Archive of SID

تغـذیه آبزیـان
سال پنجم، شماره اول،
بهار و تابستان ۱۳۹۸

تاثیر ریزپوشانی *Pediococcus acidilactici* بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و فلور باکتریایی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

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: ۹۸/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۳۰

چکیده

تحقیق حاضر به منظور ارزیابی تأثیر پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* ریزپوشانی شده با آلژینات و نشاسته مقاوم ذرت پوشش داده شده با کیتوزان، بر شاخص‌های رشد، فلور باکتریایی روده و ترکیب شیمیایی لاشه قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۰/۳۲ ± ۱۸/۴۱ گرم به مدت ۶۰ روز با جیره‌های غذایی شامل: پروبیوتیک ریزپوشانی شده، پروبیوتیک آزاد، جیره حاوی دانک‌های 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 گروه‌های مختلف اختلاف معنی‌دار نداشتند. بالاترین تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک روده در ماهیانی که باکتری پوشش داده شده را دریافت کردند دیده شد، در حالی که کمترین مقدار مربوط به گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). بیشینه پروتئین و چربی لاشه در تیمار حاوی باکتری ریزپوشانی شده و بیشینه خاکستر لاشه در تیمار شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان می‌دهد که استفاده از *P. acidilactici* ریزپوشانی شده سبب بهبود عملکرد رشد، ترکیب بدن و فلور باکتریایی روده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود.

کلمات کلیدی: *Pediococcus acidilactici*، ریزپوشانی، پروبیوتیک، فلور باکتریایی روده، قزل آلای رنگین کمان

نویسنده مسئول: aabedian@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در حال حاضر قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) یکی از شناخته‌شده‌ترین گونه‌های پرورشی آب شیرین در سراسر جهان است. طبق آخرین آمار سازمان فائو در سال ۲۰۱۶ میزان تولید این ماهی در ایران ۱۲۶۵۱۵ تن بوده است (FAO, 2016). با وجود این، با سرعت گرفتن تولید متراکم این ماهی، مشـــکلات و بیماری‌های آنها پیچیده‌تر و جدی‌تر شده است (Pourgholam et al. 2013) و نیاز به تقویت هر چه بیشتر دستگاه ایمنی ماهیان احساس می‌شود. یکی از معمول‌ترین روش‌های درمان بیماری‌های عفونی باکتریایی در مزارع پرورشی، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌هاست. این در حالی است که استفاده بیش از حد از این داروها سبب بروز مقـاومت باکتریایی در آن‌ها می‌شود (Tuber, 2001).

پروبیوتیک‌ها ریزموجوداتی هستند که با بهبود تعادل میکروبی دستگاه گوارش، سلامت میزبان را افزایش می‌دهند (Fuller, 1992; Singh et al. 2011). مطالعات متعدد نشان داده اسـت که پروبیوتیـک‌ها می‌تـوانند بهـره‌برداری از غـذا، هـضم‌پذیری اجزای غذایی جیره، پاسخ ایمنی و مقاومت به بیماری را در آبزیان بهبود بخشیده و از این‌رو، موجبات سلامتی و یا افزایش میزان رشد را در آن‌ها فراهم آورند (Fuller, 1992; Balcazar et al. 2006; Nayak, 2010; Esteban et al. 2014). پروبیوتیک‌ها در صورتی که به تعداد کافی به مصرف برسند، اثرات سلامتی بخش در میزبان بر جای 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) باشند. بسیاری از پروبیوتیک‌ها نسبت به شرایط روند آماده سازی 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[1] یک روش ساده، امن و قابل اعتماد در این زمینه بوده و یکی از مهم‌ترین مسائل در این روش، نه تنها حصول اطمینان از زنده ماندن پروبیوتیک، بلکه رهایش کنترل شده آن در نقطه هدف است (Kailasapathy, 2002; Chávarri et al. 2010). پوشش دانه‌های آلژینات و اثر آن در حفاظت از پروبیوتیک به طور گسترده مطالعه شده است. محققان پیشین گزارش کرده‌اند که پوشـش دانه‌های آلژینات با کیتوزان ثبات دانه‌های آلژینات را بهبود می‌بخشد و از این رو، قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها افزایش می‌یابد (Krasaekoopt et al. 2004). آلژینات کلسیم و کیتوزان به دلیل ارزان و غیر سمی بودن به طور گسترده‌ای به منظور ریزپوشانی در صنایع غـذایی و دارویـی استفـاده می‌شـوند و می‌تواننـد بقـای باکتری‌های پروبیوتیـک را تا ۸۵-۹۰٪ بهبود ببخشند (Mandal et al. 2006). پره‌بیوتیک‌ها ترکیبات غیر قابل هضمی هستند که رشد و فعالیت پروبیـوتیک‌ها را تشـدیـد می‌کنند و به طـور اخـتصاصی می‌توانند توسط پروبیوتیک ها استفاده شوند. از این ترکیبات می‌توان به نشاسته مقاوم[2]، فروکتوالیگوساکاریدها، گالاکتوالیگوساکاریدها، پکتین و اینولین اشاره کرد (Sultana et al. 2000). مخلوط کردن آلژینات کلسیم با نشاسته مقاوم ذرت از یک سو ساختاری منسجم و یکنواخت پدید مـی‌آورد و از سوی دیگر بقای سلول‌ها را به دلیل خاصیت پره بیوتیکی آن افزایش می‌دهد.

با وجود اینکه پروبیـوتیک‌ها به طور گسترده‌ای در آبزی‌پروری استفاده می‌شوند، اما تحقیقات اندکی در زمینه ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها به منظور استفاده در آبزی‌پروری، انجام شده است. حسینی و همکاران (۱۳۹۶)، پس از ریزپوشانی پروبیوتیک *Lactobaccillus plantarum* با آلژینات و کیتوزان بهبـود میزان زنده‌مـانی پروبیوتیک در شـرایط شبیه‌سازی شده دستگاه گوارش را گزارش کردند. استفاده از باکتـری *Enterococcus faecium* ریزپوشانی‌شده با آلژینات و کیتوزان در غذای قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب بهبود فلور باکتریایی روده ماهی شد (عابدیان امیری و همکاران، ۱۳۹۵). محمدیان و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر باکتری *Lactobaccillus plantarum* ریزپوشانی شده با آلژینات

[1] Microencapsulation

[2] Resistant starch

www.SID.ir

Archive of SID

و کیتوزان را بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون فیل ماهی (*Huso huso*) بررسی کردند و بهبود این شاخص‌ها در ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی شده را گزارش کردند. سراج و همکاران (۱۳۹۷) توان آنتی‌اکسیدانی باکتری *L. plantarum* ریزپوشانی شده را در فیل ماهی جوان ارزیابی کردند و افزایش میزان سوپراکسید دیسموتاز و مالون دی آلدئید را در ماهیان تغذیه شده با باکتری ریزپوشانی شده گزارش کردند. استفاده از مخمر *Saccharomyces cerevisiae* ریزپوشانی شده به عنوان مکمل در غذای ماهی، ساختار روده و عملکرد رشد را در تیلاپیا *Oreochromis niloticus* بهبود بخشید (Pinpimai et al. 2015). Ghosh و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که استفاده از رژیم غذایی حاوی پروبیوتیک گونه‌های *Enterobacter* به صورت ریزپوشانی شده در غذای قزل‌آلای رنگین‌کمان، سبب کاهش مرگ و میر ناشی از بیماری آب‌های سرد در اثر *Flavobacterium psychrophilum* می‌شود. Cordero و همکاران (۲۰۱۵) دستگاه ایمنی و میکروفلور روده ماهی سیم (*Sparus aurata* L.) را بعد از ۴ هفته تغذیه با جیره حاوی *Shewanella putrefaciens* Pdp11 ریزپوشانی شده بررسی، و گزارش کردند که ریزپوشانی باکتری Pdp11 مانند محرک ایمنی عمل کرده و بر پارامترهای هومورال (مانند سطح IgM و فعالیت پرکسیداز سرم) تاثیر مثبت داشته و همچنین، سبب افزایش سطح mRNA گلبول های سفید کلیه فوقانی mhcIIα و tcrβ می شود. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر ریزپوشانی پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* بر عملکرد رشد، فلور باکتریایی روده و ترکیب شیمیایی لاشه قزل آلای رنگین کمان در مدت ۶۰ روز دوره پرورش انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه باکتری و ریزپوشانی

باکتری *P. acidilactici* (ATCC 25740) به صورت خالص و لیوفیلیزه از مجموعه سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری و در محیط کشت MRS براث (de Man-Rogasa-Sharpe) در دمای ۳۷ °C به مدت ۴۸ ساعت فعال شد. زیتوده حاصله توسط سانتریفیوژ با ۶۰۰۰ دور در دقیقه 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، و باکتری با ۳۰٪ گلیسرول تا زمان استفاده در دمای ۲۰- °C ذخیره شد.

تمامی مواد و وسایل آزمایشگاهی در دمای ۱۲۱ °C به مدت ۱۵ دقیقه استریل شدند. ریزپوشانی باکتری با استفاده از روش امولسیون توصیه شده توسط Sultana و همکاران (۲۰۰۰) با کمی تغییرات انجام شد. ۲٪ آلژینات سدیم (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 (CFU/mL ۱۰^۸) به آنها اضافه شد. برای تشکیل امولسیون مخلوط حاصل در ۱۵۰ میلی‌لیتر روغن کانولا حاوی ۱/۵٪ توئین ۸۰ (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) ریخته شده و با استفاده از همزن مغناطیسی (با سرعت ۴۰۰ دور در دقیقه) به مدت ۵ دقیقه امولسیون یکنواختی تشکیل شد. به منظور تشکیل کپسول به محلول مورد نظر ۱۵۰ میلی لیتر کلرید کلسیم ۰/۱ مولار اضافه شد و بعد از ۲۵ دقیقه که کپسول‌ها ته‌نشین شدند. به منظور جداسازی کپسول‌ها از سانتریفیوژ با ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. کپسول‌ها با سرم فیزیولوژی ۰/۹٪ شسته و در دمای ۴ °C نگهداری شدند. دانه‌های آلژینات بر طبق روش Krasaekoop و همکاران (۲۰۰۴) پوشش یافتند. 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 به غلظت نهایی ۰/۴٪ w/v رسید. pH محلول کیتوزان بعد از اتوکلاو با افزودن هیدروکسید سدیم ۱ مولار به ۵/۷ رسانده شد. کپسول های آلژینات کلسیم و نشاسته ساخته شده، در این محلول پراکنده شدند (۱۰۰ دور در دقیقه تا ۴۰ دقیقه) تا عملیات پوشش‌دهی به طور کامل انجام شود. دانه های پوشش یافته با کیتوزان، با آب مقطر شسته و در همان روز استفاده شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط پرورش و غذادهی

این تحقیق در سالن تکثیر و پرورش ماهی، دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. بچه ماهیان مورد استفاده در این مطالعه از یک مرکز خصوصی واقع در شهرستان تنکابن تهیه شدند. بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان به مدت ۱۴ روز با شرایط آزمایشگاهی و غذای پایه سازگار شدند. غذای پایه بر اساس ۵۰٪ پروتئین با منشاء آرد ماهی فرموله شد (جدول ۱). در پایان دوره سازگاری، تعداد ۱۴۴ عدد بچه ماهی (با میانگین وزنی ۰/۳۲ ± ۱۸/۱۴ گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی بین ۱۲ مخزن ۳۰۰ لیتری (هر مخزن حاوی ۱۲ ماهی) توزیع شدند. تغذیه با ۴ تیمار: ۱- کنترل (فاقد هر گونه پروبیوتیک)، ۲- کنترل مثبت (حاوی دانک های فاقد باکتری)، ۳- غذای حاوی پروبیوتیک *P. acodilactici* به صورت آزاد با غلظت 10^8 CFU/g و ۴- پروبیوتیک *P. acidilactici* ریزپوشانی‌شده به مدت ۶۰ روز انجام شد. دمای آب در طول دوره پرورش ۱ ± ۱۶ °C، اکسیژن محلول ۰/۳ ± ۸/۵ میلی گرم در لیتر و pH ۰/۱ ± ۷/۵ بود و ماهی‌ها در رژیم نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار داشتند. باکتری آزاد به همراه روغن کانولا روی غذای پایه افشانه و در معرض جریان هوا خشک شد. کپسول‌های حاوی باکتری در حین ساخت غذای پایه افزوده شدند. به منظور یکسان شدن شرایط، جیره شاهد نیز با روغن کانولا افشانه شد. همه جیره‌های غذایی در دمای ۲۰- °C نگهداری شدند. غذادهی در همه گروه‌ها به میزان ۲٪ وزن بدن، ۳ بار در روز (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 (۵۰۰ mg/L).

جدول ۱ ترکیبات جیره غذایی پایه مورد استفاده جهت تغذیه 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]	/۵		
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		
آنتی اکسیدانت (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): A ۱۶۰۰۰۰۰ IU، D_3 ۴۰۰۰۰۰ IU، E ۳۰ g، ریبوفلاوین ۸ g، پیریدوکسین ۴۰ g، B_0 ۳ g، سیانوکوبالامین C ۰/۰۱ g، ۱۰۰ g K3، ۱۰ g بیوتین ۱۰ g؛ [۵] مخلوط معدنی شامل (mg/kg): 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).

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص های رشد

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

درصد 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)

فلور باکتریایی روده

به منظور بررسی وضعیت میکروبی روده ماهیان، در انتهای دوره از هر تیمار به طور مجزا نمونه برداری انجام شد. بعد از ۲۴ ساعت گرسنگی، از هر مخزن به طور تصادفی ۳ ماهی انتخاب و پس از بیهوش سازی در شرایط استریل روده ماهی جداسازی و به طور کامل با سرم فیزیولوژی شسته شد (Merrifield et al. 2009). بعد از هموژن کردن، نمونه ها به صورت پی در پی با سرم فیزیولوژی (۰/۹٪ نمک) رقیق سازی شدند و سپس برای دست یابی به تعداد کل باکتری‌های روده بر روی محیط کشت TSA (Tryptic Soy Agar, QUELAB) و تعداد کل باکتری‌های اسید لاکتیک بر روی محیط کشت MRS (Man Rogosa Sharpe, QUELAB) کشت داده شدند. سپس پلیت ها در دمای ۲۵ °C به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور قرار گرفتند. جمعیت باکتری‌ها به صورت لگاریتم تعداد پرگنه در گرم (log CFU/g) بیان شد (Dawood et al. 2016).

تجزیه شیمیایی لاشه

در پایان آزمایش سه قطعه ماهی از هر تکرار برای تجزیه و تحلیل ترکیب بیوشیمیایی لاشه و اندازه‌گیری رطوبت، خاکستر، چربی و پروتئین با استفاده از روش های استاندارد AOAC (۱۹۹۰) 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 به‌وسیله خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت تعیین و اندازه گیری شدند.

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 و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی داری $p<۰/۰۵$ انجام شد و داده‌ها به صورت mean ± SE ارائه شده اند.

نتایج

جدول ۲ نتایج سنجش شاخص‌های رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده، بیشینه وزن کسب شده (وزن نهایی) در تیمار حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی شده مشاهده شد، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارها دیده نشد ($p>۰/۰۵$). بیشترین و کمترین میزان FCR به‌ترتیب در تیمار شاهد و تیمار تغذیه شده با پروبیوتیک ریزپوشانی شده به‌دست آمد. همچنین، اختلاف معنی‌داری در میزان SGR و WG تیمارهای مختلف وجود نداشت ($p>۰/۰۵$).

www.SID.ir

Archive of SID

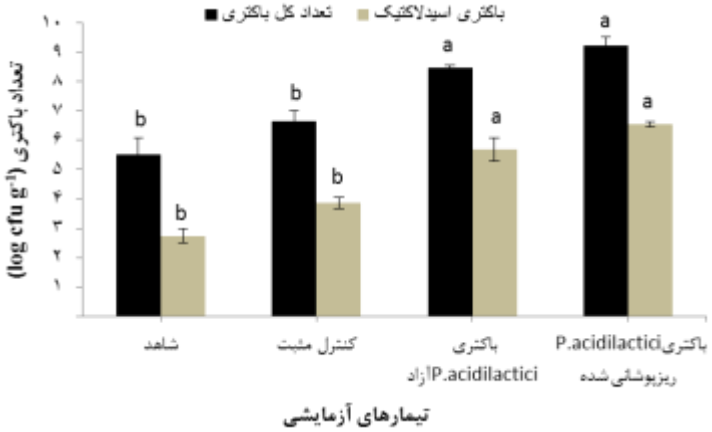
جدول ۲ شاخص های رشد اندازه گیری شده در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۶۰ روز نگهداری (mean ± SE).

شاخص‌های رشد	تیمارها			
	شاهد	شاهد مثبت	باکتری *P. acidilactici* آزاد	باکتری *P. acidilactici* ریزپوشانی
وزن اولیه (g)	۱۸/۲۶ ± ۰/۳۲	۱۸/۱۰ ± ۰/۳	۱۸/۱۱ ± ۰/۲۶	۱۸/۳۲ ± ۰/۲
وزن نهایی (g)	۷۰/۹۳ ± ۵/۸	۷۴/۸۳ ± ۰/۶	۷۸/۲ ± ۴/۶۶	۸۳/۶۷ ± ۲/۵۷
WG%	۲۶۷/۷۶± ۳/۷۲	۲۹۰/۴۶ ± ۲۳/۴	۳۰۰/۹۳ ± ۱۹/۹۶	۳۲۴/۱۹ ± ۱۰/۵
SGR	۲/۱۹ ± ۰/۱۱	۲/۲۷ ± ۰/۰۳	۲/۳۰ ± ۰/۱۱	۲/۴۰ ± ۰/۰۴
FCR	۱/۲۴ ± ۰/۰۶	۱/۱۹ ± ۰/۱۰	۱/۲۸ ± ۰/۰۸	۱/۱۴ ± ۰/۰۴

عدم وجود حروف در ستون ها، نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (p>۰/۰۵). WG= درصد افزایش وزن بدن، SGR= نرخ رشد ویژه و FCR = ضریب تبدیل غذایی.

فلور باکتریایی روده

نتایج مربوط به فلور باکتریایی روده تیمارهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. تعداد باکتری اسید لاکتیک و تعداد باکتری‌های کل، اختلاف معنی‌داری را بین گروه‌های شاهد و تیمار حاوی باکتری *P. acidilactici* آزاد و ریزپوشانی شده نشان دادند (p<۰/۰۵).



شکل ۱ میزان باکتری‌های اسید لاکتیک و تعداد کل باکتری‌های روده ماهی قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با تیمارهای مختلف طی ۶۰ روز پرورش (mean ± SE). حروف متفاوت اختلاف معنی دار را نشان می دهند (p<۰/۰۵).

تجزیه ترکیبات لاشه

نتایج مربوط به تجزیه ترکیبات شیمیایی لاشه قزل آلای رنگین کمان در جدول ۳ ارائه شده است. افزودن پروبیوتیک به صورت آزاد و کپسول شده به غذا میزان درصد پروتئین را افزایش داد و اختلاف معنی‌داری با گروه‌های شاهد نشان داد. بالاترین مقدار پروتئین (۰/۶۱ ± ۷۵/۴۳٪) در گروه تغذیه شده با جیره حاوی پروبیوتیک ریزپوشانی شده مشاهده شد (p<۰/۰۵). بالاترین مقدار چربی خام (۰/۲۶ ± ۱۸/۶٪) لاشه در تیمار حاوی پروبیوتیک کپسوله شده ثبت شد. بالاترین درصد خاکستر (۰/۲۱ ± ۹/۵۷) لاشه در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن معادل ۰/۱۱ ± ۶/۸۳٪ در تیمار حاوی باکتری *P. acidilactici* ریزپوشانی شده دیده شد. بین تیمارهای مورد بررسی از نظر درصد رطوبت لاشه اختلاف معنی داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ آنالیز شیمیایی لاشه (وزن خشک: mean ± SE) قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۶۰ روز تغذیه با باکتری *P. acidilactici* آزاد و ریزپوشانی شده (n = ۹).

ترکیبات بدن (وزن خشک) (٪)	تیمارها			
	شاهد	کنترل مثبت	باکتری *P. acidilactici* آزاد	باکتری *P. acidilactici* ریزپوشانی
رطوبت	۷۴/۱۱ ± ۱/۴۵	۷۶/۱۲ ± ۰/۵۶	۷۵/۴۹ ± ۰/۵۶	۷۳/۵۴ ± ۰/۱۲
پروتئین خام	۷۱/۸۹ ± ۱/۲۱^{b}	۷۳/۶۵ ± ۰/۹۵^{ab}	۷۴/۸۵ ±۰/۵۱^{a}	۷۵/۴۳ ± ۰/۶۱^{a}
چربی خام	۱۴/۶۷ ± ۰/۷۶^{b}	۱۵/۸۸ ± ۱/۳۵^{ab}	۱۶/۵۷ ± ۰/۸۷^{ab}	۱۸/۶۰ ± ۰/۲۶ ^{a}
خاکستر خام	۹/۵۷ ± ۰/۲۱^{a}	۸/۴۷ ± ۰/۵۵^{ab}	۷/۸۸ ± ۰/۴۰^{abc}	۶/۸۳ ± ۰/۱۱^{c}

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

بحث

پروبیوتیک‌ها موثرترین مواد افزودنی هستند که با ویژگی‌های مختلفی موجب ارتقای سلامتی در میزبان می‌شوند، اما تأثیر آن‌ها محدود به اثر بیوفیزیکی‌شان در محل هدف، در دستگاه گوارش است. ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها موجب می‌شود زنده‌مانی باکتری‌ها در خلال عمل‌آوری و همچنین، تحویل در دستگاه گوارش افزایش یابد (Chávarri et al. 2010).

نتایج تحقیق حاضر اختلاف معنی‌داری را در پارامترهای رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مقایسه با گروه شاهد نشان ندادند. در مقایسه میانگین‌ها، نتایج نشان دادند که SGR و WG ماهی تغذیه شده با جیره حاوی باکتری ریزپوشانی شده، نسبت به دیگر گروه‌ها بالاتر است. تحقیقات متعدد، بهبود شاخص‌های رشد در ماهیان تغذیه شده با پروبیوتیک را نشان داده‌اند. استفاده از باکتری *P. acidilactici* در تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) منجر به افزایش وزن شد (Shelby et al. 2006). همچنین، این اثر در ماهی سیم (*Pagrus major*) (Dawood et al. 2016) و نیز هامور (*Epinephelus coioides*) (Sun et al. 2012) به اثبات رسیده است. خمامی و همکاران (۱۳۹۶) گزارش کردند که ماهی سیم (*Abramis brama orientalis*) تغذیه شده با میزان ۲×۱۰^{۹} CFU/g از *P. acidilactici* از افزایش وزن و درازای خوبی نسبت به گروه شاهد برخوردار بودند. کپسول‌های آلژینات-کیتوزان با حفاظت از باکتری در برابر شرایط نامساعد، مانند pH پایین سبب افزایش زنده‌مانی باکتری و در نتیجه، اثرگذاری در اندام هدف می شوند. مطالعات متعدد در سطح *in vitro* تأثیر قابل توجه ریزپوشانی در افزایش زنده‌مانی و به‌دنبال آن، افزایش خواص عملکردی پروبیوتیک ها را نشان داده‌اند (Brinques et al. 2011; de Araújo Etchepare et al. 2016). Suzer و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که پروبیوتیک‌ها با تحریک آنزیم‌های گوارشی، سبب افزایش اشتها و به دنبال آن، افزایش رشد و بازده تغذیه می‌شوند. پروبیوتیک‌ها به دلیل ترشح آنزیم های خارج سلولی، مانند بعضی از آنزیم های گوارشی از جمله آمیلاز و لیپاز نقش مهمی در افزایش فعالیت ویژه این آنزیم‌ها در روده ماهیان دارند. لذا این باکتری‌ها موجب افزایش قابلیت هضم پذیری پروتئین، چربی و کربوهیدرات‌ها شده و درنتیجه، کارایی تغذیه و رشد بهتری را در آبزیان موجب می‌شوند (Bairagi et al. 2002).

در جیره حاوی باکتری ریزپوشانی شده و باکتری آزاد، میزان حضور این پروبیوتیک در روده ماهی افزایش یافت. در میزان کل باکتری، تیمارهای دریافت کننده پروبیوتیک نیز با گروه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. در مطالعه Ferguson و همکاران (۲۰۱۰) تیلاپیای نیل با تغذیه از جیره حاوی پروبیوتیک *P. acidilactici* افزایش فلور روده را نشان داد. در قرارگیری پروبیوتیک‌های موجود در غذا به عنوان فلور باکتریایی روده، دو مکانسیم ممکن است دخیل باشد که یکی، توان رقابتی پروبیوتیک نسبت به باکتری‌های دیگر روده و دیگری، توان تولید مواد ضد میکروبی است، پروبیوتیک‌ها با فعالیت آنتاگونیستی، سبب حذف باکتری‌های بیماری‌زا شده و خود به عنوان فلور روده تثبیت می‌شوند (Nayak et al. 2010). از طرفی، بیان شده است

www.SID.ir

Archive of SID

که افزایش تعداد باکتری های اسید لاکتیک در روده از طریق به کارگیری موادی که خاصیت پره‌بیوتیکی دارند، اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (Dimitroglou et al. 2010) پره‌بیوتیک‌ها می‌توانند چسبندگی باکتری‌های بیماری‌زا را مهار کرده و از این طریق سبب بهبود ترکیب میکروفلور روده شوند (Mahious et al. 2006). در تحقیقات گذشته با افزودن انواع پره‌بیوتیک‌ها، افزایش فلور باکتریایی روده گزارش شده است (Gatesoupe et al. 2014). عابدیان امیری و همکاران (۱۳۹۵)، با افزودن باکتری *L. plantarum* ریزپوشانی شده با آلژینات و کیتوزان به غذای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش تعداد باکتری‌های اسید لاکتیکی و تعداد کل باکتری‌های روده را گزارش کردند. در تحقیق حاضر، میزان بالای باکتری در روده ماهیان تغذیه شده با باکتری ریزپوشانی شده، نشان می‌دهد که وجود نشاسته مقاوم ذرت و کیتوزان در بارگذاری پروبیوتیک های مورد استفاده در روده ماهی نقش به‌سزایی داشته‌اند؛ به این ترتیب که نشاسته مقاوم ذرت به عنوان پره‌بیوتیک، منبع غذایی مناسبی برای فلور روده محسوب شده و کیتوزان نیز به عنوان پوشش‌دهنده مناسب با حفاظت کامل از باکتری‌ها، رهایش آنها در اندام هدف، یعنی روده را به خوبی به انجام رسانده است.

کیفیت گوشت آبزیان پرورشی از موارد مهمی است که به میزان زیاد تحت تأثیر شرایط محیطی و ترکیبات مغذی در جیره غذایی است (Topic Popovic et al. 2016). بررسی نتایج تجزیه لاشه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان داد که استفاده از *P. acidilactici* ریزپوشانی شده در جیره غذایی، افزایش معنی‌دار مقادیر پروتئین خام و چربی خام لاشه و همچنین، کاهش معنی‌دار خاکستر لاشه را در پی داشته است. این در حالی است که هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در رطوبت لاشه تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد. 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 قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با پروبیوتیک *Bacillus* spp. تجاری (Bagheri et al. 2008) گزارش شده است. قلجایی فرد و همکاران (۱۳۹۵) درصد بالای پروتئین لاشه قزل آلای رنگین کمان را در تیمار دریافت کننده 10^9 CFU/g از باکتری *Lactobacillus plantarum* را گزارش کردند. تغییرات در محتوای پروتئین و چربی لاشه ماهی را می توان تحت تأثیر ترشح آنزیم های 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 شده و درصد پروتئین و چربی خام لاشه افزایش یابد (Ghosh et al. 2001).

با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص افزودن باکتری *P. acidilactici* به صورت ریزپوشانی شده به جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، این آزمایش به خوبی نشان داد که آلژینات سدیم/نشاسته مقاوم ذرت/کیتوزان می‌توانند به خوبی باکتری را در برابر شرایط نامطلوب محیطی حفظ، و در اندام هدف رهاسازی کنند و به موجب آن، اثرات مثبتی بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و فلور باکتریایی روده ماهی قزل آلای رنگین کمان برجای بگذارند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با پشتیبانی مالی دانشگاه تربیت مدرس، برای انجام رساله دکتری انجام شده است. از کارشناسان آزمایشگاه گروه شیلات آقایان دکتر مرتضی کمالی، مهندس حسین نورانی و مهندس سید مصطفی حسینی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

حسینی، ص.، محمدین، ت.، عباسپور، م.، علیشاهی، م. ۱۳۹۶. اثر ریزپوشانی با آلژینات/کیتوزان بر بقاء باکتری پروبیوتیک الکتوباسیلوس پالانتاروم (*Lactobacillus plantarum*) در شرایط شبیه سازی شده معده و روده در فیل ماهی (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران ۲۷: ۱۷۳-۱۶۱.

خمامی، س.، مورکی، ن.، ولی پور، ع . ۱۳۹۶. تأثیر پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* بر رشد و شاخص‌های

www.SID.ir

Archive of SID

خونی بچه ماهی سیم *Abramis brama orientalis* علوم و فنون شیلات ۶: ۱۲-۱.

سراج، ب.، محمدیان، ت.، ناصری پورتکلو. ر. ۱۳۹۷. ارزیابی توان آنتی اکسیدانی لاکتوباسیلوس پلانتاروم (*Lactobacillus plantarum*) ریزپوشانی شده با آلژینات/کیتوزان در فیل ماهی جوان *Huso huso*. محیط زیست جانوری ۱۰: ۲۵۶-۲۴۹.

عابدیان امیری، آ.، آذری تاکامی، ق.، افشار نسب، م.، رضویلز، و. ۱۳۹۵. تاثیر مصرف خوراکی شکل میکروانکپسوله *Enterococcus faecium* بر روی فاکتورهای سلامت، رشد، تغذیه و فلور باکتریایی روده در قزلآلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). نشریه علوم آبزی پروری ۵: ۷۹-۶۲.

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., 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

قلجایی فرد، ا.، خارا، ح.، شناور ماسوله، ع. ۱۳۹۵. اثر باکتری *Lactobacillus plantarum* (KC426951) جداسازی شده از روده قزل آلای رنگین کمان استان گیلان بر فاکتورهای رشد، فلور باکتریایی روده و ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). علوم و فنون شیلات ۵: ۱۲۴-۱۱۱.

محمدیان، ت.، بیتا، س.، ناصری پروتکلو، ر. ۱۳۹۸. تأثیر لاکتوباسیلوس پالانتاروم ریزپوشانی شده با آلژینات/کیتوزان بر برخی فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما خون در فیل ماهی (*Huso huso*). تحقیقات دامپزشکی ۷۴: ۱۰۳-۹۳.

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.

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

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.

Bairagi, A., Ghosh, K. S., Sen, S. K., Ray, A. K. 2002. Enzyme producing bacterial flora isolated from fish digestive tracts. Aquaculture International 10: 109-121.

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

www.SID.ir

Archive of SID

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, A.L. 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.

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: 365-378.

Fuller, R. 1992. History and development of probiotics. In: Fuller, R (Ed.), Probiotics: The Scientific Basis. Chapman and Hall, London, 1-8.

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.

Ghosh, B., Cain, K.D., Nowak, B.F., Bridle, A.R. 2016. Microencapsulation of a putative probiotic *Enterobacter* species, C6-6, to protect rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), against bacterial coldwater disease. Journal of Fish Diseases 39: 1-11.

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

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: 737-43.

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

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.

Merrifield, D.L., Dimitroglou A., Bradley G., Baker R.T.M., Davies S.J. 2009. Probiotic applications for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). I. Effects on growth performance, feed utilization, intestinal microbiota and related health criteria. Aquaculture Nutrition 10: 1365-2095.

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*).

www.SID.ir

Archive of SID

Research in Veterinary Science 102: 103-11.

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.

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 18: 22-34.

Singh, K., Kallali, B., Kumar, A., Thaker, V. 2011. Probiotics: A review. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine 1: 287-290.

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.

Tuber, M. 2001. Veterinary use and antibiotic resistance laboratory of Food microbiology. Current Opinion in Microbiology 4: 493-499.

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: 283-292.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of microencapsulation of *Pediococus acidilactici* on growth performance, body composition and the bacterial flora of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

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 10 June 2019; accepted 20 August 2019

Abstract

The present study was conducted to evaluate the effect of probiotic bacteria *Pediocucus acidilactici* encapsulated with alginate and resistant starch (Hi maize) coated by chitosan, on growth indices, intestinal flora and carcass composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Rainbow trout fingerling with an average weight of 18.41 ± 0.32 g were fed with diets including: encapsulated probiotic, free probiotic, diet containing capsules free of bacteria (positive control) and control diet containing no probiotics for 60 days. The results exhibited that there were no significant differences in growth rate, weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio in different groups. The highest number of lactic acid bacteria was found in the fish received the encapsulated bacteria while the lowest was in the control group ($p<0.05$). Maximum carcass protein and fat contents were observed in encapsulated bacteria treatment and maximum carcass ash was in control group ($p<0.05$). Totally, the results suggest that encapsulated *P. acidilactici* improves the growth performance, body composition and bacterial flora of rainbow trout.

Keywords: *Pediococus acidilactici*, encapsulation, probiotic, intestinal bacterial flora, *Oncorhynchus mykiss*

Corresponding author: aabedian@modares.ac.ir

www.SID.ir