مزایای استفاده از پری بیوتیک ها در پرورش ماهیان دریایی

مریم منصف شکری[۱*]، سمیرا ناظم رعایا[۲]، شیرین جمشیدی[۱]

۱.موسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۲.پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج و کشاورزی، اهواز، ایران
* نویسنده مسئول: monsef_shokri@yahoo.com

چکیده

پری‌بیوتیک‌ها ترکیبات غذایی غیرقابل هضمی هستند که بوسیله گروه خاصی از میکروب‌های روده هضم می‌شوند و اثرات سودمندی بر سلامت میزبان دارند. این ترکیبات در صنعت آبزی‌پروری مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند. پری-بیوتیک‌ها از طریق سازوکارهای مختلفی مانند تغییر در جامعه باکتریایی، محصولات نهایی ناشی از تخمیرشان، جلوگیری از اتصال پاتوژن‌ها، تعامل با اجزاء سیستم ایمنی و تاثیر بر روی مورفولوژی روده تاثیرگذار هستند. در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی اثرات مثبت استفاده از پری‌بیوتیک‌ها را در ماهی‌ها گزارش کرده‌اند. مقاله حاضر به توانایی پری-بیوتیک ها بعنوان اجزا عملکردی و همچنین بر مکانیسم‌های شناخته شده عملکرد آن‌هاتمرکز دارد. به‌علاوه تعدادی از مطالعات انجام شده در خصوص تأثیر پری‌بیوتیک‌ها در پرورش ماهیان دریایی، به‌عنوان یکی از منابع باارزش در تأمین نیازهای پروتئینی، مرور خواهد شد. به نظر می‌رسد که عواملی چون میزان مصرف پری‌بیوتیک، سن، سایز،گونه، دمای آب و طول دوره مصرف در عملکرد پری‌بیوتیک‌ها تاثیرگذار هستند.

کلمات کلیدی: پری‌بیوتیک، ماهیان دریایی، ترکیبات غذایی غیر قابل هضم، سیستم ایمنی.

مقدمه

امنیت غذایی یک اصل مهم برای مصرف کنندگان، کارخانه‌های صنایع غذایی و اقتصاد می‌باشد. افزایش آگاهی مصرف کنندگان و تمایل آن‌ها برای مصرف غذای طبیعی منجر به منع مصرف ترکیبات شیمیایی به عنوان محرک‌های رشد شده است (Di Gioia and Biavati, 2018). استفاده از آنتی بیوتیک‌ها علاوه بر مهار پاتوژن ها منجر به افزایش جذب مواد غذایی و افزایش وزن می‌شود، بنابراین جایگزین‌های جدید باید عملکرد خوبی داشته باشند بنحوی که موجب کاهش یا مهارپاتوژن ها گردند (Balamurugan et al., 2013). برای فهم بیشتر پری‌بیوتیک‌ها درآبزی‌پروری ابتدا لازم است که مفهوم پری‌بیوتیک معرفی گردد. واژه پری بیوتیک اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط محققان مطرح شد که در آن پیشوند پرو به پری به معنی برای یا قبل از تغییر پیدا کرده است (Gibson and Roberfroid, 1995). بر اساس تعریف سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد و سلامت جهانی، پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم-های زنده‌ای هستند که استفاده میزان مناسب از آن‌ها موجب حفظ سلامت میزبان می‌گردد. بیشترین مکانیسم عملکرد پروبیوتیک‌ها از طریق رقابت مهاری باکتری‌های پاتوژن، هضم غذای میزبان و تحریک ایمنی میزبان می‌باشد (Pérez-Sánchez et al., 2014). برخلاف مزیت‌های مهم پروبیوتیک‌ها، استفاده از آن‌ها با مشکلاتی همراه است. بیشترشان تحمل فرآیند اکسترود در ساخت غذا را ندارند. ماندگاری کوتاه و مشکل در حفظ سطح ثابت پروبیوتیک‌ها در غذای آبزیان را می‌توان به‌عنوان مشکلات دیگر ذکر نمود. بنابراین پری‌بیوتیک‌ها به عنوان یک جایگزین برای پروبیوتیک‌ها مطرح هستند. بعد از تعریف اولیه پری‌بیوتیک بوسیله Gibson & Roberdfroid در سال ۱۹۹۵، چندین ترکیب بدون در نظر داشتن ویژگی‌های کافی به‌عنوان پری‌بیوتیک مطرح شدند. محققان دیگری، برای در نظر گرفتن یک ترکیب به-عنوان پری‌بیوتیک ویژگی‌هایی مانند مقاومت دربرابر اسید معده، قابلیت هیدرولیز توسط آنزیم‌های میزبان و جذب روده‌ای و تخمیر توسط میکروب‌های روده را ضروری می دانند. از طرف دیگر، پری بیوتیک باید توانایی تحریک یکسری از میکروب‌های مفید رادر رابطه با سلامت میزبان داشته باشد (Gibson et al., 2004). از آن به بعد بر اساس تعریف فوق، چندین الیگوساکارید بعنوان پری‌بیوتیک در ماهی‌ها مطرح شده‌اند که از آن جمله می‌توان به مانان الیگوساکارید (MOS)[1] ، فروکتوالیگوساکارید (FOS)[2] ، فروکتوالیگوساکارید کوچک زنجیره (scFOS)[3] ، گالاکتوالیگوساکارید (GOS)[4] ، زایلوالیگوساکارید (XOS)[5] ، آرابینوزایلوالیگوساکارید (AXOS)[6] ، ایزومالتوالیگوساکارید (IMO)[7] و تعدادی از پری-بیوتیک‌های تجاری ترکیبی اشاره نمود. پری‌بیوتیک-های رایجی که به‌عنوان افزودنی در غذا مطرح هستند، الیگوساکاریدهایی هستند که از واحدهای مونوساکارید مانند گلوکز، زایلوز، گالاکتوز و فروکتوز تشکیل شده-اند، اما از میان الیگوساکاریدهای نامبرده شده MOS، FOS و اینولین بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Dimitroglou et al., 2011a, Ringø et al., 2010).

یافته‌های قابل ترویج

تاثیر پری‌بیوتیک‌ها برعملکرد رشد و مورفولوژی روده

از اثرات مثبت پری‌بیوتیک‌ها می‌توان به تأثیر آن‌ها بر عملکرد رشد ماهی اشاره نمود (Dimitroglou et al., 2011b, Merrifield et al., 2010, Ringø et al., 2010, Ringø et al., 2014). به‌نظر می‌رسد که

[1] Mannan Oligosaccharides
[2] Fructo Oligosaccharides
[3] short-chain Fructooligosaccharides
[4] Galacto-oligosaccharides
[5] Xylo oligosaccharides
6 Arabino xylo oligosaccharides
[7] Isomaltooligosaccharide

تاثیر مثبت آن‌ها به‌واسطه تغییرات آنزیم‌های گوارشی و یا تغییرات مورفولوژی روده باشد. مطالعات نشان داده اند که در ماهی «سیم پوزه پهن»[1] (*Megalobrama amblycephala*) تغذیه پری‌بیوتیک منجر افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی شده است. از طرف دیگر تغذیه ماهی «درام قرمز»[2] (*Sciaenops ocelllatus*) با استفاده از پری‌بیوتیک‌های MOS، FOS و TOS نشان داد که تاثیر مثبت پری‌بیوتیک‌ها در رشد بیشتر به‌واسطه تغییرات در مورفولوژی روده است تا اینکه متاثر از بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی باشد (Wu et al., 2013). با این وجود تأثیر مصرف پری بیوتیک در عملکرد رشد متفاوت است. به‌طوریکه در بعضی مطالعات مصرف پری‌بیوتیک در جیره بی‌تأثیر بوده است یا اینکه افزایش مقدار مصرف آن‌ها منجر به کاهش رشد گردیده است. بطور مثال مرشدی و همکاران در سال ۱۳۹۴ نشان دادند که افزودن ۰/۵ و یک درصد از زایلوالیگوساکارید در جیره بر عملکرد رشد بچه ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) تاثیری نگذاشته است.

گزارش‌ها نشان داده‌اند که مصرف پری‌بیوتیک ها از طریق افزایش سطح جذب، دانسیته، ارتفاع و ساختار میکروویلی‌ها بر مورفولوژی روده سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) تأثیرگذار است (Dimitroglou et al., 2010, Dimitroglou et al., 2011a, Zhou et al., 2010, Dimitroglou et al., 2009). مورفولوژی روده بطور مستقیم در ایمنی و سلامت ماهی تاثیرگذار است، زیرا سلامت موکوس سلول‌های پوششی روده منجر به کاهش تعداد باکتری‌های فرصت‌طلب می‌شود. همچنین بهبود ساختار روده در ماهی متأثر از محصولات نهایی تخمیر پری‌بیوتیک‌ها است، بطور مثال «اسیدهای چرب کوچک زنجیره» (SCFA)[3] می‌توانند توسط سلول‌های آنتروسیت روده هضم و جذب شوند. از طرف دیگر اسیدهای چرب کوچک زنجیره می‌توانند انرژی مورد نیاز باکتری‌های مفید روده را برای حفظ هموستازی روده فراهم نمایند (Merrifield et al., 2010, Mountfort et al., 2002). البته نتایج این مطالعات متاثر از سن ماهی، نوع رژیم غذایی و روش‌های آنالیز است. به‌طور مثال، نتایج بررسی‌ها با میکروسکوپ نوری نشان داد که جیره غذایی برپایه پروتئین گیاهی و پروتئین ماهی در مورفولوژی روده ماهی سیم سرطلایی تاثیری ندارد، درحالی‌که با استفاده از روش عکس‌برداری با میکروسکوپ الکترونی مشخص شده است که هر دو نوع رژیم غذایی در روی ساختار خلفی و قدامی روده تاثیرگذار است (Dimitroglou et al., 2010).

تاثیر پری‌بیوتیک‌ها بر جمعیت میکروبی روده انتهایی

تغذیه ماهی با پری‌بیوتیک‌ها در جمعیت میکروبی روده و سلامت آن‌ها موثر است. مطالعات نشان داده است که تکامل، هضم و جذب غذا و همچنین میزان مقاومت ماهی در برابر بیماری‌ها متاثر از فلور میکروبی روده می‌باشد. به‌طور مثال، مشخص شده است که ماهی گورخری در محیط فاقد میکروب به طور صحیح تکامل نمی‌یابد (Bates et al., 2006). محققان مهمترین دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی ماهیان در نتیجه مصرف پری‌بیوتیک‌ها را به تولید آنزیم‌های گوارشی باکتریایی در نتیجه تعدیل فلور میکروبی روده نسبت داده‌اند (Hoseinifar et al., 2017, Merrifield and Rodiles, 2015). تا سال‌های اخیر بیشتر مطالعات در مورد تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر جمعیت میکروبی روده بر پایه روش‌های مبتنی بر کشت سلول بوده است. در این روش تعدادی از باکتری‌های هوازی هتروتروف در هنگام شمارش پلیت از بین می‌رفتند (Dimitroglou et al., 2009, Lv et al., 2007, Mahious et al., 2006, Zhou et al., 2007). اما،

[1] blunt snout bream
[2] Red drum
[3] Short-chain fatty acids

به تازگی روش «PCR-DGGE»[1] که یک روش مستقل از کشت میکروبی است گسترش پیدا کرده است. در این روش محصول واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز (محصول PCR) که حاوی قطعات هم اندازه DNA است، بر روی ژلی که حاوی شیبی از مواد دناتوره کننده است، الکتروفورز می‌شود. گرچه شناخت ترکیب فلور میکروبی روده برای فهم مکانیسم عملکرد پری‌بیوتیک‌ها مهم است اما به منظور شناخت بیشتر فلور میکروبی روده، مطالعاتی با استفاده از روش گفته شده در بالا تاکنون بر روی دو ماهی دریایی سیم سفید (*Diplodus sargus*) و ماهی سیم سر طلایی (*Sparus aurata*) انجام شده است. تأثیر استفاده از دو دوز ۰/۲و ۰/۴ درصد از Bio-Mos® در ماهی سیم سرطلایی با اوزان ۲۴ گرمی که جیره غذایی بر پایه پروتئین ماهی مصرف کرده‌اند با استفاده از این روش نشان داده است که کاربرد مقدار ۰/۴ درصد Bio-® Mos به مدت نه هفته در جیره غذایی باعث افزایش تنوع و غنای گونه‌ای فلور باکتریایی روده خواهد شد (Dimitroglou et al., 2010). اما، کاربرد پری بیوتیک هایی مانند ScFOS، XOS و یا GOS با دوز یک درصد در جیره بر پایه پروتئین گیاهی به مدت ۱۲ هفته نتوانست تغییری در فلور میکروبی ماهی سیم سفید ایجاد کند (Guerreiro et al., 2018b).

تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر سیستم ایمنی

در ماهی‌های استخوانی، موکوس شامل سلول‌های ایمنی ذاتی و اکتسابی است. به‌نحوی که کار آن‌ها با یکدیگر منجر به حفظ پایدار در موکوس می‌شود (Salinas, 2015). اجزاء بافت لنفوئیدی همراه با موکوس، محافظت روده را بر عهده دارند و آن را از تهاجم در امان نگه می‌دارند، این اجزاء در ماهی شامل لیزوزیم، پپتیدهای ضدمیکروبی، پروتئین‌های سیستم کمپلمان و ایمنوگلوبولین‌ها هستند. همچنین گروه-هایی از سلول‌های ایمنی به‌صورت پراکنده درسرتاسر موکوس بافت لنفاوی قرارگرفته‌اند (Nawaz et al., 2018, Rombout et al., 2011). این سلول ها آنتی ژن ها را به دام انداخته یا به آنتی ژن ها متصل می گردند و با پردازش آنها موجب تقویت خاطره ایمنی می شوند. مشخص شده است که پری‌بیوتیک‌ها سیستم ایمنی را به طور مستقیم و غیر مستقیم فعال می‌کنند. در روش مستقیم، پری‌بیوتیک‌ها با تقویت سد پوششی روده و با اتصال آنها به جایگاه‌های فعال پاتوژن‌ها مانع از اتصال آن‌ها به موکوس می‌شوند. همچنین این اتصال می‌تواند در «اندوسیتوز»[2] یا درون‌بری (فرآیندی فعال که نیازمند انرژی است و در آن سلول‌ها، مولکول‌ها یا اجسامی را از طریق غشاء به درون خود می‌برند)، «فاگوسیتوز»[3] (یا بیگانه‌خواری که نوعی از اندوسیتوز است که در آن ذرات جامد مانند باکتری‌ها توسط سلول‌های فاگوسیت مانند ماکروفاژ بلعیده می‌شود) و «پدیده انفجار تنفسی»[4] یا ۰انتشار سریع انواع اکسیژن واکنشی (رادیکال سوپر اکسید و پراکسید هیدروژن) از سلول‌های مختلف، در سیستم ایمنی نقش داشته باشد (Di Bartolomeo et al., 2013, Nawaz et al., 2018). به‌طور مثال، پری‌بیوتیک‌ها به طور مستقیم با گیرنده‌های شناسایی الگو مانند بتا-گلوکان و «دکتین- ۱»[5] در ماکروفاژها واکنش می‌دهند و از این طریق سیستم ایمنی را فعال می‌نمایند (Song et al., 2014). همچنین، گزارش شده است که افزایش فعالیت فاگوسیتوزی در ماهی خاردار اروپایی یا همان سی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) تغذیه شده با MOS ممکن است به علت وجود گیرنده‌های مانوزی در لکوسیت‌های کلیه قدامی باشد (Torrecillas et al., 2011). اثرات غیرمستقیم پری‌بیوتیک‌ها به واسطه فلور

[1] Polymerase chain reaction- Denaturing Gradient Gel Electrophoresis

[2] Endocytosis
[3] Phagocytosis
[4] Respiratory burst
[5] Dectin-1

میکروبی روده و متابولیت‌های تولید کننده آن‌ها می‌باشد. به‌طور مثال، اسیدهای چرب کوچک زنجیره مانند استات، بوتیرات و پروپیونات که از تخمیر فیبرهای غذایی توسط فلور میکروبی روده ایجاد می‌شوند، با تأثیر بر انرژی متابولیسم میزبان نه تنها بر محیط داخل روده تاثیر گذار هستند بلکه انواع بافت‌های محیطی میزبان را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. مطالعات نشان داده است که اسیدهای چرب از طریق اتصال به گیرنده‌های جفت شونده با پروتئین‌های G به‌عنوان مولکول‌های پیام رسان عمل می‌کنند و از طریق تغییرات اپی‌ژنتیک بر روی بیان ژن‌ها تأثیر می‌گذارند که از جمله می‌توان به تغییر در بیان تعدادی از سیتوکاین‌ها اشاره نمود (Guerreiro et al., 2018a, Kasubuchi et al., 2015). اسیدهای چرب با کاهش pH در کاهش رشد باکتری‌های پاتوژن و جذب مواد معدنی موثر هستند. همچنین مطالعات نشان داده است که بعضی از گونه‌های باکتریایی از طریق تحریک سلول‌های دندرتیک باعث تقویت سیستم ایمنی می‌شوند (Pourabedin and Zhao, 2015). البته لازم است که برای ارزیابی بهبود سیستم ایمنی در اثر مصرف پری‌بیوتیک‌ها، چالش‌های مواجهه سازی با میکروب‌های بیماری‌زا و بررسی بقاء ماهی‌ها مورد ارزیابی قرار بگیرد.

تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر متابولیسم گلوکز و چربی

مطالعات نشان داده است که پری‌بیوتیک‌ها در کاهش سنتز چربی در کبد، کاهش سطح کلسترول و تری‌گلیسیرید کبد و سرم، افزایش نسبت HDL/LDL، کاهش استئاتوزیس[1] (کبد چرب)، کاهش گلوکز پلاسما و افزایش حساسیت به انسولین در پستانداران نقش دارند (Delzenne, 2003, Delzenne and Williams, 2002, Teitelbaum, 2009). در ماهی‌ها مطالعه تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر روی متابولیسم‌های حد واسط، به ندرت صورت گرفته است ولی انجام این مطالعات رو به افزایش است. بر خلاف پستانداران، نتایج ضد و نقیضی در مورد تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر میزان چربی‌های پلاسما وجود دارد. به طور مثال در ماهی فلاندر ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) با مصرف ترکیبی مانان و فروکتوالیگوساکارید سطح گلیسرید، کلسترول و LDL کاهش یافت (Ye et al., 2011)، در حالیکه در مطالعه‌ای دیگر، غنی‌سازی جیره ماهی سیم سفید اروپایی با پری‌بیوتیک هیچ تغییری بر روی فاکتورهای پلاسمایی ذکر شده ایجاد نکرده است (Guerreiro et al., 2018b). تاثیر پری‌بیوتیک بر روی متابولیسم گلوکز تنها روی دو گونه ماهی سی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) و ماهی سیم سفید (*Diplodus sargus*) در دریای مدیترانه مورد بررسی قرار گرفته است (Guerreiro et al., 2015b, Guerreiro et al., 2018b). در حالیکه در ماهی سیم سفید غنی سازی جیره با پری‌بیوتیک هیچ تاثیری بر متابولیسم گلوکز ایجاد نکرد (Guerreiro et al., 2018b)، در ماهی سی باس اروپایی که به میزان یک درصد XOS و ScFOS را در جیره بر پایه پروتئین پودر ماهی دریافت کرده بودند، فعالیت مسیر گلیکولیز بدون تغییر میزان گلوکز پلاسما افزایش نشان داد (Guerreiro et al., 2015b). در رابطه با ماهی سیم سر طلایی غنی سازی جیره با ۰/۱ درصد از ScFOS و تغییر دمای پرورش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۸ درجه سانتی‌گراد منجر به افزایش سطح گلوکز خون شده است (Guerreiro et al., 2015a). تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند که تاثیر پری‌بیوتیک‌ها بر متابولیسم گلوکز متأثر از تولید اسیدهای چرب کوچک زنجیره می‌باشد (Delzenne, 2003, Roberfroid et al., 2010). با توجه به اهمیت سطح گلوکز خون در میزان کربوهیدرات دریافتی در جیره، این موارد نیاز به بررسی بیشتر دارد.

[1] Steatosis

فاکتورهای موثر بر عملکرد پری‌بیوتیک‌ها

دستیابی به دوز موثر پری‌بیوتیک‌ها برای تاثیرگذاری بهتر، حائز اهمیت است. با انجام مطالعات دوز- پاسخ می‌توان دوزهای موثر را انتخاب و دوزهای بی‌اثر و سمی را کنار گذاشت. البته بسته به گونه ماهی، اندازه، نوع پری‌بیوتیک و شرایط پرورش ممکن است دوز موثر تغییر کند (Merrifield et al., 2010). به طور مثال، مطالعات نشان داده است که در ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*)، بخش‌های از روده که با جیره حاوی یک درصد اینولین تغذیه شده بود، آسیب دیده بود (Cerezuela and Meseguer, 2013). در یک مطالعه دیگر، ماهی سیم اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) که با ۰/۲ و ۰/۴درصد از MOS تغذیه شده بودند، میزان فعالیت نوتروفیل‌های در گردش در گروه دریافت کننده ۰/۲ درصد از MOS کمتر از گروه کنترل بود، در حالیکه در گروه دریافت کننده ۰/۴ درصد از MOS بیشترین میزان فعالیت نوتروفیل‌ها مشاهده شد (Torrecillas et al., 2011). این نتایج نشان دهنده آن است که مرز ظریفی بین اثرات مثبت و منفی غنی‌سازی جیره با پری‌بیوتیک‌ها وجود دارد که نیازمند مطالعه بیشتر است. از دیگر عوامل موثر در مصرف پری‌بیوتیک‌ها می‌توان به دمای آب و محیط اشاره نمود. اولین هدف پری‌بیوتیک‌ها میکروب‌های روده است. تغییرات دمای آب و محیط می‌تواند تعداد جمعیت و تنوع باکتریهای روده را تغییر دهد. مطالعات انجام شده در روی ماهی توربوت *Scophthalmus* (*maximus*) نشان داد که تنوع و غنای گونه باکتری‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد است (Guerreiro et al., 2014). اما مطالعات دیگر این محقق نشان داد که عوامل فوق در ماهی سیم سرطلایی در دماهایی مورد مطالعه تغییری پیدا نکرده است، اما از طرف دیگر، بین مصرف پری‌بیوتیک و رشد در دمای پائین ارتباط مستقیم وجود داشت (Guerreiro et al., 2015a).

نتیجه گیری و توصیه ترویجی

دانش استفاده از پری‌بیوتیک‌ها در سال‌های اخیر به طور چشمگیری توسعه پیدا کرده است، اما با این حال به دلیل پاسخگویی به تعدادی از سوالات و همچنین وجود تناقض‌هایی در بعضی موارد، به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است. یکی از سوالات اساسی در این باره فهم ارتباط دقیق بین فلور میکروبی روده با سلامت روده و عملکرد ماهی می‌باشد. برای اینکه مشخص باشد که اثرات مثبت پری‌بیوتیک به تغییر فعالیت فلور میکروبی روده یا تعداد و تنوع فلور میکروبی وابسته است باید میزان تولید اسیدهای چرب کوچک زنجیره (SCFA)[1] مورد ارزیابی قرار گیرد. به‌علاوه برای بررسی بیشتر ویژگی‌های فلور میکروبی ارزیابی‌های کمی با استفاده از روش‌های « Real-time PCR»، «دورگه‌گیری فلورسانس» (FISH)[2] و «توالی‌یابی نسل جدید» (NGS)[3] می‌تواند محدودیت‌های ناشی از روش «DGGE» و روش‌های مبتنی بر کشت را برطرف سازد (Guerreiro et al., 2018a). از یک سو، استفاده از روش‌های پیشرفته مانند متاژنومیکس همراه با ارزیابی پروفایل متابولیت‌های باکتریایی، موجب شناخت فلور میکروبی روده و مشخص شدن سازو کار عمل پری‌بیوتیک‌ها می‌گردد (Pourabedin and Zhao, 2015). از سویی دیگر، تعیین دقیق باکتری‌های روده و تولید اسیدهای چرب کوچک زنجیره می‌تواند منجر به معرفی شاخص‌های پری‌بیوتیکی در ماهی گردد، این شاخص می‌تواند به طور کمی تاثیر پری‌بیوتیک‌ها را در مطالعات مختلف مورد ارزیابی قرار دهد (Palframan et al., 2003). دستبابی به دوز موثر در پری‌بیوتیک‌ها اهمیت دارد. با انجام مطالعات پاسخ-دوز می‌توان به دوز موثر دستیابی پیدا کرد و همچنین دوزهای غیرموثر و دوزهایی که باعث آسیب می‌شوند را کنار

[1] Short-chain fatty acids
[2] Fluorescence *in situ* hybridization
[3] Next generation sequencing

گذاشت و در این موارد نباید اثرات منفی آن‌ها نیز مورد غفلت واقع شود. باید توجه داشت که دوزهای مورد نظر به عوامل مختلفی چون گونه ماهی،اندازه، سن ماهی، نوع پری‌بیوتیک مصرفی، شرایط محیط پرورش و طول دوره مصرف بستگی دارد. بنابراین در مطالعات باید این موارد را نیز مورد توجه قرار داد. برای بررسی تأیید تأثیر

پری‌بیوتیک‌ها،آزمون‌های مواجهه سازی نباید تنها بر علیه باکتری‌های پاتوژن صورت بگیرد، بلکه لازم است بقاء ماهی در شرایط ناملایم دیگر مانند کمبود اکسیژن، شوری، تراکم و سایر مشکلاتی که مزرعه‌داران با آن مواجه هستند نیز بررسی شود. در انتها گفتنی است، بر اساس نتایج محققان نقش انکار نشدنی پری بیوتیک ها در بهبود عملکرد ماهیان دریایی مشخص شده است و می‌توان استفاده از پری‌بیوتیک‌ها را به عنوان یک استراتژی نوین در بهبود عملکرد ماهیان دریایی پیشنهاد نمود، اما برای بررسی تاثیر پری‌بیوتیک ها در سلامت ماهی و نقش تغذیه‌ای آن‌ها، انجام آزمون‌های جداگانه در مورد گونه‌های مختلف در شرایط مختلف پرورشی مورد نیاز است.

منابع

مرشدی، و.، آق، ن.، مرمضی، ج.، نوری، ف.، محمدیان، ت. اثرات پربیوتیک زایلوالیگوساکارید جیره بر روی عملکرد رشد و تغذیه، فاکتورهای خونی و پاسخ ایمنی یر اختصاصی بچه ماهی صبیتی. ۱۳۹۴. مجله علمی-پژوهشی زیست-شناسی دریا.

BALAMURUGAN, T., JAYAGANTHAN, P., PERUMAL, P., NAMAGIRILAKSHMI, S., ANITHA, R., SELVARAJ, P., KRUPAKARAN, P. & JAYACHANDRAN, S. 2013. Application of Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in Livestock. *Probiotics in Sustainable Food Production: Current Status and Future Prospects-Probiotics in Food Production, Ramanathan, A.(Ed.). Bonfring, Tamilnadu, India, ISBN*, 978-93.

BATES, J. M., MITTGE, E., KUHLMAN, J., BADEN, K. N., CHEESMAN, S. E. & GUILLEMIN, K. 2006. Distinct signals from the microbiota promote different aspects of zebrafish gut differentiation. *Developmental biology,* 297, 374-386.

CEREZUELA, R. & MESEGUER, J. 2013. Effects of dietary inulin, Bacillus subtilis and microalgae on intestinal gene expression in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & shellfish immunology,* 34, 843-848.

DELZENNE, N. M. 2003. Oligosaccharides: state of the art. *Proceedings of the nutrition Society,* 62, 177-182.

DELZENNE, N. M. & WILLIAMS, C. M. 2002. Prebiotics and lipid metabolism. *Current opinion in lipidology,* 13, 61-67.

DI BARTOLOMEO, F., STARTEK, J. & VAN DEN ENDE, W. 2013. Prebiotics to fight diseases: reality or fiction? *Phytotherapy Research,* 27, 1457-1473.

DI GIOIA, D. & BIAVATI, B. 2018. Probiotics and Prebiotics in Animal Health and Food Safety: Conclusive Remarks and Future Perspectives. *Probiotics and Prebiotics in Animal Health and Food Safety.* Springer.

DIMITROGLOU, A., MERRIFIELD, D., MOATE, R., DAVIES, S., SPRING, P., SWEETMAN, J. & BRADLEY, G. 2009. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of animal science,* 87, 3226-3234.

DIMITROGLOU, A., MERRIFIELD, D. L., CARNEVALI, O., PICCHIETTI, S., AVELLA, M., DANIELS, C., GÜROY, D. & DAVIES, S. J. 2011a. Microbial manipulations to improve fish health and production–a Mediterranean perspective. *Fish & shellfish immunology,* 30, 1-16.

DIMITROGLOU, A., MERRIFIELD, D. L., SPRING, P., SWEETMAN, J., MOATE, R. & DAVIES, S. J. 2010. Effects of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on growth performance, feed utilisation, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (Sparus aurata). *Aquaculture,* 300, 182-188.

DIMITROGLOU, A., REYNOLDS, P., RAVNOY, B., JOHNSEN, F., SWEETMAN, J., JOHANSEN, J. & DAVIES, S. 2011b. The effect of Mannan Oligosaccharide supplementation on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) fed diets with high levels of plant proteins. *J Aquacult Res Dev S,* 1, 011.

GIBSON, G. R., PROBERT, H. M., VAN LOO, J., RASTALL, R. A. & ROBERFROID, M. B. 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition research reviews,* 17, 259-275.

GIBSON, G. R. & ROBERFROID, M. B. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition,* 125, 1401-1412.

GUERREIRO, I., ENES, P. & OLIVA-TELES, A. 2015a. Effects of short-chain fructooligosaccharides (scFOS) and rearing temperature on growth performance and hepatic intermediary metabolism in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish physiology and biochemistry,* 41, 1333-1344.

GUERREIRO, I., OLIVA-TELES, A. & ENES, P. 2015b. Improved glucose and lipid metabolism in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed short-chain fructooligosaccharides and xylooligosaccharides. *Aquaculture,* 441**,** 57-63.

GUERREIRO, I., OLIVA-TELES, A. & ENES, P. 2018a. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. *Reviews in Aquaculture,* 10**,** 800-832.

GUERREIRO, I., PÉREZ-JIMÉNEZ, A., COSTAS, B. & OLIVA-TELES, A. 2014. Effect of temperature and short chain fructooligosaccharides supplementation on the hepatic oxidative status and immune response of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish & shellfish immunology,* 40**,** 570-576.

GUERREIRO, I., SERRA, C., POUSÃO-FERREIRA, P., OLIVA-TELES, A. & ENES, P. 2018b. Prebiotics effect on growth performance, hepatic intermediary metabolism, gut microbiota and digestive enzymes of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture Nutrition,* 24**,** 153-163.

HOSEINIFAR, S. H., DADAR, M. & RINGØ, E. 2017. Modulation of nutrient digestibility and digestive enzyme activities in aquatic animals: The functional feed additives scenario. *Aquaculture Research,* 48**,** 3987-4000.

KASUBUCHI, M., HASEGAWA, S., HIRAMATSU, T., ICHIMURA, A. & KIMURA, I. 2015. Dietary gut microbial metabolites, short-chain fatty acids, and host metabolic regulation. *Nutrients,* 7**,** 2839-2849.

LV, H.-Y., ZHOU, Z.-G., RUDEAUX, F. & RESPONDEK, F. 2007. Effects of dietary short chain fructo-oligosaccharides on intestinal microflora, mortality and growth performance of *Oreochromis aureus*♂× *O. niloticus*♀. *Chinese Journal of Animal Nutrition,* 19**,** 691-697.

MAHIOUS, A., GATESOUPE, F., HERVI, M., METAILLER, R. & OLLEVIER, F. 2006. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, C. 1758). *Aquaculture International,* 14**,** 219.

MERRIFIELD, D. L., DIMITROGLOU, A., FOEY, A., DAVIES, S. J., BAKER, R. T., BØGWALD, J., CASTEX, M. & RINGØ, E. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture,* 302**,** 1-18.

MERRIFIELD, D. L. & RODILES, A. 2015. The fish microbiome and its interactions with mucosal tissues. *Mucosal health in aquaculture.* Elsevier.

MOUNTFORT, D. O., CAMPBELL, J. & CLEMENTS, K. D. 2002. Hindgut fermentation in three species of marine herbivorous fish. *Applied and environmental microbiology,* 68**,** 1374-1380.

NAWAZ, A., IRSHAD, S., HOSEINIFAR, S. H. & XIONG, H. 2018. The functionality of prebiotics as immunostimulant: Evidences from trials on terrestrial and aquatic animals. *Fish & shellfish immunology*.

PALFRAMAN, R., GIBSON, G. & RASTALL, R. 2003. Development of a quantitative tool for the comparison of the prebiotic effect of dietary oligosaccharides. *Letters in Applied Microbiology,* 37**,** 281-284.

PÉREZ-SÁNCHEZ, T., RUIZ-ZARZUELA, I., DE BLAS, I. & BALCÁZAR, J. L. 2014. Probiotics in aquaculture: a current assessment. *Reviews in Aquaculture,* 6**,** 133-146.

POURABEDIN, M. & ZHAO, X. 2015. Prebiotics and gut microbiota in chickens. *FEMS microbiology letters,* 362.

RINGØ, E., DIMITROGLOU, A., HOSEINIFAR, S. H. & DAVIES, S. J. 2014. Prebiotics in finfish: an update. *Aquaculture nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics***,** 360-400.

RINGØ, E., OLSEN, R., GIFSTAD, T., DALMO, R., AMLUND, H., HEMRE, G. I. & BAKKE, A. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition,* 16**,** 117-136.

ROBERFROID, M., GIBSON, G. R., HOYLES, L., MCCARTNEY, A. L., RASTALL, R., ROWLAND, I., WOLVERS, D., WATZL, B., SZAJEWSKA, H. & STAHL, B. 2010. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition,* 104**,** S1-S63.

ROMBOUT, J. H., ABELLI, L., PICCHIETTI, S., SCAPIGLIATI, G. & KIRON, V. 2011. Teleost intestinal immunology. *Fish & shellfish immunology,* 31**,** 616-626.

SALINAS, I. 2015. The mucosal immune system of teleost fish. *Biology,* 4**,** 525-539.

SONG, S. K., BECK, B. R., KIM, D., PARK, J., KIM, J., KIM, H. D. & RINGØ, E. 2014. Prebiotics as immunostimulants in aquaculture: a review. *Fish & shellfish immunology,* 40**,** 40-48.

TEITELBAUM, J. 2009. Prebiotics and lipid metabolism. *Handbook of prebiotics and probiotics ingredients: health benefits and food applications. CRC Press, USA***,** 209-220.

TORRECILLAS, S., MAKOL, A., CABALLERO, M., MONTERO, D., GINÉS, R., SWEETMAN, J. & IZQUIERDO, M. 2011. Improved feed utilization, intestinal mucus production and immune parameters in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). *Aquaculture nutrition,* 17**,** 223-233.

WU, Y., LIU, W. B., LI, H. Y., XU, W. N., HE, J. X., LI, X. F. & JIANG, G. Z. 2013. Effects of dietary supplementation of fructooligosaccharide on growth performance, body composition, intestinal enzymes activities and histology of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition,* 19**,** 886-894.

YE, J. D., WANG, K., LI, F. D. & SUN, Y. Z. 2011. Single or combined effects of fructo-and mannan oligosaccharide supplements and Bacillus clausii on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture nutrition,* 17**,** e902-e911.

ZHOU, Q.-C., BUENTELLO, J. A. & GATLIN III, D. M. 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture,* 309**,** 253-257.

ZHOU, Z., DING, Z. & HUIYUAN, L. 2007. Effects of dietary short-chain fructooligosaccharides on intestinal microflora, survival, and growth performance of juvenile white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society,* 38**,** 296-301.

The benefits of the use of prebiotics in marine fish aquaculture

Maryam Monsef Shokri[1]*, Samira Nazemroaya[2], Shirin Jamshidi[1]

1. International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2. South Iran Aquaculture Research Institute, Iran Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran.
*Corresponding author: monsef_shokri@yahoo.com

Abstract

Prebiotics are non-digestible food components that are fermented by specific members of intestinal bacteria in the host gut, providing health benefits for the host. These components have received particular attention in aquaculture. They act via various mechanisms, such as changes in bacterial communities, end-products of prebiotics fermentation, preventing pathogen adhesion to host cells, modulating the immune systems and effect on gut morphology. In the last years, a large number of studies have reported positive effects for the use of prebiotics in fish. This article concentrates on prebiotics' potential as functional components as well as their known mechanisms of their action. In addition, a number of studies on prebiotic beneficial effects in marine fish aquaculture as one of valuable source to supply protein demands have been reviewed. It seems factors such as prebiotic dosage, age, size, species, water temperature and duration of administration are influencing prebiotic mode of action.

Key words: Prebiotics, Marine fish, Non-digestible food components, Immune system.