Archive of SID

تغـذیه آبزیـان
سال چهارم، شماره دوم،
پاییز و زمستان ۱۳۹۷

ارزیابی عملکرد رشد، ترکیب بدن و شاخص های خونی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تغذیه شده با باکتری *Lactobacillus rhamnosus* ریزپوشانی شده

یلدا هوشیار[۱]، عبدالمحمد عابدیان کناری[۱*]، حسن گندمی[۲]، حامد پاک نژاد[۳]

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران
۲- گروه بهداشت و کنترل مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، تهران
۳- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۳۰

چکیده

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تأثیر پروبیوتیک *Lactobacillus rhamnosus* ریزپوشانی شده با آلژینات و نشاسته مقاوم ذرت پوشش داده شده با کیتوزان، بر شاخص‌های رشد، ترکیب شیمیایی لاشه و شاخص‌های خونی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۰/۳۲ ± ۱۹/۴۹ گرم به مدت ۶۰ روز با جیره‌های غذایی شامل پروبیوتیک ریزپوشانی شده، پروبیوتیک آزاد، جیره حاوی دانک بدون باکتری (کنترل مثبت) و جیره شاهد فاقد پروبیوتیک تغذیه شدند. نتایج نشان داد که میزان ضریب رشد، درصد افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی در بین گروه‌ها دارای اختلاف معناداری بود و در گروه دریافت کننده پروبیوتیک ریزپوشانی شده، بهترین نتایج حاصل شد ($p<۰/۰۵$). حداکثر پروتئین و چربی لاشه در تیمار دریافت کننده *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده و حداکثر خاکستر لاشه در تیمار شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). مقدار هماتوکریت و هموگلوبین در تیمار دریافت‌کننده پروبیوتیک ریزپوشانی‌شده، بیش از گروه شاهد بود. در تعداد گلبول‌های سفید و قرمز خون تفاوت معنـاداری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). نتایج نشان می‌دهد که ریزپوشـانی باکتری *L. rhamnosus* می‌تواند منجر به بهبود رشد، ترکیب بدن و برخی شاخص‌های خونی در ماهی قزل آلای رنگین کمان شود.

کلمات کلیدی: *Lactobacillus rhamnosus*، ریزپوشانی، رشد، لاشه، شاخص های خون، قزل آلای رنگین کمان.

نویسنده مسئول: aabedian@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از گونه‌های مهم پرورشی آب شیرین، با ارزش تجاری بالاست. با سرعت گرفتن تولید متراکم این ماهی، مشکلات و بیماری‌های آنها پیچیده‌تر و جدی‌تر شده است (Pourgholam et al. 2013) و تقویت دستگاه ایمنی آن ضروری به نظر می رسد. در سال‌های اخیر، پروبیوتیک‌ها ابزاری کلیدی برای حفاظت از ماهیان پرورشی در برابر شرایط بیماری‌زا به حساب می‌آیند (Balcazar et al. 2006). نتایج مطالعات متعدد نشان داده است که پروبیوتیک‌ها می‌توانند بهره‌برداری از غذا، هضم‌پذیری اجزای غذایی جیره، پاسخ ایمنی و مقاومت به بیماری را در آبزیان بهبود بخشند و از این رو، موجب سلامتی و افزایش میزان رشد در آن‌ها شوند (Fuller, 1992; Balcazar et al. 2006; Nayak, 2010; Esteban et al. 2014). پروبیوتیک‌ها در صورتی که به تعداد کافی به مصرف برسند، اثرات سلامتی‌بخشی در میزبان برجای می‌گذارند (Fuller, 1989). بر اساس استانداردها، توصیه شده است که میزان پروبیوتیک‌ها باید به تعداد حداقل 10^6 CFU/g در مواد غذایی (Doleyres and Lacroix, 2005) یا 10^7 CFU/g در نقطه تحویل (Lee and Salminen, 1995) باشد. بسیاری از پروبیوتیک‌ها نسبت به شرایط فرآیند آماده‌سازی غذا، شرایط دستگاه گوارش مانند اسیدیته پایین، شوری، دما و استرس اکسیداتیو حساس هستند (Mattila-Sandholm et al. 2002). بنابراین، نیازمند محافظت در برابر عوامل ناخواسته مذکور هستند.

ریزپوشانی (Microencapsulation) یک روش ساده، امن و قابل اعتماد در این زمینه است. یکی از مهم‌ترین مسائل در این روش، حصول اطمینان از زنده‌ماندن پروبیوتیک‌ها و رهایش کنترل شده آن در نقطه هدف است (Kailasapathy, 2002; Chávarri et al. 2010). پوشش دانه‌های آلژینات و اثر آن در حفاظت از پروبیوتیک، به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. محققان پیشین گزارش کرده‌اند که پوشش دانه‌های آلژینات با کیتوزان، ثبات دانه‌های آلژینات را بهبود می‌بخشد و از این رو، قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها افزایش می‌یابد (Krasaekoopt et al. 2004). مخلوط کردن آلژینات با نشاسته مقاوم ذرت از یک سو، ساختاری منسجم و یکنواخت پدید می‌آورد و از سوی دیگر، بقای سلول‌ها را به دلیل خاصیت پربیوتیکی آن افزایش می‌دهد (Sultana et al. 2000). آلژینات کلسیم و کیتوزان به دلیل ارزان و غیرسمی بودن به طور گسترده‌ای به منظور ریزپوشانی در صنایع غذایی و دارویی استفاده می‌شوند و می‌توانند بقای باکتری‌های پروبیوتیک را تا ۹۰-۸۵٪ بهبود ببخشند (Mandal et al. 2006).

با وجود اینکه پروبیوتیک‌ها به‌طور گسترده‌ای در آبزی‌پروری استفاده می‌شوند، اما تحقیقات اندکی درباره ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها برای استفاده در آبزی‌پروری انجام شده است. استفاده از مخمر *Saccharomyces cerevisiae* ریزپوشانی‌شده به عنوان مکمل در غذای ماهی، ساختار روده و عملکرد رشد را در تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) بهبود می‌بخشد (Pinpimai et al. 2015). Cordero و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که استفاده از جیره غذایی حاوی پروبیوتیک *Shewanella putrefaciens* Pdp11 به صورت ریزپوشانی‌شده در غذای ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata* L.)، میزان فعالیت شاخص‌های هورمونی و سلولی مربوط به ایمنی و همچنین، بیان ژن‌های مربوط به ایمنی را بهبود می‌بخشد و علاوه بر این، فلور باکتریایی دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی تاثیر ریزپوشانی پروبیوتیک *Lactobacillus rhamnosus* با روش امولسیون و استفاده از نشاسته مقاوم ذرت به‌عنوان پربیوتیک و کیتوزان به عنوان پوشش، بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و شاخص‌های خونی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه باکتری و ریزپوشانی

باکتری *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 7469) به‌صورت خالص و لیوفیلیزه از مجموعه سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری و در

www.SID.ir

Archive of SID

محیط کشت MRS براث (de Man-Rogasa-Sharpe) در دمای ۳۷ °C به مدت ۴۸ ساعت فعال شد. زیتوده به دست آمده، از طریق سانتریفیوژ در ۶۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ °C جداسازی، و سپس در دو مرحله با محلول سرم فیزیولوژی ۰/۹٪ شسته شد. تعداد باکتری‌ها با استفاده از کشت سطحی در MRS آگار در دو تکرار تعیین شد و باکتری با ۳۰٪ گلیسرول تا زمان استفاده در دمای ۲۰- °C ذخیره شد (Abbaszadeh et al. 2014).

تمامی مواد و وسایل آزمایشگاهی در دمای ۱۲۱ °C به مدت ۱۵ دقیقه استریل شد. ریزپوشانی باکتری با استفاده از روش امولسیون توصیه شده توسط Sultana و همکاران (۲۰۰۰) با کمی تغییرات انجام شد. ۳٪ آلژینات سدیم با ویسکوزیته متوسط (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) و ۱٪ نشاسته مقاوم ذرت (Sisco Research Laboratories Pvt. Ltd, India) در آب مقطر مخلوط شدند و پس از استریل شدن، ۱٪ سوسپانسیون پروبیوتیک (۱۰^۸ CFU/ml) به آن‌ها اضافه شد. برای تشکیل امولسیون، مخلوط حاصل در ۱۵۰ میلی لیتر روغن کانولا حاوی ۱/۵٪ توئین ۸۰ (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) ریخته شد و با استفاده از همزن مغناطیسی (سرعت ۴۰۰ rpm) به مدت ۵ دقیقه امولسیون یکنواختی تشکیل شد. به منظور تشکیل دانک به محلول مورد نظر ۱۵۰ میلی‌لیتر کلرید کلسیم ۰/۱ مولار اضافه شد و بعد از ۲۵ دقیقه که دانک‌ها ته‌نشین شدند، برای جداسازی کپسول‌ها از سانتریفیوژ ۲۵۰۰ rpm به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. کپسول‌ها با سرم فیزیولوژی ۰/۹٪ شسته و در دمای ۴ °C نگهداری شدند. دانک‌های آلژینات مطابق روش Krasaekoop و همکاران (۲۰۰۴) پوشش داده شدند. به طور خلاصه، ۰/۴ گرم کیتوزان (با وزن مولکولی پایین، Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) در ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد و با اسید استیک گلاسیال بـه غلظت نهایی ۰/۴ w/v٪ رسید. pH محلول کیتوزان بعد از اتوکلاو، با افزودن هیدروکسید سدیم ۱ مولار به ۵/۷ رسانده شد. کپسول‌های آلژینات کلسیم و نشاسته ساخته شده، در این محلول پراکنده شدند (۱۰۰ rpm، ۴۰ دقیقه) تا عملیات پوشش‌دهی به‌طور کامل انجام شد. دانک‌های پوشش داده شده با کیتوزان با آب مقطر شسته، و در همان روز استفاده شدند.

شرایط پرورش و غذادهی

بچه ماهیان مورد استفاده در این مطالعه در اردیبهشت ۱۳۹۶ از یک مرکز خصوصی واقع در شهرستان تنکابن تهیه، و به سالن تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند. پس از گذشت ۱۴ روز، برای سازگاری ماهی با شرایط آزمایشگاهی، تعداد ۱۴۴ قطعه ماهی انتخابی (با میانگین وزنی ۰/۳۲ ± ۱۹/۴۹ گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی بین ۱۲ مخزن ۳۰۰ لیتری (هر مخزن حاوی ۱۲ ماهی) توزیع شدند. تغذیه با ۴ تیمار شامل: ۱) شاهد (فاقد پروبیوتیک)؛ ۲) کنترل مثبت (حاوی دانک‌های فاقد باکتری)؛ ۳) پروبیوتیک *L. rhamnosus* به صورت آزاد با غلظت ۱۰^۸ CFU/g؛ و ۴) پروبیوتیک *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده به میزان ۱٪ به مدت ۶۰ روز انجام شد. غذای پایه بر اساس ۵۰٪ پروتئین با منشاء آرد ماهی فرموله شد (جدول ۱). دمای آب در طول دوره پرورش ۱ ± ۱۶ °C، اکسیژن محلول ۰/۳ ± ۸/۵ میلی‌گرم در لیتر و pH ۰/۱ ± ۷/۵ بود و ماهی‌ها تحت رژیم نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار داشتند. باکتری آزاد به همراه روغن کانولا بر روی غذای پایه افشانه، و در معرض جریان هوا خشک شد. کپسول‌های حاوی باکتری در حین ساخت غذای پایه افزوده شدند. برای یکسان کردن شرایط، جیره شاهد نیز با روغن کانولا افشانه شد. جیره‌های غذایی در دمای ۲۰- °C نگهداری شدند. غذادهی در همه گروه‌ها به میزان ۲٪ وزن بدن، ۳ بار در روز (در ساعات ۸:۳۰، ۱۴، ۲۰) انجام شد. برای نمونه‌برداری، در پایان آزمایش و پس از سپری شدن ۲۴ ساعت گرسنگی، به صورت تصادفی، ۹ ماهی از هر تیمار (۳ ماهی از هر تکرار) با استفاده از پودر گل میخک بیهوش شدند (۲۰۰ mg/L) (Tukmechi et al. 2014).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص های رشد

برای محاسبه شاخص‌های رشد، با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده در روند زیست سنجی انتهای آزمایش، نرخ رشد ویژه (SGR)، درصد افزایش وزن بدن (WG)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و فاکتور وضعیت (CF) از طریق فرمول‌های زیر سنجیده شد (Yanbo and Zirong, 2006):

نرخ رشد ویژه (SGR) = (ln وزن نهایی بدن (g) –ln وزن اولیه بدن (g)) / طول دوره پرورش (روز) × ۱۰۰

درصد افزایش وزن بدن (WG) = (وزن نهایی بدن (g)- وزن اولیه بدن (g)) / وزن اولیه × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذا (FCR) = کل غذای خورده شده (g)/ افزایش وزن کسب شده (g)

فاکتور وضعیت (CF) = وزن نهایی/^{3}طول × ۱۰۰

جدول ۱ ترکیب جیره غذایی پایه مورد استفاده برای تغذیه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*).

نوع ماده اولیه	مقدار (٪)	ترکیب شیمیایی	وزن خشک (٪)
آرد ماهی[۱]	۵۰	پروتئین خام	۵۲/۲۲
پودر سویا[۱]	۲۱/۳۳	چربی خام	۱۵/۴۲
دکسترین[۲]	۳	خاکستر	۱۱/۲۲
آرد گندم	۱۰	کربوهیدرات[۶]	۲۱/۱۵
روغن ماهی[۱]	۴/۵	انرژی کل[۷]	۲۲/۰۵
روغن آفتابگردان	۳/۵		
لسیتین سویا[۳]	۱		
مخلوط ویتامینی[۴]	۲		
مخلوط معدنی[۵]	۳		
ضد قارچ[۱]	۰/۲۵		
دی کلسیم فسفات[۱]	۰/۵		
آنتی‌اکسیدان (BHT)[۱]	۰/۰۳		
سلولز[۲]	۱		
جمع کل	۱۰۰		

[۱] شرکت خوراک دام آبزیان، ساری، ایران

[۲] شرکت Merck، آلمان

[۳] شرکت بهپاک، بهشهر، ایران

[۴] مخلوط ویتامینی شامل (Unit kg^{-1}): ۱۶۰۰۰۰۰ IU A، ۴۰۰۰۰۰ IU D_3، ۳۰ g E، ریبوفلاوین ۸ g، پیریدوکسین ۴۰ g، ۳ g B_0، سیانوکوبالامین ۰/۰۱ g C، ۱۰۰ g K3، ۱۰ g بیوتین.

[۵] مخلوط معدنی شامل (mg kg^{-1}): آهن ۲۰ g، روی ۶۰ g، ۴۰۰ mg کبالت ۲۰۰ mg، مس ۲ g، منگنز ۴۰ g، ید ۴۰۰ mg.

[۶] کربوهیدرات = ۱۰۰- (پروتئین خام+ چربی خام+ خاکستر)

انرژی بر اساس یک گرم پروتئین ۲۳/۶ کیلوژول، یک گرم چربی ۳۹/۵ کیلوژول و یک گرم کربوهیدرات ۱۷/۲ کیلوژول محاسبه شد (NRC, 1993).

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه لاشه

در پایان آزمایش، سه قطعه ماهی از هر تکرار برای تعیین ترکیب بیوشیمیایی لاشه و اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین با استفاده از روش‌های استاندارد AOAC (1990) در نظر گرفته شد. میزان پروتئین به روش کلدال، چربی به روش سوکسله، خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی با حرارت ۶۰۰ °C به مدت ۶ ساعت و میزان رطوبت به‌روش خشک‌کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت تعیین و اندازه گیری شد.

بررسی شاخص‌های خونی

به منظور بررسی شاخص‌های خونی، با سرنگ ۲ میلی‌لیتری از ناحیه ساقه دمی ماهیان بیهوش‌شده خون‌گیری انجام و سپس به میکروتیوب‌های حاوی هپارین انتقال داده شد. شاخص‌های خونی مورد مطالعه در این تحقیق، شامل تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)، تعداد گلبول‌های سفید (WBC)، هموگلوبین (Hb)، هماتوکریت (Hct)، حجم متوسط گلبولی (MCV)، هموگلوبین متوسط گلبولی (MCH) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبول‌های قرمز (MCHC) بود. شمارش گلبول قرمز به کمک محلول Lewis و با ملانژور قرمز و شمارش گلبول سفید به کمک ملانژور سفید و لام نئوبار انجام شد (Lewis et al. 2006). سنجش مقدار هموگلوبین با استفاده از محلول درابکین (روش سیانومت-هموگلوبین) در طول موج ۵۴۰ نانومتر با استفاده از منحنی استاندارد انجام شد (Blaxhall and Daisley, 1973). میزان هماتوکریت نیز از روش میکروهماتوکریت (Řehulka, 2000) محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و نرم‌افزار SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها، از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان $p<۰/۰۵$ انجام شد و داده‌ها به صورت mean ± SE ارائه شدند.

نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۲)، حداکثر میزان وزن کسب شده (وزن نهایی) در تیمار حاوی باکتری *L. rhamnosus* ریزپوشانی‌شده مشاهده شد و اختلاف بین تیمارها معنی دار بود ($p<۰/۰۵$). ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی‌شده پس از ۶۰ روز در مقایسه با گروه شاهد، اختلاف معنی‌داری را از نظر درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه نشان دادند ($p<۰/۰۵$). کمترین ضریب تبدیل غذا در تیمار دریافت‌کننده *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده (۰/۰۳ ± ۰/۹۵) و بیشترین آن در تیمار شاهد (۰/۰۶ ± ۱/۲۴) مشاهده شد. فاکتور وضعیت در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

تجزیه ترکیبات لاشه

نتایج مربوط به تجزیه ترکیبات شیمیایی لاشه قزل‌آلای رنگین‌کمان در جدول ۳ ارائه شده است. افزودن پروبیوتیک به‌صورت آزاد و کپسوله به غذا، درصد پروتئین را افزایش داد و اختلاف معنی‌داری با گروه‌های شاهد نشان داد ($p<۰/۰۵$). بالاترین مقدار پروتئین (۰/۵۶ ± ۷۷/۱۱٪) در گروه تغذیه شده با جیره *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده مشاهده شد. بالاترین میزان چربی خام (۰/۳۴ ± ۲۰/۸۲٪) نیز در لاشه ماهیان دریافت‌کننده جیره حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی شده ثبت شد، در حالی که بالاترین درصد خاکستر (۰/۲۱ ± ۹/۵۷٪) لاشه در تیمار شاهد دیده شد. بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد رطوبت لاشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

شاخص‌های خونی

با توجه به نتایج (جدول ۴)، اختلاف معنی‌داری در میانگین تعداد گلبول‌های قرمز و سفید ماهی‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی پروبیوتیک (هر دو حالت آزاد و ریزپوشانی) و گروه شاهد مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). درصد هماتوکریت

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان داد ($p>0/05$)، در حالی که بین تیمارهای دریافت کننده پروبیوتیک به‌صورت آزاد و ریزپوشانی تفاوت معناداری دیده نشد. بیشترین میزان هموگلوبین در تیمار تغذیه شده با *L. rhamnosus* ریزپوشانی شده (۱۰/۰۶ ± ۰/۲۹ g/dL) و کمترین میزان در تیمار شاهد (۶/۵ ± ۰/۳۷ g/dL) دیده شد. در خصوص میزان MCH، MCHC و MCV تفاوت معنی‌داری بین ماهیان تغذیه‌شده با پروبیوتیک آزاد و ریزپوشانی‌شده و گروه‌های شاهد مشاهده نشد ($p>0/05$).

جدول ۲ شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۶۰ روز (mean ± SE).

شاخص های رشد	تیمارها			
	شاهد	شاهد مثبت	باکتری *L. rhamnosus* آزاد	باکتری *L. rhamnosus* ریزپوشانی
وزن اولیه (g)	۱۸/۸۶ ± ۰/۳۲	۱۹/۱۶ ± ۰/۳	۱۹/۴۹ ± ۰/۲۶	۱۹/۷۲ ± ۰/۲
وزن نهایی (g)	۷۰/۹۳ ± ۵/۸^{c}	۷۴/۸۳ ± ۰/۶ ^{c}	۸۶/۲۸ ± ۰/۹۱^{b}	۱۰۴/۶۷ ± ۲/۶۳^{a}
WG (٪)	۲۹۰/۹۴ ± ۱/۰۷^{c}	۲۹۰/۴۶ ± ۲/۳۴^{c}	۳۴۰ ± ۶/۰۷^{b}	۴۰۳/۵ ± ۲/۶^{a}
SGR (٪/روز)	۲/۱۹ ± ۰/۱۱^{c}	۲/۲۷ ± ۰/۰۳^{bc}	۲/۴۶ ± ۰/۰۱^{b}	۲/۷۸ ± ۰/۰۵^{a}
FCR	۱/۳۳ ± ۰/۱۵^{a}	۱/۱۸ ± ۰/۰۶^{a}	۱/۰۸ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۹۰ ± ۰/۰۳^{b}
CF	۰/۹۸ ± ۰/۰۵۳	۰/۹۵ ± ۰/۰۱	۱/۰۲ ± ۰/۰۲	۱/۰۳ ± ۰/۰۳

وجود حروف متفاوت در ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p<0/05$).

جدول ۳آنالیز شیمیایی لاشه در وزن خشک (mean ± SE) قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۶۰ روز (n=۹).

ترکیبات بدن (٪)	تیمارها			
	شاهد	کنترل مثبت	باکتری *L. rhamnosus* آزاد	باکتری *L. rhamnosus* ریزپوشانی
پروتئین خام	۷۱/۸۹ ± ۱/۲۱^{c}	۷۳/۶۵ ± ۰/۹۵^{bc}	۷۵/۱۳ ±۰/۸۸^{ab}	۷۷/۱۱ ± ۰/۵۶^{a}
چربی خام	۱۴/۶۷ ± ۰/۷۶^{b}	۱۵/۸۸ ± ۱/۳۵^{b}	۱۷/۷۱ ± ۰/۹۵^{b}	۲۰/۸۲ ± ۰/۳۴ ^{a}
خاکستر خام	۹/۵۷ ± ۰/۲۱^{a}	۸/۴۷ ± ۰/۵۵^{a}	۷/۳۰ ± ۰/۲۱^{b}	۶/۴۴ ± ۰/۲۴^{b}
رطوبت	۷۴/۱۱ ± ۱/۴۵	۷۶/۱۲ ± ۰/۵۶	۷۶/۹۲ ± ۱/۳۵	۷۵/۱۸ ± ۰/۱۴

وجود حروف متفاوت در ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p<0/05$).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴ نتایج پارامترهای خون شناسی (mean ± SE) قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۶۰ روز (n=۹).

پارامترهای خونی	تیمارها			
	شاهد	کنترل مثبت	باکتری *L. rhamnosus* آزاد	باکتری *L. rhamnosus* ریزپوشانی
RBC ($cell \times 10^6\ mm^{-3}$)	۱/۲۵ ± ۰/۸۳	۱/۲۷ ± ۰/۹۳	۱/۳۶ ± ۰/۵۲	۱/۴۴ ± ۰/۷۵
WBC ($cell \times 10^3\ mm^{-3}$)	۵/۷ ± ۰/۹	۶ ± ۰/۱	۷/۱۶ ± ۰/۱۶	۸/۸۳ ± ۰/۷۷
هماتوکریت (٪)	$۴۷ \pm ۲/۸^{b}$	$۵۲/۰ \pm ۲^{ab}$	$۵۵ \pm ۱/۷^{a}$	$۵۶/۳۳ \pm ۱/۴^{a}$
هموگلوبین (g/dL)	$۶/۵ \pm ۰/۳۷^{b}$	$۷/۷۶ \pm ۰/۵۳^{b}$	$۹/۳۳ \pm ۰/۲۱^{a}$	$۱۰/۰۶ \pm ۰/۲۹^{a}$
MCH (pg/cell)	۶۶/۳۳ ± ۱/۴۵	۶۸/۳۳ ± ۰/۳۳	۶۸/۶۶ ± ۰/۳۳	۶۹/۶۶ ± ۰/۳۳
MCHC (g/dL)	۱۶/۹ ± ۰/۰	۱۶/۹۳ ± ۰/۰۳	۱۷/۲۳ ± ۰/۱۴	۱۷/۴۰ ± ۰/۲
MCV (fL)	۳/۷ ± ۰/۳۳	۳/۸۳ ± ۱/۶	۴ ± ۱/۷	۴/۰۶ ± ۰/۵۷

وجود حروف متفاوت در ستون‌ها، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست ($p<۰/۰۵$).

بحث

پروبیوتیک‌ها یکی از موثرترین مواد افزودنی هستند که با ویژگی‌های مختلفی، موجب ارتقای سلامتی میزبان می‌شوند، اما تأثیر آن‌ها محدود به اثر بیوفیزیکی‌شان در مکان هدف، در دستگاه گوارش است. روش ریزپوشانی، با ایجاد یک لایه محافظ، سبب افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در طی فرآیند آماده سازی و همچنین، تحویل در دستگاه گوارش می‌شود (Chávarri et al. 2010). در مطالعه حاضر، تأثیر باکتری *L. rhamnosus* به‌صورت آزاد و ریزپوشانی شده با آلژینات/نشاسته مقاوم ذرت/کیتوزان بر شاخص‌های رشد (SGR، WG و FCR) ، ترکیبات بیوشیمایی لاشه و شاخص‌های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد.

نتایج، اختلاف معنی‌داری را در شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با گروه شاهد نشان داد. میزان شاخص‌های SGR و WG ماهی تغذیه شده با جیره حاوی *L. rhamnosus* ریزپوشانی‌شده، نسبت به دیگر گروه‌ها، بالاتر بود و ضریب تبدیل غذایی در این تیمار، کمترین مقدار را نشان داد. تحقیقات گوناگون، بهبود شاخص‌های رشد در ماهیان تغذیه‌شده با پروبیوتیک را نشان داده‌اند. خمامی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که ماهی سیم (*Abramis brama orientalis*) تغذیه‌شده با میزان CFU/g ۲×۱۰^{۹} از *P. acidilactici* افزایش وزن و طول مناسبی نسبت به گروه شاهد نشان دادند. استفاده از باکتری *Lactobacillus acidophilus* در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) منجر به افزایش شاخص‌های رشد در گروه دریافت‌کننده پروبیوتیک شد (Al-Dohail et al. 2009). در ماهی سیم دریایی (*Pagrus major*) افزودن پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* با افزایش عملکرد رشد همراه بود (Dawood et al. 2016). تأثیر مثبت پروبیوتیک‌ها بر عملکرد رشد در ماهیان دیگری همچون تیلاپیای نیل (Shelby et al. 2006) و هامور (*Epinephelus coioides*) (Sun et al. 2012) نیز به اثبات رسیده است. مطالعات گوناگون در سطح *in vitro* نیز تأثیر قابل-توجه ریزپوشانی در افزایش زنده‌مانی و به‌دنبال آن، افزایش خواص عملکردی پروبیوتیک‌ها را نشان داده‌اند (Brinques et al. 2011; de Araújo Etchepare et al. 2016)، با توجه به مطالعات صورت‌گرفته، می‌توان چنین نتیجه گرفت که به‌طور مشابه در دستگاه گوارش مصرف کننده، ریزپوشانی از طریق محافظت از پروبیوتیک در برابر pH اسیدی معده، سبب زنده ماندن و در نتیجه، رهاسازی آن در اندام هدف می‌شود (Chávarri et al. 2010) و به دنبال آن، پروبیوتیک‌ها با تحریک آنزیم‌های گوارشی، سبب افزایش اشتها و در نتیجه، افزایش رشد و بازده تغذیه می‌شوند (Suzer et al. 2008).

www.SID.ir

Archive of SID

کیفیت گوشت آبزیان پرورشی از موارد مهمی است که به میزان زیاد تحت تأثیر شرایط محیطی و ترکیب مواد مغذی جیره غذایی قرار دارد (Topic Popovic et al. 2016). در مطالعه حاضر، بررسی نتایج تجزیه لاشه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که استفاده از پروبیوتیک *L. rhamnosus* ریزپوشانی‌شده در جیره غذایی، افزایش معنی‌دار مقادیر پروتئین خام و چربی خام لاشه و همچنین، کاهش معنی‌دار خاکستر لاشه را در پی داشت، درحالی که هیچ گونه اختلاف معناداری در رطوبت لاشه در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد. محققان، میزان بالاتر پروتئین و چربی لاشه ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) تغذیه شده با دو پروبیوتیک *Bacillus licheniformis* و *Bacillus subtilis* (Azarin et al. 2015) و قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با پروبیوتیک تجاری *Bacillus* spp. (Bagheri et al. 2008) را گزارش کرده اند. تغییرات در محتوای پروتئین و چربی لاشه ماهی را می‌توان تحت تأثیر ترشح آنزیم‌های مختلف، ازجمله آنزیم پروتئاز و لیپاز توسط پروبیوتیک‌ها دانست که موجب افزایش قابلیت هضم ترکیبات پروتئینی و چربی غذای خورده شده در روده جانور آبزی شده و درنتیجه، سبب می‌شوند تا این ترکیبات به‌خوبی در روده آبزی هضم و جذب شوند و درصد پروتئین و چربی خام لاشه افزایش یابد (Ghosh et al. 2001).

یکی از شاخص‌های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامتی و فیزیولوژی ماهیان، سنجش خصوصیات خون‌شناختی آنهاست که تحت تاثیر تغذیه قرار می‌گیرد. از این‌رو، بررسی آن، می‌تواند تأثیر رژیم‌های مختلف غذایی بر سلامت بدن و دستگاه دفاعی آبزی را به‌خوبی نشان دهد (Fanouraki et al. 2007). شاخص‌های خونی در بسیاری از گونه‌های ماهی، برای تعیین دامنه طبیعی آن‌ها مطالعه شده‌اند و هر نوع تغییر از حالت متعارف، نشان‌دهنده مشکلات در فرآیندهای فیزیولوژیک ماهی است (Panigrahi et al. 2010). در مطالعه حاضر، تغییرات شاخص‌های خونی در مقابل افزودن پروبیوتیک به دو شکل آزاد و ریزپوشانی‌شده به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را می‌توان به‌صورت افزایش معنی‌دار در میزان هموگلوبین و درصد هماتوکریت، در مقایسه با گروه شاهد مشاهده کرد. در عین حال، تفاوت معنی‌داری در تعداد گلبول‌های قرمز و سفید و همچنین، MCV، MCH و MCHC مشاهده نشد. Al-Dohail و همکاران (۲۰۰۹) نیز با افزودن پروبیوتیک *Lactobacillus acidophilus* به غذای ماهی، افزایش در حجم هماتوکریت و هموگلوبین و همچنین، تعداد گلبول‌های قرمز گربه ماهی آفریقایی را گزارش کردند. در بررسی اثر پروبیوتیک بر شاخص‌های خونی ماهی تیلاپیا (Khattab et al. 2006)، افزایش این شاخص‌ها در تیمار دریافت‌کننده پروبیوتیک، نسبت به گروه شاهد گزارش شد. نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر، با نتایج به‌دست آمده توسط Ferguson و همکاران (۲۰۱۰) بود. محققان اخیر، کاهش معنی‌داری در مقدار هماتوکریت در ماهیان تغذیه شده با باکتری *Pediococus acidilactici* نسبت به گروه شاهد مشاهده کرده بودند. در مطالعه حاضر، میزان کمتر هموگلوبین و به تبع آن، کاهش ظرفیت حمل اکسیژن، ممکن است منجر به کاهش سطح اکسیژن خون در ماهیان گروه شاهد شده باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت ماهیانی که از جیره بدون پروبیوتیک (هر دو حالت آزاد وریزپوشانی) تغذیه می‌شوند، ممکن است توانایی محدودتری در تامین اکسیژن بدن در شرایط خاص همچون دما و تراکم بالا داشته باشند. در این شرایط، نیاز اکسیژن افزایش می‌یابد. همچنین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ریزپوشانی با حفاظت از پروبیوتیک، سبب آزادسازی آن در اندام هدف شده و در مقایسه با گروهی که پروبیوتیک را به صورت آزاد و یا گروهی که غذای پایه فاقد پروبیوتیک دریافت کرده‌اند، منجر به تغییرات مثبت در برخی از شاخص‌های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شده که نشان از سلامت ماهی در این تیمارها دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص افزودن باکتری *L. rhamnosus* به صورت ریزپوشانی‌شده به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، این آزمایش نشان داد که آلژینات/نشاسته مقاوم ذرت/کیتوزان می‌توانند به‌خوبی باکتری را در برابر شرایط نامطلوب محیطی حفظ، و در اندام هدف رهاسازی کنند و به تبع آن، اثرات مثبتی بر

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و شاخص‌های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برجا گذارند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی مالی دانشگاه تربیت مدرس، جهت انجام رساله دکتری انجام شده است.

منابع

خمامی، س.، مورکی، ن.، ولی پور، ع. ۱۳۹۶. تأثیر پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* بر رشد و شاخص‌های خونی بچه ماهی سیم *Abramis brama orientalis*. علوم و فنون شیلات ۶: ۱۲-۱.

Abbaszadeh, S., Gandomi, H., Misaghi, A., Bokaei, S., Noori, N. 2014. The effect of alginate and chitosan concentrations on some properties of chitosan-coated alginate beads and survivability of encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* in simulated gastrointestinal conditions and during heat processing. Journal of the Science of Food and Agriculture 94: 2210-2216.

Al-Dohail, M.A., Hashim, R., Aliyu-Paiko, M. 2009. Effects of the probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, on the growth performance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerling. Aquaculture Research 40: 1642-1652.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 15th ed, Washington, USA.

Azarin, H., Aramli, M.S., Imanpour, M.R., Rajabpour, M. 2015. Effect of a probiotic containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* and ferroin solution on growth performance, body composition and haematological parameters in Kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry. Probiotics and Antimicrobial Proteins 7: 31-37.

Balcazar, J., Blas I., Ruiz-Zarzuela I., Cunningham, D., Vendrell, D., Muzquiz, J. 2006. The role of probiotics in aquaculture. Veterinary Microbiology 114: 173-186.

Bagheri, T., Hedayati, S.A., Yavari, V., Alizadeh, M., Farzanfar, A. 2008. Growth, Survival and gut microbial load of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry given diet supplemented with probiotic during the two month first feeding. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 8: 43-48.

Blaxhall, P.C., Daisley, K.W. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology 5: 771-781.

Brinques, G.B., Ayub, M.A.Z. 2011. Effect of microencapsulation on survival of *Lactobacillus plantarum* in simulated gastrointestinal conditions, refrigeration, and yogurt. Journal of Food Engineering 103: 123-128.

Chávarri, M., Marañón, I., Ares, R., Ibáñez, F.C., Marzo, F., del Carmen Villarán, M. 2010. Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastro-intestinal conditions. International Journal of Food Microbiology 142: 185-189.

Cordero, H., Guardiola, F.A., Tapia-Paniagua, S.T., Cuesta, A., Meseguer, J., Balebona, M.C., Moriñigo, M.Á., Esteban, M.Á. 2015. Modulation of immunity and gut microbiota after dietary administration of alginate encapsulated *Shewanella putrefaciens* Pdp11 to gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Fish & Shellfish Immunology 45: 608-618.

Dawood, M.A., Koshio, S., Ishikawa, M., Yokoyama, S., El Basuini, M. F., Hossain, M. S., Nhu, T.H., Dossou, S.,

www.SID.ir

Archive of SID

Moss, A.S. 2016. Effects of dietary supplementation of *Lactobacillus rhamnosus* or/and *Lactococcus lactis* on the growth, gut microbiota and immune responses of red sea bream, *Pagrus major*. Fish & Shellfish Immunology 49: 275-285.

de Araújo Etchepare, M., Raddatz, G.C., de Moraes Flores, É.M., Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., Barin, J.S., Ferreira Grosso, C.R., de Menezes, C.R. 2016. Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. LWT-Food Science and Technology 65: 511-517.

Doleyres, Y., Lacroix, C. 2005. Technologies with free and immobilised cells for probiotic bifidobacteria production and protection. International Dairy Journal 15: 973-988.

Esteban, M.A., Cordero, H., Martínez-Tom, M., Jimenez-Monreal, A.M., Bakhrouf, A., Mahdi, AL. 2014. Effect of dietary supplementation of probiotics and palm fruits extracts on the antioxidant enzyme gene expression in the mucosae of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Fish & Shellfish Immunology 39: 1-9.

Fanouraki, B.P., Divanach, M. and Pavlidis, M. 2007. Baseline values for acute and chronic stress indicators in sexually immature red progy (*Pagrus pagru*s). Aquaculture 265: 294-304.

FAO. 2016. The state of the World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome, Italy.

Ferguson, R.M.W., Merrifield, D.L., Harper, G.M., Rawling, M.D., Mustafa, S., Picchietti, S.S., Balcàzar, J.L., Davies, S.J. 2010. The effect of *Pediococcus acidilactici* on the gut microbiota and immune status of on-growing red tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Applied Microbiology 109: 851-862.

Fuller, R. 1989 Probiotics in man and animals. Journal of Applied Microbiology 66: 365-78.

Ghosh, K., Chakraborty, K., Sen, S.K., Ray, A.K. 2001. Effects of thermostable bacterial α-amylase on growth and feed utilization in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. Israeli Journal of Aquaculture- Bamidgeh 53: 101-109.

Kailasapathy, K. 2002. Microencapsulation of probiotic bacteria: technology and potential applications. Current Issues Intestinal Microbiology 3: 39-48.

Khattab, Y.A., Shalaby, A.M., Abdel Rhman, A.M. 2006. Use of probiotic bacteria as growth promoters antibacterial and their effects on physiological parameters of *O. niloticus*. ISTA7 Proceedings 7th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Boca Del Rio, Veracruz, Mexico, 156-167.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B., Deeth, H. 2004. The influence of coating materials on some properties of alginate beads and survivability of microencapsulated probiotic bacteria. International Dairy Journal 14: 737-743.

Lee, Y.K., Salminen, S. 1995. The coming of age of probiotics. Trends in Food Science & Technology 6: 241-245.

Lewis, S.M., Bain, B.J., Bates, I. 2006. Practical Hematology. 10th Edition. Philadelphia, PA. Churchill Livingstone Elsevier: 722 p.

Mandal, S., Puniya, A.K., Singh, K. 2006. Effect of alginate concentrations on survival of microencapsulated *Lactobacillus casei* NCDC-298. International Dairy Journal 16: 1190-1195.

Mattila-Sandholm, T., Myllärinen, P., Crittenden, R., Mogensen, G., Fondén, R., Saarela, M. 2002. Technological challenges for future probiotic foods. International Dairy Journal 12: 173-182.

www.SID.ir

Archive of SID

Nayak, S.K. 2010. Probiotics and immunity: a fish perspective. Fish & Shellfish Immunology 29: 2-14.

NRC. 1993. Nutrient Requirements of Fish. P.114. National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, 114 p.

Panigrahi, A., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T. 2010. Probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* influences the blood profile in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Fish Physiology and Biochemistry 36: 969-977.

Pinpimai, K., Rodkhum, C., Chansue, N., Katagiri, T., Maita, M., Pirarat, N. 2015. The study on the candidate probiotic properties of encapsulated yeast, *Saccharomyces cerevisiae* JCM 7255, in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Research in Veterinary Science 102: 103-111.

Pourgholam, R., Laluei, F., Saeedi, A.A., Taghavi, M.J., Safari, R., Zahedi, A. 2013. Identification of some streptococcus species isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus msykiss*) in Iran by using molecular method. Journal of Novel Applied Sciences 2: 1228-1233.

Řehulka, J. 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition and some blood indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 190: 27-47.

Shelby, R.A., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Delaney, M.A. 2006. Effects of probiotic supplements on disease resistance and immune response of young nile tilapia. (*Oreochromis niloticus*). Journal of Applied Aquaculture 2: 18-22.

Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P., Kailasapathy, K. 2000. Encapsulation of probiotic bacteria with alginate–starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. International Journal of Food Microbiology 62: 47-55.

Sun, Y.Z., Yang, H.L., Ma, R.L., Song, K., Li, J.S. 2012. Effect of *Lactococcus lactis* and *Enterococcus faecium* on growth performance, digestive enzymes and immune response of grouper *Epinephelus coioides*. Aquaculture Nutrition 18: 281-289.

Suzer, C., Çoban, D., Kamaci, H.O., Saka, Ş., Firat, K., Otgucuoğlu, Ö., Küçüksari, H. 2008. *Lactobacillus* spp. bacteria as probiotics in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) larvae: effects on growth performance and digestive enzyme activities. Aquaculture 280: 140-145.

Topic Popovic, N., Strunjak-Perovic, I., Sauerborn-Klobucar, R., Barisic, J., Jadan, M., Kazazic, S., Kesner-Koren, I., Prevendar Crnic, A., Suran, J., Beer Ljubic, B. Matijatko, V. 2016. The effects of diet supplemented with *Lactobacillus rhamnosus* on tissue parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research 48: 2388-2401.

Tukmechi, A., Bandboni, M. 2014. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on immune response, hematological parameters, body composition and disease resistance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Journal of Applied Ichthyology 30: 55-61.

Yanbo, W., Zirong, X. 2006. Effect of probiotics for common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. Animal Feed Science and Technology 127: 283-29.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of growth performance, carcass composition and hematological indices in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed with encapsulated *Lactobacillus rhamnosus*

Yalda Hooshyar[1], Abdolmohammad Abedian Kenari[1*], Hassan Gandomi[2], Hamed Paknejad[3]

1- Department of Aquaculture, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran

2- Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Tehran, Iran

3- Department of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

Received 24 June 2018; accepted 21 September 2018

Abstract

The present study was conducted to evaluate the effect of probiotic bacteria *Lactobacillus rhamnosus* encapsulated with alginate and resistant starch (Hi maize) coated by chitosan on the growth and hematological indices as well as carcass composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Rainbow trout fingerlings averaged 19.49 ± 0.32 g in weight were fed with diets containing encapsulated probiotic, free probiotic, and diet containing capsules without bacteria (positive control) as well as control diet without probiotics for 60 days. The results exhibited that there were significant differences in growth rate, weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio in different groups. So that, the best results were obtained in the encapsulated probiotic group ($p<0.05$). The maximum carcass protein and fat were observed in the encapsulated *L. rhamnosus* treatment, while the maximum carcass ash was in control ($p<0.05$). The hematocrit and hemoglobin values in the encapsulated probiotic treatment were higher than in control. No significant differences were found in the number of white and red blood cells as well as MCV, MCH and MCHC ($p>0.05$). Totally, the results suggest that encapsulation of *L. rhamnosus* can increase the potential for probiotic employing in aquaculture.

Keywords: *Lactobacillus rhamnosus*, Encapsulation, Growth, probiotics, Hematological indices, *Oncorhynchus mykiss*

Corresponding author: aabedian@modares.ac.ir

www.SID.ir