مقاله تحقیقی
مجله تحقیقات دامپزشکی، ۱۳۹۲، دوره ۶۸، شماره ۲، ۱۹۶-۱۹۱
Original Article
Journal of Veterinary Research. 68,2:191-196, 2013

تأثیر نوکلئوتید جیره بر ترکیب اسیدهای چرب عضله قزل آلای رنگین کمان انگشت قد (*Oncorhynchus mykiss*)

نعیمه سلیمی خورشیدی[۱] سعید کیوان شکوه[۲*] امیرپرویز سلاطی[۲] محمد ذاکری[۲] نعمت الله محمودی[۳] احمد طهماسبی کهیانی[۱]

۱) دانش آموخته دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر - ایران
۲) گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر - ایران
۳) گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس استان مازندران، نور - ایران

(دریافت مقاله: ۲۹ آبان ماه ۱۳۹۱ ، پذیرش نهایی: ۸ اسفند ماه ۱۳۹۱)

چکیده

زمینه مطالعه: نوکلئوتیدها به عنوان ترکیبات درون سلولی با وزن مولکولی پایین، در بسیاری از اعمال سلولی نظیر رمزنگاری ژنتیکی و متابولیسم انرژی دارای نقش کلیدی هستند. **هدف:** تأثیر سطوح مختلف نوکلئوتید جیره بر ترکیب اسیدهای چرب عضله ماهی قزل آلای رنگین کمان. **روش کار:** آزمایش درون مخازن ۷۰۰L مدور با تراکم ذخیره سازی ۴۰ عدد ماهی در هر تانک انجام شد. نوکلئوتید جیره در ۵ سطح صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲٪ به جیره غذایی اضافه گردید. غذادهی به ماهیان با وزن متوسط ۰/۳۲g ۱۱/۳۵± (به میزان ۵-۳٪ وزن توده زنده) ۵ بار در روز و به مدت ۸ هفته انجام شد. **نتایج:** پس از ۵۶ روز پرورش، نتایج نشان داد که میزان اسیدهای چرب اکوزاپنتانوئیک (EPA) و اسید لینولنیک، در تیمار ۰/۲٪ نسبت به گروه شاهد افزایش معنی داری داشته است ($p<0/05$). در مقادیر اسیدهای چرب غیر اشباع زنجیره بلند (PUFA)، اسیدهای چرب غیر اشباع (SFA)، (n-3) PUFA، PUFA(n-6)، n3/n6 و EPA+DHA، اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p>0/05$). **نتیجه گیری نهایی:** بطور خلاصه، این آزمایش نشان داد اضافه کردن نوکلئوتید به جیره ماهی قزل آلای رنگین کمان به میزان ۰/۲٪ اثرات مثبتی بر اسیدهای چرب عضله دارد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای چرب، عضله، قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، نوکلئوتیدهای خوراکی

مقدمه

استفاده از نوکلئوتید در جیره‌های غذایی آبزیان به دلیل تقویت سیستم ایمنی، افزایش سطح جذب در روده و موثر بودن در رشد بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۱۰). نوکلئوتیدها از جمله ترکیبات درون سلولی با وزن ملکولی پایین، از یک بنیان پورین یا پیریمیدین و یک قند ریبوز یا ۲- دی اکسی ریبوز و یک یا تعدادی گروه فسفات تشکیل می شوند. به طور کلی نوکلئوتیدها تقریباً در تمام فرایندهای سلولی دخالت داشته و نقش مهمی در وظایف ساختاری - تنظیمی بدن دارند که از جمله می توان به این موارد اشاره نمود: نوکلئوتیدها به عنوان واحد ساختمانی DNA و RNA نقش تعیین کننده‌ای در ذخیره، انتقال و بیان اطلاعات دارند. این ترکیبات در بسیاری از مسیرهای بیوسنتز نقش دارند، برای مثال یوریدین دی فسفات (Uridine diphosphate) در بیوسنتز پلی ساکاریدها و ویتامین C و سیتیدین دی فسفات (Cytidine diphosphate) در بیوسنتز لیپیدها شرکت می‌کنند. نوکلئوتیدها در انتقال انرژی شیمیایی نقش دارند که معمولاً با از دست دادن گروه فسفات انجام می شود. همچنین آنها در ساختار بسیاری از کوآنزیم‌ها نظیر فلاوین آدنین دی نوکلئوتید (Flavin adenine dinucleotide)، نیکوتین آمید آدنین دی نوکلئوتید (Nicotine amide adenine dinucleotide) و کوآنزیم (Coenzyme A) A شرکت دارند که در بسیاری از مسیرهای متابولیکی نقش ایفا می‌کنند.

نوکلئوتیدها همچنین به عنوان تنظیم کننده بیولوژیک محسوب می شوند. برای مثال آدنوزین مونوفسفات حلقوی نقش کلیدی در تنظیم تمام پروسه‌های بیولوژیکی دارد (۱،۱۰). نوکلئوتیدها بصورت پی در پی شکل گرفته و از بین می‌روند و معمولاً از طریق ۲ مسیر مهم *de novo* و salvage تشکیل می شوند. آنها از طریق مسیر *de novo* از پیش ماده‌های آمینو اسید گلوتامین، آسپارتیک اسید، گلایسین، فورمات و دی اکسید کربن شکل می گیرند. آنها همچنین از طریق مسیر salvage توسط پیوند ریبوز فسفات با بازهای آزاد بوجود آمده از تجزیه هیدرولیتیک اسیدهای نوکلئیک و نوکلئوتید سنتز می شوند (۴). توانایی این مسیر زمانی افزایش می یابد که نوکلئوتیدها از طریق غذا تأمین شود (۱). این مسیر هم ساده تر است و هم انرژی کمتری در مقایسه با de novo نیاز دارد و توسط بازهای آزاد قابل دسترس تنظیم می‌شود. کبد مهمترین ارگان ذخیره نوکلئوتید می‌باشد. در برخی از بافت‌ها که ظرفیت محدودی در سنتز de novo یرای تولید نوکلئوتید دارند. منبع خارجی از نوکلئوتیدها می تواند در مسیر salvage برای تولید نوکلئوتیدها مورد استفاده قرار گیرد و سبب تقویت این مسیر شود. سلول های مهم دستگاه ایمنی نظیر لنفوسیت‌ها، گلبول های قرمز، سلول های خونساز و سلول های موکوسی روده با توجه به متابولیسم سلولی و حجم بالای واکنش های سریع، همچنین نیاز بالای آنها به نوکلئوتید، ظرفیت بسیار محدودی برای سنتز نوکلئوتید دارند. در این سلول ها تهیه نوکلئوتید از منبع خارجی برای انجام

*)نویسنده مسؤول: تلفن: ۰۶۳۲-۴۲۳۴۷۲۵ نمابر: ۰۶۳۲-۴۲۳۴۷۲۵ Email: Keyvan56@yahoo.com

وظایف آنها بسیار مهم است (۱،۲).

با توجه به تحقیقات انجام شده در موجودات مختلف نوکلئوتید جیره دارای نقش‌های متابولیک متعددی از جمله بهبود شاخص‌های ایمنی بدن (ذاتی و اکتسابی)، افزایش رشد، توسعه میکرو فلور روده، بهبود نتایج حاصله از مولدین، افزایش مقاومت به بیماری، افزایش سطح جذب دستگاه گوارش، موثر بودن در متابولیسم چربی و پروتئین، افزایش جذب آهن در روده، بهبود پاسخ‌های استرس، افزایش ظرفیت تنظیم اسمزی، افزایش تأثیر واکسن، کاهش تخریب DNA ناشی از توکسین‌ها، کاهش ضایعات کبدی و اصلاح عملکرد کبد و بیان ژن شاخص‌های ایمنی می‌باشد (۱،۸،۱۰).

لذا با توجه به اثرات گوناگون و متنوعی که نوکلئوتیدها بر واکنش‌های مختلف فیزیولوژیک می‌گذارند این مطالعه با هدف بررسی اثرات این ماده ریز مغذی بر ترکیب اسیدهای چرب عضله در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان طراحی و اجرا گردید. از آنجا که نتایج این مطالعه نشان داد که افزودن نوکلئوتید به جیره به خصوص در سطح ۰/۲٪ تأثیرات مثبتی را بر برخی پارامترهای رشد شامل ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، کارایی تغذیه و وزن نهایی بدن داشته است (۱۲)، بر همین اساس مطالعه‌ای بر روی نمونه‌های مذکور در ارتباط با تأثیر نوکلئوتید جیره بر ترکیب اسیدهای چرب نیز انجام شد.

مواد و روش کار

این تحقیق در مهر ماه ۸۸ در کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان سردآبی قزل برم واقع در استان چهارمحال و بختیاری در ۱۶۰km مرکز استان انجام شد. بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان از واحد تکثیر ماهیان با میانگین وزنی ۱۱/۳۵±۰/۳۲g پس از انجام عملیات رقم‌بندی انتخاب شدند. توزیع بچه ماهیان به گونه‌ای انجام شد که از لحاظ بیومس، اختلاف معنی‌داری در شروع آزمایش بین تانک‌ها وجود نداشته باشد. قبل از ذخیره‌سازی، استخرها به وسیله ماده ضدعفونی کننده هیپوکلریت سدیم (۲۰۰mg/L به مدت یک ساعت) کاملاً ضدعفونی و سپس با آب شستشو داده شدند. ماهیان نیز ابتدا با محلول نمک ۴٪ ضدعفونی و سپس در داخل ۱۵ استخر بتونی با ابعاد $2m^3$ ×۱×۰/۸ (آبگیری ۷۰۰L) به تعداد ۴۰ عدد در هر استخر رهاسازی شدند. بچه ماهیان تهیه شده از کارگاه به مدت یک هفته در این استخرها نگهداری و با جیره ساخته شده فاقد نوکلئوتید غذادهی شدند تا عمل سازگاری صورت پذیرد. اندازه گیری عوامل کیفی آب همچون دمای آب، اکسیژن محلول و pH به صورت هفتگی انجام گرفت. با توجه به تیمارهای تعیین شده، مکمل نوکلئوتید اپتیمون (حاوی IMP, AMP, CMP, GMP, UMP با نسبت مساوی، ساخت شرکت Chemoforma، سوئیس) در ۴ سطح ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲٪ به جیره اضافه شد. تیمار پنجم، گروه شاهد بود که هیچ گونه مکملی به آن اضافه نشد. تیمارها در ۳ تکرار انجام شدند. جیره ماهیان با استفاده از پودر ماهی به عنوان منبع اصلی پروتئین و انرژی ناخالص ۲۰۲۵kJ/kg (۱۱) با استفاده از نرم افزار لیندو (Lindo copyright 1995, Releases 6.1) فرمول بندی شد (جدول ۱). از سلولز، پودر ماهی، آرد گندم و سویا برای تهیه جیره‌هایی با نیتروژن و لیپید یکسان در بین تیمارها استفاده شد (جدول ۲). مکمل اپتیمون طبق دستورالعمل شرکت کموفورما ابتدا با آب مخلوط و سپس به جیره پایه اضافه شد. با مخلوط کردن مواد اولیه پس از ۲۰ دقیقه روغن سویا اضافه شد و مجدداً همراه با اضافه کردن آب به میزان لازم به مدت ۲۰ دقیقه با همزن برقی مخلوط شدند. به منظور ساخت پلت (با دانه بندی خوراک ۳mm-۲/۵)، جیره به چرخ گوشت منتقل شد. پس از پلت سازی، پلت‌ها بر روی سینی‌های خشک کن قرار داده شده و به خشک کن در دمای $50^{o}C$ به مدت ۲۴ ساعت انتقال داده شدند تا میزان رطوبت دانه‌های غذایی کمتر از ۱۰٪ گردد. جیره‌ها پس از آماده شدن در ظروف پلاستیکی در دمای $4^{o}C$ و دور از نور قرار داده شدند و به منظور غذادهی به ماهیان مورد استفاده قرار گرفتند. غذادهی بچه ماهیان به میزان ۵-۳٪ وزن بدن و در ۵ وعده در ساعات ۸، ۱۱، ۱۳، ۱۵ و ۱۸ انجام گردید. مدفوع و دیگر مواد باقیمانده هر روز از استخرها سیفون می‌شدند. جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب عضله تعداد ۶ عدد ماهی به ازای هر تیمار در پایان آزمایش به طور تصادفی صید شدند برای سنجش ترکیب اسیدهای چرب عضله از روش Folch و همکاران در سال ۱۹۵۷ و Firestone و همکاران در سال ۱۹۹۸ استفاده شد. نمونه‌ها پس از چرخ کردن آماده آنالیز شدند. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گاز کروماتوگراف CP-3800 varian (GC) مجهز به ستون کاپیلاری از نوع SGE (ID×0.25 BPX70 (120m×0.25mm و آشکارساز نوع flameionization detector (FID) استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب بر روی $160^{o}C$ و ۱۸۰ تنظیم شد. یک میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی $160^{o}C$ تنظیم شد. بعد از مدت ۱۰ دقیقه، دمای ستون با سرعت $2^{o}C$ در دقیقه به دمای 180^{o} رسانده شد. به مدت ۷۵ دقیقه دما در این درجه باقی ماند. در این روش از گاز هلیم (با خلوص ۹۹/۹۹۹٪) به عنوان گاز حامل و از گاز هیدروژن به عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹٪) به عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه‌ی زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های بدست آمده از محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استری، اسیدهای چرب موجود در عضله ماهی شناسایی شد و نتایج بر حسب درصد گزارش گردید.

طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی برنامه ریزی و اجرا گردید. کلیه داده‌های جمع آوری شده در هر مرحله در نرم افزار اکسل ثبت و برخی موارد توصیفی بر حسب نیاز (نظیر بیومتری‌ها برای تعیین مقدار غذادهی جدید) در این برنامه انجام پذیرفت. سایر داده‌ها پس از کنترل همگی آنها به وسیله آزمون کولموگورف-اسمیرنف، مقایسه کلی بین تیمارها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و جهت مقایسه میانگین‌ها از

جدول ۱. ترکیب جیره ساخته شده برای تیمارهای مختلف.

(a) Pars Kilka Corporation., Iran. (b) Merck Corporation., Germany. (c) Unit kg-1 of diet: Vitamin A, 1200000 IU; D3, 400000; E, 30 IU; K3, 1200mg; C 5400mg; H2, 200mg; B1,200mg; B2, 3600mg; B3, 7200mg; B5, 9000mg; B6, 2400mg; B9, 600mg; B12,4mg; antioxidant 500mg Career up to 1 kg. (d) Unit kg-1 of diet: Fe, 4500 mg; Cu, 500 mg; Co, 50 mg; Se, 50 mg; Zn, 6000 mg; Mn, 5000 mg; I, 150 mg; choline chloride, 150000 mg; Career up to 1 kg. (e) Khorak-Dam Abzian Corporation, Iran. (f) Garmab Shimi Corporation, Iran. Contains: phosphor 17%, calcium 23.27%, moist 3%, fluorine 0.17%. (g) Chemoforma, Augst, Switzerland.

اجزای تشکیل دهنده	جیره پایه(٪)	سطح نوکلئوتید(٪)			
		۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲
پودر ماهی [a]	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳	۴۳
آردگندم	۱۸/۶۵	۱۸/۶۵	۱۸/۶۵	۱۸/۶۵	۱۸/۶۵
سویا	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶
روغن سویا [e]	۶	۶	۶	۶	۶
مکمل معدنی [d]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
مکمل ویتامینی [c]	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ویتامین C [e]	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
ضد قارچ [e]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی‌کلسیم فسفات [f]	۱	۱	۱	۱	۱
سلولز	۲	۱/۹۵	۱/۹۰	۱/۸۵	۱/۸۰
مکمل نوکلئوتید	۰	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۲. آنالیز تقریبی جیره غذایی ساخته شده برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف.

تجزیه تقریبی	میزان (٪)
پروتئین	۴۸/۲۵
چربی	۱۸/۸۶
رطوبت	۱۲/۴۱
خاکستر	۱۲/۲۵
کربوهیدرات	۸/۲۳
انرژی قابل هضم (kcal/kg)	۲۰۲۵

آزمون دانکن استفاده شد. آزمون‌ها در محیط نرم افزار SPSS، ۱۱/۵ version و در سطح خطای ۰/۰۵ انجام شد. برای رسم کلیه نمودارهای این آزمایش از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

ترکیب اسیدهای چرب عضله: نتایج ترکیب اسیدهای چرب عضله در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف نوکلئوتید جیره در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اسیدهای چرب C14، C16، C17، C20، C17:1، C18:1، C20:1، C18:3 و C22:5 به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف نوکلئوتید در جیره غذایی قرار دارند ($p<0/05$). کمترین مقدار برای اسیدهای چرب C17، C17:1،

جدول ۳. درصد اسیدهای چرب جیره غذایی پایه مورد استفاده (nd: مقدار غیر قابل تعیین).

اسیدهای چرب	جیره (٪)
C14	۲/۰۵±۰/۷۷
C15	۷/۸۸±۱/۱۳
C16	۲۰/۱۱±۱/۵۰
C17	nd*
C18	۵/۹۲±۰/۱۸
C20	nd
C16:1n-7	۴/۱۸±۰/۳۳
C17:1n-7	nd
C18:1n-7	۲۹/۱۱±۱/۲۱
C18:1n-9	۲۶/۷۳±۲/۶۰
C20:1n-9	nd
C18:3n-3	۰/۶۹±۰/۱۱
C18:2n-6	۰/۵۳±۰/۲۱
C20:3n-3	nd
C20:2n-6	nd
C20:4n-6	۱/۲۲±۰/۴۲
C20:5n-3	۰/۴۲±۰/۲۲
C22:6n-3	۱/۱۶±۰/۴۳
SFA -Saturted fatty acid	۳۵/۹۶±۲/۱۸
MUFA -Mono unsaturated fatty acid	۶۰/۰۲±۳/۵۰
PUFA -Poly unsaturated fatty acid	۴/۰۲±۱/۲۰
n-3	۲/۲۷±۰/۵۲
n-6	۱/۷۵±۰/۳۲
n-3/n-6	۱/۲۹±۰/۱۶
EPA+DHA	۱/۵۸±۰/۹۱

C18:3 و C22:5 در گروه شاهد و بیشترین مقدار در تیمار ۰/۲٪ مشاهده شد که افزایش معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند.

بر اساس این نتایج در مقادیر اسیدهای چرب C15، C18، C16:1، C18:2، C20:3، C20:2، C20:4، DHA و مقدار اسیدهای چرب اشباع (SFA)، اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دو گانه (MUFA)، اسیدهای چرب غیر اشباع با بیش از یک پیوند دوگانه (PUFA)، مقدار n-3 و n-6، نسبت n-6 / n-3 و میزان EPA+DHA، افزایش معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد ($p>0/05$). بیشترین مقدار PUFA، SFA، n-3 و n-6 / n-3 در تیمار ۰/۲٪ مشاهده شد هر چند که اختلاف معنی‌داری با گروه کنترل نداشتند ($p>0/05$).

بحث

نوکلئوتید جیره در پستانداران اثرات مفید فیزیولوژیک و تغذیه‌ای شامل اثرات مفید بر رشد، سیستم ایمنی، دستگاه گوارش، فلور روده، وظایف کبد، متابولیسم چربی و مقاومت به بیماری را نشان داده است (۴). نتایج حاصل از این تحقیق درهفته هشتم نشان داد که افزودن نوکلئوتید جیره در سطح ۰/۲٪ به ترکیب غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش معنی‌داری ($p<0/05$)، در میزان درصد اسید لینولئیک (C18:2) و EPA (C22:5) نسبت به گروه شاهد داشته است، کمترین میزان این

جدول ۴. نتایج تأثیر سطوح مختلف نوکلئوتید جیره غذایی بر ترکیب اسیدهای چرب بافت عضله در بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان(میانگین±SE ۳ تکرار). حروف غیر همسان در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار است ($p<0/05$). nd مقادیر بسیار ناچیز و غیر قابل تعیین را نشان می دهد.

	سطح نوکلئوتید(٪)				
اسیدهای چرب(٪)	صفر	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲
C14	۱/۳۶±۰/۲۸^{ab}	۱/۱۷±۰/۰۵^{a}	۲/۶۶±۰/۹۱^{b}	۱/۱۹±۰/۰۸^{a}	۱/۱۶±۰/۱۶^{a}
C15	۷/۶۸±۱/۴۲	۶/۶۱±۱/۰۳	۷/۱±۱/۴۸	۶/۳۹±۱/۰۱	۸/۳۵±۱/۷۸
C16	۱۷/۴۱±۰/۴۵^{a}	۱۷/۶۲±۰/۲۳^{a}	۱۷/۷۹±۰/۲۳^{a}	۱۹/۳۳±۰/۱۹^{b}	۱۷/۸۳±۰/۶۶^{a}
C17	۰/۱۱±۰/۱۱^{a}	۰/۸۵±۰/۳۴^{b}	۰/۴۱±۰/۰۶^{b}	۰/۹۲±۰/۰۵^{b}	۱/۰۱±۰/۱۷^{b}
C18	۵/۰۲±۰/۱۷	۵/۱۲±۰/۲۲	۵/۲۹±۰/۲۰	۴/۹۲±۰/۰۴	۴/۷۹±۰/۲۹
C20	۰/۳۶±۰/۰۳^{a}	۰/۶۷±۰/۰۵^{bc}	۰/۷۲±۰/۰۸^{c}	۰/۴۴±۰/۰۷	۰/۵±۰/۰۹^{ab}
SFA	۳۱/۹۵±۰/۶۷	۳۲/۰۵±۰/۶۷	۳۳/۹۷±۱/۹۸	۳۳/۱۹±۰/۹۲	۳۳/۶۴±۱/۳۳
C16: 1n-7	۲/۸۹±۰/۲۷	۳/۶۶±۰/۴۳	۳/۰۸±۰/۰۴	۳/۸۹±۰/۴۹	۳/۷۷±۰/۷۶
C17:1n-7	nd*	۰/۲۹±۰/۰۸^{b}	۰/۱۷±۰/۰۱^{b}	۰/۲۱±۰/۰۱^{b}	۰/۲۷±۰/۰۸^{b}
C18: 1n-7	۲۷/۹۶±۰/۶۱^{ab}	۲۸/۳±۰/۰۴^{ab}	۲۹/۴۴±۰/۹۶^{b}	۲۸/۴۴±۰/۳۲^{ab}	۲۶/۲۹±۰/۸۵^{a}
C18: 1n-9	۲۶/۹۱±۰/۲۶^{c}	۲۵/۱۴±۰/۵۳^{b}	۲۲/۸۲±۰/۷۳^{a}	۲۴/۵۶±۰/۴۲^{b}	۲۵/۳۷±۰/۴۲^{bc}
C20: 1n-9	۰/۷±۰/۰۸^{a}	۰/۹۲±۰/۰۳^{ab}	۱/۱۸±۰/۱۳^{b}	۰/۹۰±۰/۱۴^{ab}	۰/۹۹±۰/۱۵^{ab}
MUFA	۵۸/۴۷±۱/۱۷	۵۸/۵۸±۰/۳۲	۵۶/۴۹±۱/۸۸	۵۸/۰۲±۰/۳۲	۵۶/۵۹±۱/۴۱
C18:3n-3	۱/۵۵±۰/۰۴^{a}	۱/۷۵±۰/۰۸^{ab}	۱/۶۲±۰/۰۷^{a}	۱/۵۶±۰/۰۵^{a}	۱/۸۵±۰/۰۴^{b}
C18:2n-6	/۷۸±۰۰/۰۶	۰/۶۵±۰/۰۳	۰/۷۰±۰/۰۵	۰/۶۵±۰/۰۷	۰/۶۹±۰/۰۸
C20:3n-3	۱/۰۸±۰/۱۱	۱/۰۶±۰/۱۱	۰/۸۶±۰/۱۴	۱/۰۶±۰/۰۷	۱/۱±۰/۰۶
C20:2n-6	۰/۷۶±۰/۱۰	۰/۷۹±۰/۰۴	۰/۹۰±۰/۰۳	۰/۷۵±۰/۰۷	۰/۷۱±۰/۱۱
C20:4n-6	۰/۳۰±۰/۰۶	۰/۲۸±۰/۰۸	۰/۳۳±۰/۰۴	۰/۲۴±۰/۰۴	۰/۳۲±۰/۰۵
C22:5n-3	۰/۵۱±۰/۰۴^{a}	۰/۶۳±۰/۰۷^{ab}	۰/۶۵±۰/۰۷^{ab}	۰/۶۶±۰/۰۸^{ab}	۰/۷۷±۰/۰۲^{b}
C22:6n-3	۴/۶۰±۰/۳۹	۴/۲۲±۰/۵۱	۴/۴۸±۰/۳۰	۳/۸۷±۰/۲۹	۴/۳۲±۰/۴۳
PUFA	۹/۵۹±۰/۵۹	۹/۳۷±۰/۷۱	۹/۵۳±۰/۱۰	۸/۷۹±۰/۴۸	۹/۷۷±۰/۵۱
Σ n-3	۷/۷۷±۰/۴۹	۷/۶۶±۰/۵۹	۷/۶۰±۰/۱۵	۷/۱۶±۰/۴۲	۸/۰۳±۰/۴۶
Σ n-6	۱/۸۲±۰/۱۳	۱/۷۲±۰/۱۳	۱/۹۳±۰/۱۱	۱/۶۴±۰/۰۶	۱/۷۳±۰/۱۳
n-3/n-6	۴/۲۸±۰/۲۵	۴/۴۶±۰/۱۲	۳/۹۸±۰/۲۹	۴/۳۸±۰/۰۹	۴/۶۹±۰/۳۹
EPA+DHA	۵/۱۱±۰/۴۲	۴/۸۵±۰/۵۶	۵/۲۳±۰/۳۳	۴/۵۴±۰/۳۳	۴/۹۵±۰/۴۸

اسیدهای چرب در گروه شاهد و بیشترین مقدار در تیمار ۰/۲٪ مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد تیمار ۰/۲٪ دارای بالاترین مقدار اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFA)، SFA، n3 و n3/n6، می باشد هر چند که اختلاف معنی داری با گروه شاهد نداشتند ($p>0/05$).

پیش از این تأثیر مثبت نوکلئوتید جیره بر متابولیسم چربی به اثبات رسیده است (۴). نوکلئوتیدها از طریق تبدیل اسیدهای چرب ضروری به مشتقات غیراشباع با زنجیره بلند آنها در متابولیسم چربی نقش دارند. بسیاری از محققین دو مکانسیم را برای اثرات نوکلئوتیدها بر ترکیب اسیدهای چرب بیان کردند. مکانیسم اول مربوط به حضور آنزیم های لازم برای برای غیر اشباع سازی و طویل کردن زنجیره اسیدهای چرب در باکتری های روده هست. در این مکانیسم نوکلئوتیدها ممکن است فلور روده را تغییر داده و بر سطح اسیدهای چرب غیر اشباع اثر گذار باشند. مکانیسم دوم مربوط به دخالت نوکلئوتیدها در ساختار کوآنزیم ها و نقش آنها در بهبود سنتز پروتئین ها و آنزیم های کبدی مورد نیاز برای غیر اشباع سازی و طویل کردن زنجیره اسیدهای چرب است که مستقیماً در سنتز اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره بلند در گلبول های قرمز و یا در کبد موثر هستند (۴).

بطور کلی، بررسی منابع موجود نشان می دهد در ارتباط با اثر نوکلئوتید جیره بر ترکیب اسیدهای چرب عضله ماهی، مدارکی در دسترس نمی باشد. بیشتر مطالعات انجام شده روی انسان و موش ها بر ترکیب اسیدهای چرب پلاسما متمرکز شده است که اکثر این مطالعات به این موضوع اشاره دارد که نوکلئوتید جیره در تبدیل اسیدهای چرب ضروری به مشتقات با زنجیره بلندشان و سنتز لیپوپروتئین های کبد و روده موثر است (۷). مطالعات Nunez و همکاران در سال ۱۹۹۳ نشان دادند که نوکلئوتید جیره در موش های تازه از شیر گرفته شده سبب افزایش سطح دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) پلاسما و افزایش سطح اسید آراشیدونیک (AA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) در میکروزوم های کبد شده است. همچنین Gil و همکاران در سال ۱۹۸۶، گزارش کردند که

غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع با زنجیره بلند در پلاسمای نوزادان تغذیه شده با شیر مادر و نوزادان تغذیه شده با مکمل نوکلئوتید برابر و بطور معنی‌داری بیشتر از نوزادان تغذیه شده با جیره استاندارد بود. مطالعات Fontana و همکاران در سال ۱۹۹۸، نشان داد که اضافه کردن نوکلئوتید جیره به ترکیب غذایی موش‌ها سبب افزایش میزان اسیدهای چرب امگا-۳ (w3) و امگا-۶ (w6) در پلاسما شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد اضافه کردن نوکلئوتید به جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان به میزان ۰/۲٪ اثرات مثبتی بر آنالیز تقریبی لاشه دارد. با توجه به بهبود پاسخ‌های بیوشیمیایی، سطح ۰/۲٪، سطح بهینه نوکلئوتید جهت استفاده در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان پیشنهاد می‌شود. اما از آنجاکه این سطح آخرین مقدار مورد استفاده در تحقیق بود و با توجه معنی‌دار نبودن برخی فاکتورها نیاز به تحقیقات بیشتر با دوزهای بالاتر نیز می‌باشد و نمی‌توان با قاطعیت این سطح را پیشنهاد کرد.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به جهت پشتیبانی مالی این پژوهش طی پژوهانه شماره ۱۲-۱/۴-پ مورخ ۸۹/۴/۱۵ تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Boza, J. (1998) Nucleotide in infant Nutrition. Monatsschr Kinderheilkd. 146: 39-48.
2. Burrells, C., William, P.D., Forno, P.F. (2001a) Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds 1. Effects on resistance to diseases in salmonids. Aquaculture. 199: 159-169.
3. Burrells, C., William, P.D., Southage, P.J., Wadsworth, S.L. (2001b) Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds 2. Effects on vaccination, salt water transfer, growth rate and physiology of Atlantic salmon. Aquaculture. 199: 171-184.
4. Cosgrove, M. (1998) Nucleotides. Nutr. 14: 748-751.
5. Firestone, D. (1998) Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society. AOCS Press. Champaign, USA.
6. Folch, J., Less, M., Stainley, G.H.S. (1957) A simple method for the isolation and purfication of total lipids from animal tissue. J Biol Chem. 226: 497-509.
7. Fontana, L., Moreira, E., Torres, M.I., Fernández, I., Ríos, A., Sánchez de Medina, F., et al. (1998) Dietary nucleotides correct plasma and liver microsomal fatty acid alterations in rats with liver cirrhosis induced by oral intake of thioacetamide. J Hepatol. 28: 662-669.
8. Frankic, T., Pajk, T., Rezar, V., Levart, A., Salobir, J. (2006) The role of dietary in nucleotides reduction of DNA damage induced by T-2 toxin and deoxynivalenol in chicken leukocytes. Food Chem Toxicol. 44: 1838-1844.
9. Gil, A., Corral, E., Martinez-Valverde, A., Molina, J. A. (1986) Effects of the addition of nucleotides to an adapted milk formula on the microbial pattern of feces in at term newborn infants. J Clin Nutr Gastroenterol. 1:127-132.
10. Li, P., Gatlin III, D.M. (2006) Nucleotide Nutrition in fish: Current knowledge and future applications. Aquaculture. 251:141- 152.
11. NRC (National Research Council). (1993) Nutrient Requirements of Fish. National Academic Press, Washington, D.C. USA.
12. Tahmasebi Kohyani, A., Keyvanshokooh, S., Nematollahi, A., Mahmoudi, N., Pasha-Zanoosi, H. (2011) Dietary administration of nucleotides to enhance growth, humoral immune responses, and disease resistance of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. Fish Shellfish Immunol. 30: 189- 193.

Effects of dietary nucleotides on fatty acid profile in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings

Salimi Khorshidi, N.[1], Keyvanshokooh, S.[2*], Salati, A.P.[2], Zakeri, M.[2], Mahmoudi, N.[3], Tahmasebi Kohyani, A.[1]

[1]*Graguated from the Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr-Iran*

[2]*Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr-Iran*

[3]*Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Mazandaran, Noor-Iran*

(Received 19 November 2012 , Accepted 26 February 2013)

Abstract:

BACKGROUND: Nucleotides as low molecular weight intracellular compounds play key roles in diverse physiological and biochemical functions including encoding genetic information and mediating energy metabolism. **OBJECTIVES:** To determine effects of different levels of dietary nucleotides (NT) on fatty acid profile in rainbow trout. **METHODS:** This experiment was carried out in 700 L circular tanks with 40 fish per tank. NT was added to the diet at a rate of 0.0, 0.05, 0.1, 0.15 and 0.2 percent. Fish with average weight of 11.35±0.32 g were fed 5 times a day (3-5% of body weight) over 8 weeks. **RESULTS:** After 56 days of feeding, Eicosapentaenoic acid and Linolenic acid levels increased in fish fed on 0.2% NT compared to the control group. No significant difference ($p>0.05$) was in polyunsaturated fatty acids (PUFA), n-3, n-6, n3/n6 and saturated fatty acids (SFA) among groups. **CONCLUSIONS:** It can be concluded that dietary nucleotides exerted positive effects on fatty acid composition in rainbow trout.

Key words: fatty acid composition, muscle, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)*, dietary nucleotides

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Ingredients of test diets.

Table 2. Approximate composition of test diets as rainbow trout feed.

Table 3. Fatty acids profile of the basal diet (un: undetectable).

Table 4. Effects of different levels of dietary nucleotides on fatty acids profile in rainbow trout muscle. Different superscripts within a row show significant difference ($p<0.05$). nd: non-detectable.

***Corresponding author's email: keyvan56@yahoo.com, Tel: 0632-4234725, Fax: 0632-4234725**