

بررسی تأثیر پروبیوآنزیم بر بیان ژن های وابسته به ایمنی و کنترل بیماری دهان قرمز (yersiniosis) در ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

ابوالحسن راستیان نسب^۱، سید محمد موسوی^{۱*}، حسین ذوالقرنین^۱، همایون حسین زاده صحافی^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

*seied1356@yahoo.com

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۵

چکیده

در مطالعه حاضر، اثر پروبیوآنزیم بر بیان ژن های وابسته به ایمنی بخش قدامی کلیه ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و نیز اثر حفاظتی این ترکیب در رویارویی با بیماری دهان قرمز روده ای (yersiniosis) بررسی گردید. میزان پروبیوآنزیم استفاده شده ۰.۳ و ۰.۵ g/kg غذا بوده و به تعداد ۲۲۵ عدد ماهی با وزن متوسط ۲۶/۳±۲/۷ گرم در تیمارهای مختلف و در تانک های ۲۰۰ لیتری به مدت ۶۰ روز خوراندند. در انتهای دوره تغذیه، گروه های مختلف ماهیان و گروه شاهد در رویارویی با باکتری *Yersinia ruckeri* آزمایش شدند. گروه با دوز زیاد پروبیوآنزیم بیشترین مقاومت در مقابل عامل بیماری زای ذکر شده را نسبت به تیمار با دوز کمتر پروبیوآنزیم و گروه شاهد داشت ($p < 0.05$). پس از تعیین میزان mRNA سیتوکین های IL-1 β و TNF- α در کلیه، TNF- α در تیمار با دوز زیاد (۰.۵g/kg) بیان بیشتری نسبت به گروه با دوز کم و گروه شاهد داشت ($p < 0.05$). درحالیکه میزان پروبیوآنزیم در تیمارهای مختلف تأثیر معنی داری بر بیان ژن IL-1 β در کلیه نداشت ($p > 0.05$). تنها دز زیاد پروبیوآنزیم بطور قابل توجهی بیان ژن TNF- α را نسبت به ژن IL-1 β متفاوت نموده است. بر اساس نتایج، میزان بیان سیتوکین های مورد مطالعه وابسته به دز بوده و ممکن است در بافتهای مختلف الگوی متفاوتی در بیان داشته باشند. بر اساس یافته ها، افزایش بیان سیتوکین ها بویژه TNF- α در کلیه، می تواند بر توان مقاومت به بیماری در ماهی مؤثر باشد. در مطالعه حاضر، استفاده از مکمل پروبیوآنزیم به میزان ۰.۵g/kg غذا می تواند محرک سیستم ایمنی و افزایش مقاومت به بیماری در ماهی قزل آلائی رنگین-کمان باشد. با این وجود، انجام تحقیقات مربوط به اثرات پروبیوآنزیم بر سیتوکین ها در بافت ها و سنین مختلف گونه های پرورشی ضروری بنظر می رسد.

کلمات کلیدی: قزل آلائی رنگین کمان، پروبیوآنزیم، بیان ژن، سیتوکین، بیماری دهان قرمز

* نویسنده مسئول

مقدمه

به دلیل شرایط بوم شناختی و سازگاری با شرایط زیست محیطی و رشد سریع، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان یکی از مهمترین گونه های پرورشی در ایران می باشد. تولید سالانه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورشی در کشور بیش از یکصد هزار تن می باشد (IFSA, 2015). در سالهای اخیر، این صنعت بدلیل شیوع انواع بیماری های ویروسی و باکتریایی با مشکل مواجه شده است، در مواردی حتی واکسیناسیون ماهیان جهت جلوگیری از شیوع بیماری باکتریایی دهان قرمز ناشی از باکتری یرسینیا روکری (*Yersinia ruckeri*) نتیجه رضایت بخشی حاصل نگردیده است (Soltani *et al.*, 2014). مقاومت دارویی باکتری ها در برابر آنتی بیوتیک ها، هزینه بالای دارو درمانی، از بین بردن فلور میکروبی محیط زیست، آلودگی غذا و محیط و عوارض جانبی این داروها بر آبزیان و مصرف کننده منجر به کاهش استفاده از این داروها بویژه در ملل توسعه یافته شده است (Carnevali *et al.*, 2006; Gomez & Balcazar, 2008; Hoseinifar *et al.*, 2011). تمایل به مصرف ترکیباتی نظیر محرک های ایمنی، پروبیوتیک ها و پریبیوتیک ها و یا ترکیبات دوگانه (سین بیوتیک) حاوی این مواد و آنزیم ها نظیر پروبیوآنزیم ها در حال افزایش است (Ringo *et al.*, 2014). محرک های ایمنی جهت افزایش مقاومت در مقابل عوامل عفونی و تقویت مکانیسم دفاع سلولی و هومورال آبزیان پرورشی استفاده می شوند (Pionner *et al.*, 2013). پروبیوآنزیم ها، ترکیبات دو بخشی بوده که با اثر هم افزایی مکانیسم عمل همدیگر را تقویت نموده، بطوری که آنزیم ها در شروع تغذیه مؤثرتر بوده و پروبیوتیک ها در محیط آماده شده به واسطه فعالیت آنزیم ها، در انتهای فرایند گوارش استقرار یافته و ایفای نقش می کنند. آنزیم ها عمل هضم را در معده و پروبیوتیک ها جذب غذا را در روده افزایش می دهند. بخش عمده ترکیبات آنزیمی «پروبیو آنزیم» بر شکستن و هیدرولیز پلی ساکاریدها متمرکز است (Pettersson, 2005).

سیستم ایمنی ماهی پیچیده بوده و طیف وسیعی از مولکول ها، گیرنده ها و سلول ها در آن نقش دارند (Verlhac Trichet, 2010). سیتوکین ها دارای ساختاری ساده از پلی پپتید یا گلیکوپروتئین بوده که به چند دسته از جمله اینترفرون ها (IFNs)، اینترلوکین ها (ILs)، کیموکین

ها و فاکتور های مشابه فاکتور نکروز کننده تومور آلفا (TNF- α) تقسیم می شوند. این مولکول ها محرک و موثر بر کلیه پاسخ های ایمنی و التهابی می باشند (Verlhac Trichet, 2010). آنها بر سیستم دفاعی ماهی در سطوح مختلف شامل تنظیم یا افزایش رشد و بر فعالیت سلول های سیستم ایمنی تأثیر گذارند (Huang *et al.*, 2008). در مقابل، وظیفه اصلی اینترلوکین-۱۰ (IL-10) تنظیم پاسخ التهابی و کاهش تأثیر نامطلوب التهاب بر میزبان می باشد (Raida & Buchmann, 2008). فاکتور نکروز کننده تومور به طور عمده توسط ماکروفاژهای فعال شده تولید می شود. نقش اصلی TNF در تنظیم سلول های ایمنی است که از نظر ساختاری، پروتئین های محلول و یا متصل به غشاء می باشند (Gruss, 1996). این مولکول ها به طور عمده در اعمال تنظیم سلولی مانند کشتن سلول های تومور هنگام پاسخ های ایمنی و واکنش های التهابی درگیرند (Aoki *et al.*, 2008) و از سایتوکین های پیش التهابی بوده که به دنبال تحریک سیستم ایمنی از گلبول های سفید ترشح می شود و نقش اصلی آن در ایمنی است اما نقش های جانبی دیگری هم ایفا می کند (آقاجانی و همکاران، ۱۳۹۱). TNF قادر به القاء تب، التهاب و مهار تومور و تکثیر ویروسی و پاسخ به عفونت از طریق تولید اینترلوکین-یک (IL1) و IL6 است (Swardfager *et al.*, 2010).

ایمن سازی ماهیان از طریق افزودنی های غذایی می تواند یکی از راه کارهای سودمند جهت افزایش مقاومت ماهیان در مقابله با بیماری های باکتریایی محسوب گردد. ارزیابی ایمنی زایی از طریق تغذیه از اهمیت بالایی برخوردار است. شناخت روابط ژنوم و ایمنی یک جاندار به منظور درک بهتر تأثیر شاخص های تغذیه ای بر پاسخ های ایمنی در اولویت می باشد. این تکنیک ها بررسی پاسخ های ایمنی از طریق فاکتور های هومورال از جمله سیتوکین ها را در گونه های ماهی میسر می سازد (Amar *et al.*, 2004). باکتری یرسینیا روکری (*Y. ruckeri*)، مدل مناسبی جهت مطالعات ایمنی زایی در مقابل باکتری ها محسوب می گردد (Stevenson, 1997). بنابراین، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی تأثیر ترکیب پروبیوآنزیم بر بیان ژن های وابسته به ایمنی در بخش قدامی کلیه ماهی قزل آلای رنگین کمان و تعیین اثر حفاظتی آن در مقابل عامل بیماری زای یرسینیا روکری می باشد.

داده شدند. پس از کشت یک سویه از این باکتری (FJ870985) از ذخیره موجود در آزمایشگاه ذکر شده، شستشو و خالص سازی باکتری ها و انتقال به بافر نمکی فسفات (PBS)، دز 2×10^8 سلول باکتری در میلی لیتر، به کمک لوله های استاندارد مک فارلند تهیه و ماهیان تیمارهای مختلف به روش حمام به مدت سه دقیقه با این باکتری تیمار شدند. بعد از حمام با باکتری، تلفات ماهیان به طور روزانه به مدت ۲۵ روز ثبت شد و طی این دوره نسبت به تغذیه ماهیان بر اساس روش قبل اقدام گردید. کشت باکتری شناسی از بافت کلیه ماهیان تلف شده جهت آگاهی از تلفات بواسطه عامل یرسینیا روکری انجام می شد. میانگین تلفات هر تیمار ثبت شده و میزان نسبی بازماندگی تیمارها نسبت به گروه شاهد بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید (Amend, 1981).

معادله (۱):
 میزان بازماندگی نسبی (درصد) = $100 \times (\text{درصد تلفات تیمار شاهد} \div \text{درصد تلفات تیمار}) - 1$
 جهت بررسی بیان ژن های فاکتور نکروز کننده تومور الفا ($TNF-\alpha$) و اینترلوکین-۱ بی ($IL-1b$) به عنوان دو ژن مهم واسطه ایمنی، بافت بخش قدامی کلیه ماهیان مورد استفاده قرار گرفت (Verlhac Trichet, 2010). پس از شصت روز تغذیه با مقادیر مختلف مکمل، برای بررسی میزان بیان ژن های $TNF-\alpha$ و $IL-1b$ از هر تیمار ۶ عدد ماهی (۲ ماهی از هر تکرار) نمونه برداری شد (در مجموع ۱۸ عدد). ماهیان قبل از نمونه برداری توسط محلول پودر گل میخک (۲۰۰ ppm) بیهوش و سپس به تانک ازت منتقل شدند. در آزمایشگاه نمونه ها خارج شده و بخش قدامی کلیه ها جمع-آوری و به داخل لوله های از قبل استریل شده انتقال داده شد و بلافاصله لوله ها به تانک ازت انتقال داده شدند. در پایان نمونه برداری نمونه ها در یخچال منهای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و تا زمان استفاده جهت استخراج RNA در آنجا نگهداری شدند. پس از خارج نمودن نمونه های ماهیان از فریزر، مقدار ۵۰ میلی گرم از بافت بخش قدامی کلیه ماهی جدا نموده و در هاون چینی در حضور ازت مایع به طور یکنواخت خرد و همگن می شدند. مراحل استخراج RNA با استفاده از روش اسید گوانیدینوم تیوسیانات- فنل کلروفرم ($Acid\ guanidinium\ thiocyanate-phenolchloroform$) انجام شد. بر اساس پروتکل شرکت

سازنده (سینا کلون) یک میلی لیتر از محلول سرد شده گوانیدین-فنل (RNX Plus) به لوله دو میلی لیتری حاوی بافت هموزن شده اضافه شده و ۵ تا ۱۰ ثانیه مخلوط می شد و پس از نگهداری در دمای معمولی به مدت ۵ دقیقه، به محلول فوق ۲۰۰ میکرولیتر کلروفرم خالص (مرک، آلمان) افزوده و طی ۱۵ ثانیه تکان دادن، مخلوط حاصله مدت ۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد یا در مجاورت یخ نگهداری می گردید. سپس در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی به یک لوله ۲ سی سی استریل منتقل شده و هم حجم آن (قریب به ۵۰۰ تا ۷۰۰ میکرولیتر) ایزو پروپانول خالص (مرک، آلمان) اضافه و به دقت مخلوط می شدند و پس از سپری شدن ۱۵ دقیقه، با دور ۱۲۰۰۰ در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد، به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ می شد. محلول رویی تخلیه شده و به رسوب سفید رنگ به جامانده یک میلی لیتر الکل اتیلیک ۷۵ درصد اضافه و پس از تکان دادن (vortex)، لوله با دور ۷۵۰۰ در دقیقه به مدت ۸ دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ می گردید. پس از تخلیه محلول رویی، محتویات RNA رسوب شده تا حدی خشک شده و ۵۰ میکرولیتر آب مقطر استریل به آن اضافه می شد. هم چنین، از حمام آب ۵۷ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه به منظور کمک به انحلال RNA در آب استریل شده استفاده شد (Chomczynski & Sacchi, 2006).
 به منظور ارزیابی کیفیت RNA استخراج شده، بعد از آماده سازی خلوص و کیفیت آن به روش رنگ سنجی به صورت زیر محاسبه گردید؛ $5\mu 1$ از محلول RNA در $95\mu 1$ آب مقطر حل شده و میزان جذب آن در 260 nm و در 280 nm و نیز در 230 nm توسط بایوفتومتر (epENDORF) UV visible قرائت شد که طول موج های مذکور به ترتیب میزان اسید های نوکلئیک، آلودگی های پروتئینی، آلودگی پلی ساکارییدی و پلی فنلی را نشان می دهد (Winfrey et al., 1997). نسبت $260\text{ nm}/280\text{ nm}$ OD و $260\text{ nm}/230\text{ nm}$ برای تعیین خلوص RNA به دست می آید. میزان نسبت های ذکر شده بین $1/8$ تا 2 مناسب است و خلوص بیشتر از $1/6$ قابل قبول است (Wang & Stegemann, 2009). محلول RNA حاصله، تا شروع سنتز $cdNA$ در دمای منهای ۸۰ درجه سانتی گراد نگهداری گردید.

برای کمی کردن سنجش میزان mRNA مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hunt, 2010).

بیان ژن های مورد مطالعه با استفاده از روش سایبرگرین (Syber green) در ترمال سایکلر مدل CFX96 Real time System, C1000 Bio-Rad کمپانی با یک بلوک دارای ۹۶ چاهک، بر اساس پروتکل شرکت سازنده (Takara Bio Incorporation, Shiga, Japan) محلول حاوی سایبرگرین انجام گردید. بر اساس پروتکل ذکر شده، برای هر نمونه دو میکرولیتر از محلول cDNA، ۱۲.۵ میکرولیتر محلول حاوی سایبرگرین (Syber Permixon Ex Taq II, Bulk, Takara) به عنوان عامل فلورسنت، یک میکرولیتر از هر کدام از آغازگرهای رفت و برگشت و ۸.۵ میکرولیتر آب به لوله ۲۰۰ میکرولیتری اضافه گردید. در بررسی حاضر، توالی ژن های مورد نظر از بانک ژن (NCBI) استخراج و از نرم افزار PRIMER3 نسبت به طراحی آغازگرها اقدام گردید. جدول (۲) آغازگرهای استفاده شده را نشان می دهد.

RNA استخراج شده از کلیه ماهیان، جهت سنتز cDNA تک رشته ای استفاده شد. بدین منظور از کیت سنتز cDNA از mRNA یا totalRNA (The Thermo Scientific™ Rivert Aid First Strand cDNA Synthesis Kit) و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده (Thermo Fisher Scientific Incorporation, USA) اقدام گردید. پس از ذوب نمودن و سانتریفیوژ تمام معرف ها، 1 μm از RNA الگو به یک لوله ۰/۲ سی سی اضافه نموده و معرف ها و پرایمر های الیگونوکلوئوتید تیمین جهت ساخت cDNA به آن افزوده شده و به مدت یک ساعت در دمای ۴۴ درجه سانتی گراد قرار داده شد و در انتها بمنظور غیر فعال نمودن آنزیم های تجزیه cDNA، محصول واکنش به مدت ۵ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. حجم محلول حاوی cDNA سنتز شده بر اساس این پروتکل ۲۰ μm بود (Wiame et al., 2000). در واقع این روش

جدول ۲: آغازگرهای استفاده شده جهت شناسایی ژن های هدف و کنترل

Table 2: The primers that used to recognition of target and control genes

ژن	کد دسترسی	آغازگرها (رفت / برگشت)	اندازه محصول (bp)
Interlukin-1BETA (IL-1β)	NM_001124347.2	F:ACATTGCCAACCTCATCATCG R:TTGAGCAGGTCCTTGTCCTTG	۹۱
Tumor necrosis factor-1 alpha (TNF-1α)	NM_001124357.1	F:CAAGAGTTTGAACCTTGTTTC R:GCTGCTGCCGCACATAGAC	۱۸۱
Beta-actin(β-actin)	NM_001124235.1	F:ATGGGCCAGAAAGACAGCTACGTG R:CTTCTCCATGTCGTCCTCCAGTTGGT	۱۱۴

گیری نسبی برای سنجش میزان بیان ژن های هدف انجام گردید (Livak & Schmittgen, 2001).

به منظور اطمینان از بهینه بودن شرایط Real time PCR، سری غلظت های مختلف از نمونه های cDNA مخلوط از تیمارهای متفاوت هر پلیت تهیه و با هر دو آغازگر ژن های هدف و رفرنس در ۳ تکرار تکثیر شدند و منحنی استاندارد جهت تخمین کارایی (E) و تکرار پذیری آزمایش برای هر آغازگر ترسیم می شود (Ramakers et al., 2003) و کارایی برای هر آغازگر ارزیابی شد (معادله ۲).

پروفایل حرارتی برای تمامی واکنش ها، ۲ دقیقه در ۹۴ درجه سانتی گراد و سپس ۴۰ سیکل، ۳۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سانتی گراد، ۳۰ ثانیه در دمای ۶۲ درجه سانتی گراد، ۴۵ ثانیه در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد و در انتها یک سیکل ۵ دقیقه در دمای ۷۲ سانتی گراد بود. میزان فلورسنت در انتهای هر سیکل توسط دستگاه ثبت می شد. پروفیل حرارتی ۶۰ تا ۹۵ درجه سانتی گراد جهت ترسیم منحنی ذوب و اطمینان از وجود یک پیک برای همه نمونه ها و فقدان پرایمر دایمر انجام شد. اندازه گیری میزان محصول توالی هدف با روش اندازه

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در قالب طرح کاملاً تصادفی این تحقیق برنامه ریزی و اجرا گردید. Ct بدست آمده برای ژن های TNF-a و اینترلوکین با استفاده از معادله (۲) در فضای نرم افزار Excel تبدیل به بیان نسبی ژن های مورد نظر نسبت به ژن رفرنس بتا اکتین گردید (Livak & Schmittgen, 2001). اعداد بدست آمده با استفاده از نرم افزار Excel 2013 مرتب و نمودارهای آن رسم شد. هم چنین تجزیه و تحلیل داده‌ها و مشخص کردن سطوح معنی داری با استفاده از نرم افزار SPSS 23 و با آزمون آماری دانکن با درصد اطمینان ۹۵ و با آنالیز واریانس یکطرفه (One – Way ANOVA) انجام شد.

نتایج

الف) ویژگی های توالی هدف ژن های مورد مطالعه، منحنی استاندارد و کارایی پرایمر های مورد استفاده براساس یافته ها، کیفیت نمونه های cDNA بر اساس نسبت جذب $260\text{nm}/280\text{nm}$ و $260\text{nm}/230\text{nm}$ به ترتیب دارای مقادیر 1.85 ± 0.073 و 1.77 ± 0.08 بود. بازده و شرایط حاکم بر واکنش براساس نتایج بدست آمده از منحنی ذوب و منحنی استاندارد ژن های مورد مطالعه و ژن کنترل در جدول (۳) و شکل (۱) نشان داده شده است.

-1/slope

$$\text{Efficiency} = 10^{-1/\text{slope}} \quad \text{معادله (۲)}$$

Slope : شیب منحنی استاندارد

روش اندازه گیری سیکل آستانه نسبی $E^{-\Delta CT}$

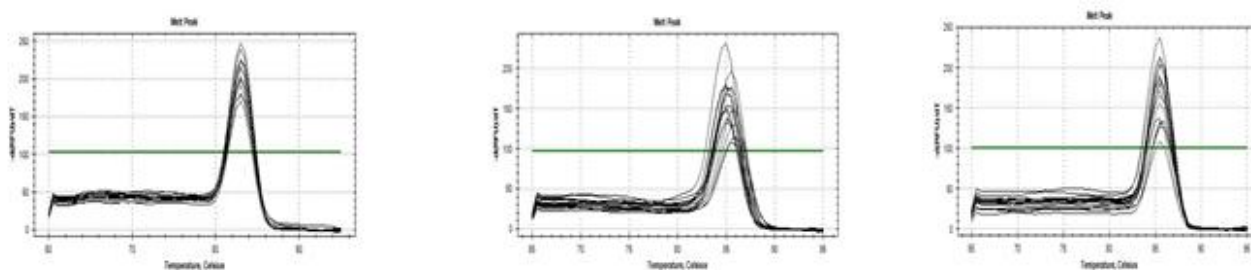
روش نسبی معمولاً برای بررسی تغییرات بیان ژن در برابر یک تیمار خاص، مورد استفاده قرار می‌گرفت. در این روش علاوه بر ژن هدف که باید مورد ارزیابی قرار گیرد از یک ژن نیز به عنوان کنترل داخلی استفاده می‌شود که در واقع یک ژن رفرنس می‌باشد. این ژن ها معمولاً ژن‌هایی هستند که دائماً بیان می‌شوند زیرا برای عملکرد سلول و یا حفظ سلول نیاز هستند. برای حذف نوسانات مقادیر RNA وارد شده در واکنش و خطاهای عملکرد دستگاه‌ها و فرد از استانداردهای داخلی استفاده می‌شود. این استانداردها باید در همه بافت‌ها بیان ثابت داشته باشند. بدین منظور از ژن بتا اکتین (β - Actin) به عنوان ژن رفرنس استفاده شده است. با مقایسه نمونه تیمار شده با شاهد و کنترل داخلی می‌توان کاهش یا افزایش بیان ژن های هدف را مشاهده کرد (Liu & Saint, 2002). بیان نسبی ژن های هدف با ژن کنترل در تیمارها بر اساس مدل ریاضی Pfaffl و همکاران (۲۰۰۲) انجام گردید معادله (۳).

$$\text{معادله (۳)}: \text{Efficiency}_{\text{ژن هدف}} = \frac{\text{Efficiency}_{\text{تیمار-شاهد}}^{\text{ژن هدف}}}{\text{Efficiency}_{\text{ژن کنترل}}^{\text{تیمار-شاهد}}}$$

جدول ۳: میزان کارایی، دمای ذوب و شیب منحنی استاندارد ژن های مورد مطالعه

Table 3: Efficiency, Melt Temperature and Standard Curve Slope of studied Genes

ژن	معادله خط رگرسیون	شیب منحنی استاندارد	ضریب رگرسیون (R^2)	دمای ذوب محصول ($^{\circ}\text{C}$)	کارایی واکنش زنجیره ای پلیمرز (PCR)	
					کارایی (E)	(درصد)
IL-1 β	$y = -3.562x + 23.042$	-۳/۵۶	۰.۹۷۶۵	۸۳	۱.۹۱	۹۱
TNF-1 α	$y = -3.425x + 22.778$	-۳/۴۲	۰.۹۹۱۸	۸۵/۵	۱.۹۶	۹۶
β -actin	$y = -3.432x + 15.985$	-۳/۴۲	۰.۹۸۴۷	۸۵	۱.۹۶	۹۶



شکل ۱: منحنی ذوب محصول توالی هدف از راست به چپ به ترتیب ژن های $TNF-1\alpha$ ، β -actin و $IL-1\beta$
Figure1: Melt Curve of Target Sequence Product of Genes, right to left: $TNF-1\alpha$, β -actin and $IL-1\beta$

(تیمار ۳) نسبت به تیمار کنترل (شاهد) افزایش یافته است. تغییرات میزان بیان این ژن با سیکل آستانه مربوط به آن منطبق بوده و کمترین مقدار آن در تیمار ۰.۳ گرم پروبیوآنزیم در کیلوگرم غذا مشاهده گردید. تیمار ۳ دارای بیشترین مقدار مربوط به بیان ژن $TNF-1\alpha$ نسبت به سایر تیمارها و دارای تفاوت معنی داری بوده است ($p < 0.05$). با وجود افزایش میزان بیان این ژن در تیمار ۲ نسبت به تیمار ۱ (شاهد)، دارای اختلاف معنی داری نبوده اند ($p > 0.05$).

ب) اثر مکمل پروبیوآنزیم بر بیان ژن های اینترلوکین ($IL-1\beta$) و فاکتور نکروز کننده تومور-یک آلفا ($TNF-1\alpha$) در کلیه

نتایج مربوط به سیکل آستانه و میزان بیان ژن های مورد مطالعه در تیمارهای مختلف افزودن مکمل تغذیه ای پروبیوآنزیم در جدول (۴) آمده است. بر اساس جدول مذکور مکمل پروبیوآنزیم تأثیر معنی داری بر بیان ژن $IL-1\beta$ در تیمارهای مختلف نداشته است ($p > 0.05$). با این وجود، بیان ژن $IL-1\beta$ در تیمار ۰.۵ گرم پروبیوآنزیم بر کیلوگرم غذا

جدول ۴: سیکل آستانه و بیان نسبی ژن های مورد مطالعه نسبت به تیمار شاهد*

Table 4: Threshold Cycle and Relative Expression of studied genes in treated and control groups

ژن	پارامتر	تیمارهای آزمایشی		
		۱ (شاهد)	۲	۳
β -actin	انحراف معیار \pm سیکل آستانه	16.19 ± 0.98^a	16.51 ± 0.65^a	16.62 ± 0.60^a
	انحراف معیار \pm بیان کنترل	1 ± 0.12^a	1 ± 0.1^a	1 ± 0.07^a
$IL-1\beta$	انحراف معیار \pm سیکل آستانه	21.94 ± 0.63^a	22.4 ± 0.28^a	22.1 ± 0.55^a
	انحراف معیار \pm بیان نسبی	1 ± 0.5^a	0.92 ± 0.39^a	1.2 ± 0.57^a
$TNF-1\alpha$	انحراف معیار \pm سیکل آستانه	22.73 ± 0.31^a	22.66 ± 0.28^a	20.66 ± 0.34^b
	انحراف معیار \pm بیان نسبی	1 ± 0.2^a	1.3 ± 0.66^a	5.38 ± 3^b

* حروف a و b معنی دار بودن را در یک ردیف نشان می دهد.

جدول (۵) آمده است. بر اساس این معادله، مقدار بازماندگی نسبی تیمار شاهد برابر با صفر و سایر تیمارها با آن مقایسه شدند. تیمار ۳ دارای کمترین میزان تلفات و بیشترین بازماندگی را نسبت به سایر تیمارها دارا بود ($p < 0.05$).

ج) تاثیر تست مقاومت باکتریایی

تلفات ماهیان از روز ۳ پس از تست رویارویی با باکتری *Y. ruckeri* شروع گردید. میزان تلفات و بازماندگی نسبی ماهیان تیمارهای مختلف بر اساس معادله (۱) محاسبه و در

تیمار ۲ فاقد اختلاف معنی دار بودند ($p > 0.05$). با این وجود، میزان بازماندگی نسبی تیمار ۲ (10.99 ± 6.9) کمتر از

مقدار آن در تیمار شاهد بود.

جدول ۵: تلفات و بازماندگی نسبی ماهیان تیمارهای مختلف در رویارویی با باکتری یرسینیا روکری طی دوره ۲۰ روز*
Table 5: Mortality and Relative Survival of fish in different treatments in challenge with *Y. ruckeri* bacterium during 20 days

پارامتر	تیمارهای آزمایشی	۲	۳
تلفات (%)	(شاهد)	48 ± 8.5^b	29.3 ± 4^a
بازماندگی نسبی (%)		-6.9 ± 10.99^a	34.5 ± 8.94^b

*حروف a و b معنی دار بودن را در یک ردیف نشان می دهد.

بحث

پروبیوآنزیم مورد استفاده در این مطالعه، شامل پروبیوتک ها و ترکیبات آنزیمی می باشد. بخش آنزیمی زمینه فعالیت پروبیوتیک ها را بعنوان محرک سیستم ایمنی ماهی فراهم می سازد. پژوهشی توسط حسینی فر و همکارانش مبنی بر بررسی اثرات مکمل های غذایی گالاکتوالیگوساکارید (*galactooligosaccharides* (GOS) باکتری پروبیوتیک *Pediococcus acidilactici* و ترکیب *P. acidilactici* و GOS در پاسخ ایمنی ذاتی، قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد که بر اساس نتایج آن، بالاترین پاسخ ایمنی در تغذیه ماهی با سین بیوتیک مشاهده شد (Hoseinifar et al., 2011). بسیاری از محققین بیان ژن های سیتوکین را به عنوان روشی مؤثر جهت سنجش پاسخ های ایمنی پذیرفته اند (Awad et al., 2011). این سیتوکین های محرک و بازدارنده به عنوان ژن های تنظیم ایمنی در ماهی قزل آلی رنگین کمان، مکانیسم دفاعی ماهی را در رویارویی با ورود و تهاجم باکتری ها تقویت می کنند (Kim. & Austin, 2006).

در سال های اخیر پیشرفت های قابل توجهی در شناسایی و جدا سازی ژن های سیتوکین ماهیان به ویژه سیتوکین های پیش التهابی شامل اینترلوکین- یک بتا (*IL-1b*)، اینترلوکین-۸ (*IL-8*) و فاکتور نکروز کننده تومور-آلفا (*TNF-α*) و سیتوکین های ضد التهابی اینترلوکین-۱۰ (*IL-10*) حاصل شده است (Secombes, 2001; Gioacchini

(et al., 2008; Mulder et al., 2007). تأثیر پروبیوآنزیم به عنوان محرک سیستم ایمنی با مقایسه میزان بیان سیتوکین های *TNF-α* و *IL-1β* در تیمارهای مختلف آشکار می شود. یافته ها حاکی از دوز زیاد این ترکیب بر بیان ژن های مورد نظر می باشد. به طوری که تیمار ۳ با دوز ۰.۵ گرم در کیلوگرم غذا بیشترین میزان بیان هر دو ژن مورد مطالعه را داشته است. عدم تأثیر قابل توجه مکمل مورد مطالعه در تیمار ۲ بر بیان ژن ها ناشی از دوز کم مکمل در این تیمار و تیمار شاهد بوده است و تأثیر آن وابسته به دوز می باشد. میزان توصیه شده این مکمل توسط شرکت سازنده "XVET GmbH" (آلمان) در دام و آبزیان در محدوده ۰.۵-۰.۳ گرم در کیلوگرم غذا بوده است. بر اساس نتایج این تحقیق، تأثیر ناچیز دوز کم در محیط های آبی به واسطه آب شویی (leaching) مکمل از غذا تشدید می شود. یافته های بررسی تأثیر پروبیوآنزیم بر بیان ژن ها به طور واضح تأثیر وابسته به دز را نشان می دهد و دیگر مطالعات تأثیر وابسته به دز مواد محرک ایمنی را در ماهیان تأیید می کنند (Yuan et al., 2008; Awad et al., 2011). در تحقیقی، در ماهی کپور معمولی اثرات تزریق پلی ساکارید آستراگالوس (APS) بر بیان ژن های پاسخ ایمنی در بخش قدامی کلیه، آبشش و طحال ارزیابی شد. بر اساس نتایج آن، دوز بالای APS بیان ژن *TNF-α* و *IL-1b* را در بافت آبشش و طحال در سطح بالا نگه داشت در حالی که سطوح mRNA این ژن ها با یک دوز پایین APS به طور معنی دار

کاهش یافت (Yuan et al., 2008). نسبت بیان ژن های $IL-1\beta$ ، $IL-8$ و $TGF\beta$ در کلیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در افزودن یک درصد گیاه لوپین (Lupin) به غذای ماهی دارای تفاوت معنی دار بوده، بطوریکه با افزودن دو درصد این محرک ایمنی تغییر معنی داری حاصل نشد (Awad et al., 2011). هم چنین، اثرات عصاره چای سبز بر بیان ژن های سیتوکین در موش به دوز استفاده از آن وابسته بوده است (Lin et al., 2004). بنابراین تعیین دوز مناسب استفاده مؤثر از محرک های ایمنی مهم است.

نسبت بیان ژن $IL-1\beta$ و $TNF-\alpha$ در کلیه ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان پس از تیمار تأثیر مواد محرک ایمنی بر بیان ژن با توجه به دوز استفاده، گونه، شرایط محیطی و زیستی، دوره استفاده، وزن و سن گونه و ژن های مورد بررسی متفاوت است. اغلب سیتوکین ها از بافت های مختلفی تولید شده و عملکرد گوناگونی دارند (Gabay & Kushner, 1999). در تحقیقی توسط هونتیهیس و همکارانش، بیان ژن $IL-1\beta$ ، $TNF-\alpha$ در روده با تجویز خوراکی محرک های ایمنی در ماهی کپور معمولی تحت تأثیر قرار نگرفت (Huttenhuis et al., 2006). بیان ژن های $IL-1\beta$ ، $TNF-\alpha$ و $IL-6$ در بررسی تجویز خوراکی محرک ایمنی لیپو پلی ساکارید LPS برای کپور معمولی، ارزیابی شد. نتایج آن نشان داد که بیان ژن $IL-1\beta$ و $TNF-\alpha$ تقویت شده است اما بیان ژن $IL-6$ کاهش یافته است (Kadowaki et al., 2013). در یک مطالعه توسط (Tacchi et al., 2011) نتایج مطالعات قبلی در مورد تغذیه ماهی از مکمل ها (پروبیوتیک، پری بیوتیک، محرک های ایمنی، ویتامین ها و نوکلئوتید) به همراه یک رویکرد جدید ژنومی، با استفاده از تجزیه و تحلیل ریزآرایه (microarray)، در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Salmo salar) ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل ژنی کاهش بیان ژن مربوط به پروتئین های سیال پلاسما، و ژن های دخیل در پاسخ ایمنی و کاهش گردش پروتئین های پلاسما را نشان داد. در مطالعه ای بیان شد که در مورد ژن $TNF\alpha$ در قزل-آلای رنگین‌کمان نتایجی بدست آمده است که نشان می‌دهد این ژن دارای توانایی تنظیم سطح بیان خود در پاسخ به محرک ها می‌باشد. بر اساس نتایج آن، سطح بیان ژن $TNF\alpha$ در ماکروفاژهای بدست آمده از قسمت قدامی کلیه در پاسخ به لیپو پلی ساکارید (LPS) افزایش یافته بود (Zou et al., 2002). در یک آزمایش تغذیه بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین-کمان با غذای حاوی مکمل پروبیوتیک باکتری لاکتو باسیلوس پلانتروم (*Lactobacillus plantarum*) بیان نسبی ژن های $IL-1\beta$ ، $TNF-\alpha$ در ماهیان تیمار شده نسبت به گروه کنترل به ترتیب ۱۰ و ۲۵ برابر بود. بر اساس نتایج این مطالعه، میزان بازماندگی ماهیان گروه تیمار در رویارویی با باکتری بیماریزای *Lactococcus garvieae* نسبت به گروه کنترل ۶۱ درصد بود (Perez et al., 2011). نتایج مطالعه حاضر همسو با نتایج تحقیقات گذشته مبنی بر افزایش بیان ژن $TNF-\alpha$ نسبت به ژن $IL-1\beta$ در بخش قدامی کلیه ماهیان در تیمار ۳ (۰.۵ گرم پروبیوتیک در کیلوگرم غذا) بوده و بالا بودن بازماندگی در رویارویی با باکتری پرسینیا روکری در این تیمار نسبت به گروه شاهد با افزایش معنی دار بیان ژن $TNF-\alpha$ منطبق است. تزریق باکتری پرسینیا روکری به حفره شکمی ماهی قزل‌آلای منجر به یک سری واکنش های ایمنی از جمله بیان ژن های مربوط به ایمنی و ژن های گیرنده سلولی و تولید ایمنوگلوبولین می شود (Raida & Buchmann, 2008). از طرف دیگر، با وجود عدم مطالعه هم زمان بافت های دیگر، با توجه به تفاوت بیان ژن ها در بافت های مختلف، شدت بیان ژن $IL-1\beta$ می تواند در دیگر بافت ها مشاهده گردد. $IL-1\beta$ یک سیتوکین پیش التهابی بالقوه در آبزیان بشمار می رود (Lindenstrom et al., 2004) و باعث افزایش مهاجرت لکوسیت ها از کلیه به طحال می گردد (Hong et al., 2003). ظاهراً محل اصلی بیان ژن $IL-1\beta$ در ماهیان استخوانی، علاوه بر ماکروفاژها، سلول های اپیتلیالی و فیبروبلاست ها هستند (Chaves et al., 2003; pelegrin et al., 2004). به عنوان مثال، در آزمایش بررسی میزان بیان ژن $IL-1\beta$ در بافت کلیه و طحال ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پس از واکسیناسیون در مقابل بیماری دهان قرمز روده ای، حاکی از افزایش بیشتر میزان بیان این ژن در بافت طحال نسبت به کلیه بود (Raida & Buchmann, 2007). یا بعد از تغذیه پروبیوتیک به ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بیان $TNF1$ ، $TNF2$ و $TGF\beta$ در کلیه و طحال ماهی متفاوت بود (Panigrahi et al., 2007). در کپور، اثرات آستراگالوس پلی ساکارید بر بیان ژن لیزوزیم در بافت های آبشش و طحال افزایش و در کلیه تغییراتی نداشته است (Yuan et al., 2008). نتیجه مشابه

های مورد مطالعه در بافت های مختلف و نمونه برداری در دوره های زمانی متفاوت ضروری به نظر می رسد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری صمیمانه مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری تشکر و قدردانی به عمل می آید. از دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر بخاطر پشتیبانی مالی از این پژوهش تقدیر و تشکر می شود.

منابع

آقاجانی، م.، واعظ مهدوی، م.ر.، غضنفری، ط.، خلیلی، م.، عظیمی، آ. و ارباب سلیمانی، س.، ۱۳۹۱. اثرات موقعیت اجتماعی غالب/مغلوب بر پاسخ درد و تغییرات سرمی سیتوکاین های پیش التهابی در موش های آزمایشگاهی. مجله فیزیولوژی و فارماکولوژی، دوره ۱۶، شماره ۴، صفحات ۳۹۲-۳۸۰.

Amar, EC., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe T., 2004. Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. *Fish Shellfish Immunol*, 16: 527-537. DOI: 10.1016/j.fsi.2003.09.004

Amend, D.F., 1981. Potency testing of fish vaccines. *International Symposium on Fish Biologics: Serodiagnostics and Vaccines*, Leetown, W. Va., USA, 1981. *Dev Biol Stand*, 49: 447-454

Aoki, T., Takano, T., Santos, M. D., Kondo, H. and Hiron, I., 2008. Molecular innate immunity in teleost fish: review and future perspectives, *Fisheries for Global Welfare and Environment*, Memorial Book of the 5th World Fisheries Congress, Terrapub: Tokyo, Japan. pp. 263-276.

www.terrapub.co.jp/onlineproceedings/fs/wfc200

این در افزودن نوکلوتید به میزان ۰.۴ درصد به غذای ماهی کفشک با افزایش بیان ژن ایمنوگلوبولین در آبشش و طحال و کاهش بیان آن در کلیه اتفاق افتاده است (Low et al., 2003). در مطالعه دیگری در بخش قدامی کلیه، بیان ژن TNF- α در پاسخ به دوز پایین استراگالوس پلی ساکارید شدت کاهش یافته، درحالی که در آبشش این نمونه ها، بیان ژن لیوزوزیم نسبت به گروه کنترل افزایش یافته بود (Yuan et al., 2008). در مطالعه بررسی اثر چای سبز بر بیان ژن های واسطه ایمنی، افزایش بیان ژن ها در کبد و طحال بیشتر مشاهده گردید در حالی که بخش قدامی کلیه اندام اصلی در تولید ایمنی می باشد (Nootash et al., 2013). با این وجود، شناخت دلایل تفاوت بیان ژن های ایمنی در بافت های مختلف با استفاده از انواع محرک های ایمنی توجه ویژه ای می طلبد.

در مطالعات دیگری، تأثیر مکمل های غذایی بر الگوی بیان ژن ها در دوره های زمانی مختلف قابل توجه می باشد. در مطالعه ای، طی یک هفته تغذیه میگوی وانومی (*Litopenaeus vannamei*) با بتا-۱.۳- گلوکان، برخی ژن های ایمنی نظیر لیوزوزیم در زمان های مختلف نمونه برداری دارای الگوی بیان متفاوت بودند (Wang et al., 2008). در آزمایش تیمار لکوسیت های بخش قدامی کلیه ماهی کاد اقیانوس اطلس با باکتری زنده (*Pseudomonas sp.*) بیان ژن گرانزیم (granzyme) بعد از ۳ ساعت افزایش یافته و پس از گذشت ۲۴ ساعت کاهش یافته بود (Lazado et al., 2010). تغییر الگوی بیان ژن ها در دوره های مختلف نمونه برداری در چنین مطالعاتی می تواند جهت تبیین دلایل نتایج متفاوت و حتی متضاد در هنگام استفاده از گونه های متفاوت ماهی، انواع ژن ها، زمان های مختلف نمونه برداری و نمونه برداری از بافت های مختلف مفید باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که استفاده از مکمل پروبیوآنزیم به عنوان یک ماده محرک ایمنی در غذای ماهی قزل آلا رنگین کمان به میزان ۰.۵ گرم در کیلوگرم غذا باعث افزایش مقاومت به بیماری دهان قرمز روده ای (yersiniosis) شده و بیان برخی ژن های واسطه ایمنی بویژه TNF-1 α را در بخش قدامی کلیه تقویت می کند. با این وجود، انجام تحقیقات مربوط به تأثیر این ماده بر بیان ژن

- Awad, E., Mitchell, W.J. and Austin, B., 2011.** Effect of dietary supplements on cytokine gene expression in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J Fish Dis, 34: 629-634.
DOI: 10.1111/j.1365-2761.2011.01271.x
- Carnevali, O., De Vivo, L., Sulpizio, R., Gioacchini, G., Olivotto, I., Silvi, S. and Cresci, A., 2006.** Growth improvement by probiotic in European sea bass juveniles (*Dicentrarchus labrax*, L.), with particular attention to IGF-1, myostatin and cortisol gene expression. Aquaculture, 258: 430-438.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.04.025.
- Chaves-Pozo, E., Pelegrin, P., Garcia-Castillo, J., Garcia-Ayala, A., Mulero, V. and Meseguer, J., 2004.** Acidophilic granulocytes of the marine fish gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) produce interleukin-1b following infection with *Vibrio anguillarum*. Cell Tissue Res, 316: 189-195.
DOI: 10.1007/s00441-004-0875-9
- Chomczynski, P. and Sacchi, N., 2006.** The single-step method of RNA isolation by acid guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction: twenty-something years on. Nat. Protoc, 1: 581-585.
DOI: 10.1038/nprot.2006.83.
- Gabay, C. and Kushner, I., 1999.** Mechanisms of disease: Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. New England Journal of Medicine, 340: 448-454.
DOI: 10.1056/NEJM199902113400607
- Gioacchini, G., Smith, P. and Carnevali, O., 2008.** Effects of Ergosan on early immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles to enteric red mouth (ERM) vaccine. Vet Imm Path, 123(3-4): 215-222.
- Gomez, G.D. and Balcázar, J.L., 2008.** A review on the interactions between gut microbiota and innate immunity of fish. FEMS Immunol Med Microbiol, 52: 145-154.
DOI: 10.1111/j.1574-695X.2007.00343.x
- Gruss, H.J., 1996.** Molecular, structural, and biological characteristics of the tumor necrosis factor ligand superfamily. International Journal of Clinical and Laboratory Research, 26: 143-159.
- Hong, S., Peddie, S., Campos-Perez, J.J., Zou, J. and Secombes, C.J., 2003.** The effect of intraperitoneally administered recombinant IL-1beta on immune parameters and resistance to *Aeromonas salmonicida* in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Dev Comp Immunol, 27(9): 801-812.
www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12818637.
- Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Mojazi Amiri, B., Rostami, H.K. and Merrifield, D.L., 2011.** The effects of oligofructose on growth performance, survival and autochthonous intestinal micro biota of beluga (*Huso huso*) juveniles. Aquac Nutr, 17: 498-504. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2010.00828.x
- Huang, C.F., Lin, S.S., Liao, P.H., Young, S.C. and Yang, C.C., 2008.** The immunopharmaceutical effects and mechanisms of herb medicine. Cell Mol. Immunol, 5: 23-31.
DOI: 10.1038/cmi.2008.3

- Hunt, M., 2010.** Real time PCR. Microbiology and Immunology Online. Columbia: Board of Trustees of the University of South Carolina.
www.microbiologybook.org/mhunt/flu.htm.
- Huttenhuis, H.B., Ribeiro, A.S., Bowden, T.J., Van Bavel, C., Taverne-Thiele, A.J. and Rombout, J.H., 2006.** The effect of oral immuno-stimulation in juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.). Fish and shellfish immunology, 21: 261-271. doi.org/10.1016/j.fsi.2005.12.002.
- IFSA., 2015.** Iran fisheries organization, Deputy of planning and development manager, Office of Budget and Planning, 33 P.
- Kadowaki, T., Yasui, Y., Nishimiya, O., Takahashi, Y., Kohchi, C., Soma, G.I. and Inagawa, H., 2013.** Orally administered LPS enhances head kidney macrophage activation with down-regulation of IL-6 in common carp (*Cyprinus carpio*). Fish & shellfish immunology. 34: 1569-1575. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.03.372
- Kim, D.H. and Austin, B., 2006.** Cytokine expression in leucocytes and gut cells of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, induced by probiotics. Vet Immunol Immunopathol, 114: 297-304.
- Lazado, C.C., Caipang, C.M., Gallage, S., Brinchmann, M.F. and Kiron, V., 2010.** Expression profiles of genes associated with immune response and oxidative stress in Atlantic cod, *Gadus morhua* head kidney leukocytes modulated by live and heat-inactivated intestinal bacteria. Comp. Biochem. Physiol, Part B.155: 249-255. doi: 10.1016/j.cbpb.2009.11.006
- Lin, S.J., Tsai, J.H., Tsai, C.H., Lin, Y.C., Hsu, H.T., Xu, F.L. and Yang, C.C., 2004.** The in vivo effects of cytokines modulation for BALB/C mice fed with a traditional combined Chinese herb-soaked solution, Yi-Fey Ruenn-Hou tea. Immunopharmacol. Immunotoxicol. 26: 435-444. dx.doi.org/10.1081/IPH-200026897
- Lindenstrom, T., Secombes, C.J. and Buchmann, K., 2004.** Expression of immune response genes in rainbow trout skin induced by *Gyrodactylus derjavini* infections. Vet Immunol. Immunopathol, 97: 137-148.
- Liu, W. and Saint, D.A., 2002.** A new quantitative method of real time reverse transcription polymerase chain reaction assay based on simulation of polymerase chain reaction kinetics. Analytical biochemistry, 302: 52-59. doi:10.1006/abio.2001.553
- Livak, K.J. and Schmittgen, T.D., 2001.** Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta$ CT method. Methods, 25: 402-408.
- Low, C., Wadsworth, S., Burrells, C. and Secombes, C.J., 2003.** Expression of immune genes in turbot (*Scophthalmus maximus*) fed a nucleotide-supplemented diet. Aquaculture, 221: 23-40.
- Mulder, I.E., Wadsworth, S. and Secombes, C.J., 2007.** Cytokine expression in the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during infection with *Aeromonas salmonicida*. Fish and Shellfish Immunol, 23: 747-759. DOI: 10.1016/j.fsi.2007.02.002

- Nootash, S., Sheikhzadeh, N., Baradaran, B., Ali Khani, O., Maleki Moghadam, M. R., Katayoon, N., Monfaredan, A., Aghebati, L., Zare, F. and Shabanzadeh, S., 2013.** Green tea (*Camellia sinensis*) administration induces expression of immune relevant genes and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunol*, 35: 1916-1923.
http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2013.09.030
- Panigrahi, A., Kiron, V., Satoh, S., Hirono, I., Kobayashi, T., Sugita, H., Puangkaew, J. and Aokib, T., 2007.** Immune modulation and expression of cytokine genes in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* upon probiotic feeding. *Dev Comp Immunol*, 31: 372-382.
DOI: 10.1016/j.dci.2006.07.004
- Pelegrin, P., Chaves-Pozo, E., Mulero, V. and Meseguer, J., 2003.** Production and mechanism of secretion of interleukin-1b from the marine fish gilthead seabream. *Dev Comp Immunol*; 28:229-237.
doi:10.1016/j.dci.2003.08.002
- Pérez-Sánchez, T., Balcázar, J.L., Merrifield, D.L., Carnevali, O., Gioacchini, G., Blas, I. and Ruiz-Zarzuela, I., 2011.** Expression of immune-related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) induced by probiotic bacteria during *Lactococcus garvieae* infection. *Fish and Shellfish Immunol*, 31: 196-201.
DOI: 10.1016/j.fsi.2011.05.005
- Pettersson, A., 2005.** Extracellular enzyme system utilized by the fungus (*sporotrichum pulverulentum*) for breakdown of cellulase. *European Journal of Biochemistry*, 5: 193-206.
- Pfaffl, M.W., Horgan, G.W. and Dempfle, L., 2002.** Relative expression software tool (REST©) for group-wise comparison and statistical analysis of relative expression results in real-time PCR. *Nucleic Acids Research*, 30: 1-10.
- Pionner, N., Falco, A., Miest, J., Frost, P., Irnazarow, I., Shrive, A. and Moole, G., 2013.** Dietary beta-glucan stimulate complement and C-reactive protein acute phase responses in common carp (*Cyprinus carpio*) during an *Aeromonas salmonicida* infection. *Fish Shellfish Immunology*, 34: 819-831.
- Raida, M.K. and Buchmann, K., 2007.** Temperature-dependent expression of immune-relevant genes in rainbow trout following *Yersinia ruckeri* vaccination. *Diseases of Aquatic Organisms*, 77: 41-52.
DOI: 10.3354/dao01808
- Raida, M.K. and Buchmann, K., 2008.** Development of adaptive immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum) surviving an infection with *Yersinia ruckeri*. *Fish Shellfish Immunol*, 25: 533-541. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.07.008
- Ramakers, C., Ruijter, J.M., Deprez, R.H.L. and Moorman, A.F., 2003.** Assumption-free analysis of quantitative real-time polymerase chain reaction (PCR) data. *Neuroscience letters*, 339: 62-66.
- Ringo, E., Dimitroglou, A., Hoseinifar, S.H. and Davies, S.J., 2014.** Prebiotics in finfish: an update. In: Merrifield D, Ringø E, editors. *Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell Publishing.

- Secombes, C.J., Wang, T., Hong, S., Peddie, S., Crampe, M. and Laing, K.J., 2001.** Cytokines and innate immunity of fish. *Dev Comp Immunol*, 25: 713-723.
- Soltani, M., Shafiei, S., Yosefi, P., Mosavi, S. and Mokhtari, A., 2014.** Effect of Montanide™ IMS 1312 VG adjuvant on efficacy of *Yersinia ruckeri* vaccine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunol*, 37(1): 60-65. doi: 10.1016/j.fsi.2013.12.027
- Stevenson, R.M.W., 1997.** Immunization with bacterial antigens: Yersiniosis. *Dev Biol Stand*, 90: 117-124.
- Swardfager, W., Lanctôt, K., Rothenburg, L., Wong, A., Cappell, J. and Herrmann, N., 2010.** A meta-analysis of cytokines in Alzheimer's disease. *Biological psychiatry*. 68: 930-941.
DOI: 10.1016/j.biopsych.2010.06.012
- Tacchi, L., Bickerdike, R., Douglas, A., Secombes, C.J. and Martin, S.A., 2011.** Transcriptomic responses to functional feeds in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish & shellfish immunology*. 31: 704-715.
DOI: 10.1016/j.fsi.2011.02.023
- Treves-Brown, K.M., 2000.** Applied fish pharmacology. Springer pub., 309 P. [ISBN 978-94-017-0761-9]
- Verlhac Trichet, V., 2010.** Nutrition and immunity: an update. *Aquacult Res*, 41: 356-372.
DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02374.x
- Wang, L. and Stegemann, J.P., 2009.** Extraction of high quality RNA from Polysaccharide matrices using cetyltrimethylammonium bromide. Elsevier Ltd, *Biomaterials*, 31: 1612.
DOI: 10.1016/j.biomaterials.2009.11.024
- Wang, Y.C., Chang, P.S. and Chen, H.Y., 2008.** Differential time-series expression of immunerelated genes of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in response to dietary inclusion of b-1, 3-glucan. *Fish and Shellfish Immunol*, 24: 113-21.
DOI: 10.1016/j.fsi.2007.09.008
- Wiame, I., Remy, S., Swennen, R. and Sági, L., 2000.** Irreversible heat inactivation of DNase without RNA degradation. *Biotechniques*, 29: 252-256.
- Winfrey, M.R., Rott, M.A. and Wortman, A.T., 1997.** Unraveling DNA: Molecular Biology for the Laboratory, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 369 P. [ISBN-13: 978-0132700344]
- Yuan, C., Pan, X., Gong, Y., Xia, A., Wu, G., Tang, J. and Han, X., 2008.** Effects of *Astragalus polysaccharides* (APS) on the expression of immune response genes in head kidney, gill and spleen of the common carp, *Cyprinus carpio* L. *Int. Immunopharmacol*, 8: 51-58.
DOI: 10.1016/j.intimp.2007.10.009
- Zou, J., Wang, T., Hirono, I., Aoki, T., Inagawa, H., Honda, T., Soma, G.I., Ototake, M., Nakanishi, T. and Ellis, A., 2002.** Differential expression of two tumor necrosis factor genes in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Developmental and Comparative Immunology*, 26: 161-172.
DOI: 10.1016/S0145-305X(01)00058-1

Effect of the food supplemented probioenzyme on expression of immune-related genes and redmouth disease (*yersiniosis*) control in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Rastiannasab A.¹; Mousavi S.M.^{1*}; Zolgharnein H.¹; Hosseinzadeh Sahafi H.²

* seied1356@yahoo.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

2-Iranian Fisheries Sciences Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) P.O. Box 149/14965 Tehran, Iran

Abstract

The aim of the present study was to investigate the effect of probioenzyme on the control of yersiniosis as well as to assess the impact of probioenzyme on the expression of immune-related genes in the head kidney of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Probioenzyme was supplemented at 0.3, and 0.5g/kg diet and fed to fish (average weight: 26 g) in 200l tanks for 60 days. At the end of the feeding period, fish were challenged with *yersinia ruckeri*. Only the fish fed the diet containing high dose of probioenzyme showed significantly ($p < 0.05$) improved protection against *y. ruckeri* compared to the low dose and control groups. Subsequently, real-time PCR was employed to determine the mRNA levels of IL-1 β and TNF- α cytokines in the head kidney of the control and probioenzyme groups. High dose of probioenzyme significantly ($p < 0.05$) up-regulated the TNF- α transcription in the kidney compared with low dose and control groups. Meanwhile, the probioenzyme didn't change interleukin-1 β mRNA level in the kidney in treatment groups compared with control group ($p > 0.05$). Only, high dose of probioenzyme noticeably differs IL-1 β and TNF- α gene expressions. Based on results, expression levels of studied cytokines were different, dose-dependent and tissue-specific. Results showed that cytokine gene expressions, especially TNF- α , in kidney may affect fish disease resistance. Present study suggests that probioenzyme especially at 0.5g/kg feed may effectively stimulate the immune system and enhance disease resistance in rainbow trout. Meanwhile, it is necessary to study effects of probioenzyme on cytokines in various tissue and different growth period of breeding species.

Keywords: *Oncorhynchus mykiss*, Probioenzyme, Gene expression, Cytokine, Yersiniosis

*Corresponding author