lota lota* L.) larvae. *Veterinary Microbiology* 159: 77-82.
- 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.
- Oso, A.O., Suganthi, R.U., Reddy, G.B.M., Malik, P.K., Thirumalaisamy, G., Awachat, V.B., Slevaraju, S., Arangasamy, A., Bhatta, R. 2019. Effect of dietary supplementation with phytogenic blend on growth performance, apparent ileal digestibility of nutrients, intestinal morphology, and cecal microflora of broiler chickens. *Poultry Science* 98: 4755-4766.
- Ozbayer, C.H., Kurt, Z., Ozdemir, T., Tuncel, S., Moheb Saadat, D., Burukoglu H. Senturk I. Degirmenci, H. V. Gunes. 2014. Gastroprotective, cytoprotective and antioxidant effects of *Oleum cinnamomi* on ethanol induced damage. *Cytotechnology* 66: 431-441.
- Pirgozliev, V., Mansbridge, S.C., Rose, S.P., Mackenzie, A.M., Beccaccia, A., Karadas, F., Ivanova, S.G., Staykova, G.P., Oluwatosin, O.O., Bravo, D. 2019. Dietary essential oils improve feed efficiency and hepatic antioxidant content of broiler chickens. *Animals* 13: 505.

- Ravardshiri, M., Bahram, S., Javadian, S.R., Bahrekazemi, M., 2021. Cinnamon promotes growth performance, digestive enzyme, blood parameters, and antioxidant activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in low-carbohydrate diets. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 21: 309-322.
- Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Sasal, P., Saulnier, D. 2017. Use of medicinal plants in aquaculture. In: Austin, B., Newaj-Fyzul, A. (Eds),. *Diagnosis and control of diseases of fish and shellfish*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 223-261.
- Riemensperger, A.V., Bachinger, D., Schaumberger, S., Urbaityte, R., Pasteiner, S. 2012. The effect of an organic acid blend, cinnamaldehyde and a permeabilising substance on the inhibition of bacterial growth in vitro and growth performance of weaning pigs. *Veterinary Medicine Zootechnika* 60: 59-66.
- Romano, N., Koh, C.B., Ng, W.K. 2015. Dietary microencapsulated organic acids blend enhances growth, phosphorus utilization, immune response, hepatopancreatic integrity and resistance against *Vibrio harveyi* in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 435: 228-236.
- Safari, R., Hoseinifar, S.H., Nejadmoghadam, S., Khalili, M. 2017. Nonspecific immune parameters, immune, antioxidant and growth-related genes expression of common carp (*Cyprinus carpio* fed sodium propionate). *Aquaculture Research* 48: 4470-4478.
- Silva, B.C., Jesus, G.F.A., Seiffert, W.Q., Vieira, F.N., Mouriño, J.L.P., Jatobá, A., Nolasco-Soria, H. 2016b. The effects of dietary supplementation with butyrate and polyhydroxybutyrate on the digestive capacity and intestinal morphology of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Marine and Freshwater Behavior Physiology* 49: 447-458.
- Silva, B.C., Nolasco-Soria, H., Magallón-Barajas, F., Civera-Cerecedo, R., Casillas-Hernández, R., Seiffert, W. 2016a. Improved digestion and initial performance of whiteleg shrimp using organic salt supplements. *Aquaculture Nutrition* 22: 997-1005.
- Sotoudeh, E., Sangari, M., Bagheri, D., Morammazi, S., Torfi Mozanadeh, M. 2021. Dietary organic acid salts mitigate plant protein induced inflammatory response and improve humoral immunity, antioxidative status and digestive enzyme activities in yellowfin seabream, *Acanthopagrus latus*. *Aquaculture Nutrition* 26: 1669-1680.
- Stensland, I., Cheol, Kim, J., Bowring, B., Collins, A.M., Mansfield, J.P., Pluske, J.R. 2015. A comparison of diets supplemented with a feed additive containing organic acids, cinnamaldehyde and a permeabilizing complex, or zinc oxide, on post-weaning diarrhoea, selected bacterial Populations, Blood Measures and performance in weaned pigs experimentally infected with enterotoxigenic *E. coli*. *Animals* 5: 1147-1168.
- Su, H., Sun, J., Fang, S., Wei, Y., Zheng, R., Jiang, Y., Hu, K. 2019. Effects of lactic acid on drug-metabolizing enzymes in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) after oral enrofloxacin. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 223: 9-14.
- Su, X., Li, X., Leng, X., Tan, C., Liu, B., Chai, X., Guo, T. 2014. The improvement of growth, digestive enzyme activity and disease resistance of white shrimp by the dietary citric acid. *Aquaculture International* 22: 1823-1835.
- Takasao, N., Tsuji-Naito, K., Ishikura, S., Tamura, A., Akagawa, M. 2012. Cinnamon extract promotes type I collagen biosynthesis via activation of IGF-I signaling in human dermal

- fibroblasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 1193-200.
- Tran, N.T., Li, Z., Wang, S., Zheng, H., Aweya, J.J., Wen, X., Li, S. 2018. Progress and perspectives of short-chain fatty acids in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 12: 283-298.
- Vaara, M. 1992. Agents that increase the permeability of the outer membrane. *Microbiological Reviews* 56: 395-411.
- Wang, Y., Wang, Q., Xing, K., Jiang P., Wang, J. 2020. Dietary cinnamaldehyde and *Bacillus subtilis* improve growth performance, digestive enzyme activity, and antioxidant capability and shape intestinal microbiota in tongue sole, *Cynoglossus semilaevis*. *Aquaculture* 531: 735-798.
- Yang, Q.O., Duan, X., Li, L., Tao, N. 2019. Cinnamaldehyde exerts its antifungal activity by disrupting the cell wall integrity of *Geotrichum citriauranti*. *Frontiers in Microbiology* 10:55.
- Yao, Y., Shi, Y., An, P., Zhang, R., Wang, Z., Hu, X., Wan, Y. 2022. Optimization of preparation of calcium propionate from eggshell by Response Surface Methodology (RSM). *Food Science Technology* 42: e25322.
- Zhou, Y., Jiang, W.-D., Zhang, J.-X., Feng, L., Wu, P., Liu, Y., Jiang, J., Kuang, S.-Y., Tang, L., Peng, Y., Zhou, X.-Q. 2020. Cinnamaldehyde improves the growth performance and digestion and absorption capacity in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Fish Physiology and Biochemistry* 46: 1589-1601.