تاثیر جایگزینی کامل روغن ماهی با روغن‌های گیاهی بر روی پارامترهای رشد و پروفیل اسیدهای چرب در دوره انگشت قد ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) و بررسی این پروفیل پس از تغذیه دوباره با روغن ماهی

ابراهیم حسین نجد گرامی

e.gerami@urmia.ac.ir

پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۲ **تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۲**

چکیده:

در این تحقیق تاثیر جایگزینی کامل روغن‌های گیاهی (پنبه دانه، سویا و هسته انگور) با روغن ماهی و همچنین برگشت دوباره به غذای تجاری، بر روی پارامترهای رشد، بقاء و متابولیسم اسیدهای چرب در جیره غذایی بچه ماهیان آزاد دریای خزر بررسی شد. برای این منظور بچه ماهیان در ۴ تیمار غذایی (۱۰۰ درصد روغن ماهی، ۱۰۰ درصد پنبه دانه، ۱۰۰ درصد هسته انگور و ۱۰۰ درصد سویا) به مدت ۶۰ روز مورد بررسی قرار گرفتند. پس از طی دوره پرورش نتایج طرح نشان داد که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی تاثیر معنی دار بر افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و بقاء در بچه ماهیان نداشته است ($P>0.05$). همچنین آنالیز بافت ماهیچه پس از طی دوره پرورش نشان داد که تجمع اسیدهای چرب لینولئیک (C18:2n6) و لینولنیک (C18:3n3) در بافت بچه ماهیان در تیمارهای روغن‌های گیاهی دارای بالاترین مقدار بود و استفاده از روغن‌های گیاهی با توجه به افزایش میزان EPA و DHA در بافت ماهیان، مسیر غیر اشباع سازی (Desaturation) و بلند زنجیره سازی (Elongation) اسیدهای چرب سری C18 PUFA را تحریک می کند اگرچه بالاترین مقادیر EPA, DHA و آراشیدونیک اسید در تیمار روغن ماهی مشاهده شد. پس از ۲ ماه پرورش با تیمارهای غذایی، نتایج برگشت به غذای تجاری نشان داد که میزان تجمع کل اسیدهای چرب اشباع، لینولئیک و لینولنیک اسید همچنان در بافت بچه ماهیان تغذیه شده با تیمارهای روغن‌های گیاهی با بچه ماهیانی که از تیمار روغن ماهی استفاده کردند متفاوت است.

کلمات کلیدی: ماهی آزاد دریای خزر ، روغن‌های گیاهی، اسید چرب، متابولیسم

*نویسنده مسئول:

مقدمه

رشد سریع صنعت آبزی پروری در طول سه دهه گذشته وابستگی آن را به پودر و روغن ماهی افزایش داده است (Tacon, 2004). این ترکیبات از اجزاء مهم تشکیل دهنده جیره ماهیان پرورشی بوده و دارای ارزش اقتصادی بالایی هستند. با توجه به مصرف بالای آنها در بخش تولیدات حیوانی، نگرانی در مورد توسعه پایدار صنعت آبزی پروری در سالهای آینده افزایش یافته است (Francis *et al*, 2007). بنابراین در طول سالهای گذشته، بیشتر تحقیقات در بخش تغذیه آبزیان با هدف جایگزینی بخشی از روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در جیره های غذایی متمرکز شده است.

روغن‌های گیاهی از منابع تجدید شونده به شمار می روند که از نظر تجاری به راحتی قابل دسترس هستند و میزان تولید آن‌ها در سال ۲۰۰۳-۲۰۰۲ بیشتر از ۹۱/۸ میلیون تن بوده در حالیکه در همان سال میزان تولید روغن ماهی ۱/۲ میلیون تن بوده است (Beckman & krypetz, 2002). ماهی مانند سایر جانداران برای تداوم فعالیت‌های فیزیولوژیکی به اسیدهای چرب ضروری احتیاج دارد که باید در جیره این جانداران فراهم شود. تحقیقات اخیر نشان داده که اسیدهای چرب موجود در بافت ماهیان رابطه مستقیمی با اسیدهای چرب موجود در جیره دارد (Francis *et al.,* 2006; Bell *et al.,* 2003). اسید لینولنیک ($C18:3n_3$) و اسید لینولئیک ($C18:2n_6$) از اسیدهای چرب مهم در جانوران به شمار می روند که بدن جانداران قادر به سنتز این اسیدهای چرب نبوده و باید در جیره غذایی جانوران موجود باشد. این اسیدهای چرب حلقه اول تغییر و تبدیلات سنتز اسیدهای چرب بلند زنجیره هستند. با توجه به نتایج تحقیقات اخیر تقریبا تمام ماهیان آب شیرین قابلیت تبدیل اسید چرب اسید لینولئیک به $24:4n_6$ (اسید آراشیدونیک) و اسید لینولنیک به 20:5n3 (ایکوزپنتائنوئیک اسید) و در نهایت 22:6n3 (دیکوز هگزانوئیک اسید) را دارا هستند (Kanazawa *et al.,* 1979; Sargent *et al.,* 2002).

آزاد ماهیان متعلق به یکی از قدیمی ترین گروههای مهره‌داران می‌باشند که در حال حاضر، به همراه بیش از ۲۵۰۰۰ گونه ماهی به تکامل خود ادامه می‌دهند. ماهی آزاد دریای خزر با نام علمی *Salmo trutta caspius* یکی از ۹ زیر گونه قزل‌آلای قهوه ای (*Salmo trutta*) در جهان است (Quillet *et al.,* 1992) که به علت صید بی رویه، نابودی محل‌های تخمریزی مولدین و همچنین آلودگی محل‌های زندگی آن در معرض خطر انقراض قرار گرفته است (Kiabi *et al*., 1999).

چربیها از اجزاء مهم غذایی ماهیان به شمار می روند که به عنوان منبع تولید انرژی، اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی به شمار می رود (Sargent *et al.,* 1997). اطلاعات در مورد متابولیسم اسیدهای چرب و همچنین میزان مناسب جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی به طوریکه کیفیت و میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره (HUFA) افت نکند در جیره این ماهیان کمیاب است. این ماهیان با توجه به شرایط خاص تکاملی خود که قسمتی از مراحل تکاملی خود را در آب شور و لب شور و قسمتی از آن را در آب شیرین سپری می کنند از لحاظ تحقیقات تغذیه ای حائز اهمیت هستند. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی قابلیت بلند زنجیره سازی (Elongation)، غیر اشباع سازی (Desaturation) و همچنین امکان جایگزینی روغن ماهی با انواع روغن‌های گیاهی در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش کار

مطالعه حاضر در پژوهشکده آرتمیا و آبزیان دانشگاه ارومیه انجام گرفت. لاروهای مورد مطالعه از کارگاه تکثیر شهید باهنر کلاردشت در استان مازندران تهیه شدند. لاروها با تراکم مناسب به سالن تکثیر پرورش آبزیان پژوهشکده منتقل شدند و بوسیله غذای زنده (آرتمیا) و غذای کنسانتره در درجه حرارت ۱۳ درجه سانتیگراد تا وزن مورد نظر پرورش داده شدند. میانگین وزنی لاروها در شروع تحقیق حدود ۰/۸± ۳/۶ گرم بود و با تراکم ۲ عدد در لیتر در حوضچه های فایبرگلاس ۴۵ لیتری ذخیره سازی شدند. آب چاه مورد استفاده از ابتدا توسط دستگاهی مجهزبه UV ضد عفونی شد. برای رفع کمبود اکسیژن، از هواده در داخل حوضچه ها استفاده شد. درجه حرارت آب در طول اجرای طرح ثابت و ۱۵ درجه سانتیگراد بود. pH و اکسیژن محلول آب ورودی به ترتیب ۸ و ۷/۸ میلی گرم در لیتر بود. رژیم نوری مورد استفاده شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود .

مقدار غذا طبق جدول غذا دهی مورد استفاده در قزل آلا بر حسب درجه حرارت و وزن لاروها محاسبه و به صورت دستی در ۳ نوبت (8:00, 14:00, 19:00) انجام می گرفت. طرح در دو مرحله انجام شد. در مرحله اول بچه ماهیان با سه جیره فرموله شده

ایزوکالریفیک (iso-calorific)، ایزونیتروژنوس (*iso-nitrogenus*)و ایزولیپیدیک (*iso-lipidic*) که حدودا حاوی ۴۷-۴۶ درصد پروتئین و ۲۴ درصد چربی خام بودند (جدول ۱) به مدت ۶۰ روز تغذیه شدند. اختلاف این جیره ها در نوع روغن مورد استفاده بوده است که در تیمار اول ۱۰۰ درصد روغن ماهی، در تیمار دوم ۱۰۰ درصد روغن پنبه دانه، در تیمار سوم ۱۰۰ درصد روغن هسته انگور و در تیمار چهارم ۱۰۰ درصد روغن سویا استفاده شد. در پایان مرحله اول طرح بچه ماهیان زیست سنجی شدند و پارامترهای ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب رشد ویژه (SGR) و افزایش وزن بدن بر اساس فرمولهای زیر محاسبه شدند .

افزایش وزن بدن =وزن نهایی- وزن اولیه

ضریب رشد ویژه =(وزن نهایی Ln – وزن اولیه Ln)/ روزهای پرورش

افزایش وزن= ضریب تبدیل غذایی /میزان غذای داده شده

در مرحله دوم پس از نمونه برداری مرحله اول، بچه ماهیان دوباره به مدت یک ماه دیگر با غذای تجاری تغذیه شدند (Washout) تا تاثیرات تغذیه مرحله اول پس از یک ماه تغذیه دوباره با روغن ماهی بررسی شود. داده های مربوط به آنالیز غذای تجاری در جدول ۱، ترکیب تقریبی جیره های مورد استفاده در جدول شمار ۲ و ترکیب اسیدهای چرب آنها در جدول شماره ۳ آمده است.

در ابتدای طرح تعداد ۳ عدد بچه ماهی برای آنالیز و تعیین میزان اولیه اسیدهای چرب در گوشت بچه ماهیان نمونه برداری شدند. همچنین در انتهای طرح ۳ بچه ماهی از هر حوضچه انتخاب و بوسیله یک چاقوی جراحی قطعه ای از گوشت بین باله شکمی و پشتی آنها گرفته شد و پس از جدا کردن پوست و چربی‌های اضافی، گوشت‌ها باهم مخلوط و یک نمونه به صورت تصادفی از آن برای آنالیز اسیدهای چرب بر داشته شد. قبل از انتقال به آزمایشگاه نمونه ها در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

اندازه گیری درصد چربی با استفاده از روش سوکسله و آماده سازی نمونه برای آنالیز اسیدهای چرب با استفاده از روش Lieboritz و همکارانش در سال ۱۹۷۸ و دستگاه گاز کرماتوگراف Dani GC 1000 (Alltech ECONO-CAPEC-1000 ، 30 m * 0.32mm ID * 0.25 µm) انجام گرفت.

برای آنالیز داده های حاصل از زیست سنجی و آنالیز اسیدهای چرب از از برنامه آماری Spss استفاده شد. داده ها در مرحله اول از بابت همسان بودن واریانس ها (Homogeneity of variances) مورد بررسی قرار گرفتند و بعد از اطمینان از همسانی واریانس ها، آنالیز واریانس یک طرفه در سطح معنی دار ۹۵ درصد اجرا شد. برای تعیین معنی دار بودن بین میانگین ها از تست دانکن استفاده شد.

جدول ۱: آنالیز غذای تجاری مورد استفاده در مرحله دوم آزمایش

پروتئین خام ٪	چربی خام ٪	انرژی قابل هضم (Kcal/kg)	فیبر خام ٪	فسفر قابل جذب ٪	رطوبت ٪
۴۸	۲۴	۴۳۰۰	۱/۹	۰/۹	۱۰

جدول ۲: ترکیب و اجزاء جیره های غذایی مورد استفاده در مرحله اول طرح (گرم در ۱۰۰ گرم جیره)

	روغن ماهی	روغن پنبه دانه	روغن هسته انگور	روغن سویا
پودر ماهی	۵۱/۷	۵۱/۷	۵۱/۷	۵۱/۷
پودر سویا	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
آرد گندم	۹/۳	۹/۳	۹/۳	۹/۳
روغن ماهی	۱۱	-	-	-
روغن پنبه دانه	-	۱۱	-	-
روغن هسته انگور	-	-	۱۱	-
روغن سویا	-	-	-	۱۱
میکرو نوترینت‌ها	۵	۵	۵	۵
ترکیب تقریبی جیره ها (گرم در ۱۰۰ گرم جیره)				
پروتئین	۴۶/۷	۴۷/۱	۴۶/۵	۴۸
روغن	۲۳/۵	۲۴/۱	۲۵	۲۴/۹
خاکستر	۹/۸	۹/۸	۹/۶	۹/۷۵
رطوبت	۷/۷	۷/۸	۶/۹	۷/۸

نتایج

در این تحقیق از ۴ جیره ایزونیتروژنوس (*iso-nitrogenus*) و ایزولیپیدیک (*iso-lipidic*) استفاده شد و فرق عمده این جیره‌ها در ترکیب اسیدهای چرب آنها بوده است (جدول ۲ و ۳). با توجه به داده های جدول ۳، میزان اسیدهای چرب اشباع (*Saturated*)، (EPAایکوزاپنتانوئیک اسید)، DHA (دکوزاهگزانوئیک اسید) و همچنین میزان کل n3 در تیمار روغن ماهی به طور معنی داری از سه تیمار دیگر بالاتر بود (P<0.05, d.f. =۳، F= ۱۴/۳)

همچنین با توجه به داده های جدول ۳ میزان کل اسیدهای چرب تک غیراشباع (*monoenoeic*) در تیمار روغن پنبه دانه از سایر تیمارها بالاتر بود (P<0.05, d.f. =۳، F= ۲۶/۳) در حالیکه میزان کل اسیدهای چرب n6 در تیمارهای حاوی روغن های گیاهی به طور معنی داری بالاتر (بیش از ۴/۵ برابر) از تیمار روغن ماهی بود (P<0.05, d.f. =۳، F= ۲۶/۹)

نتایج تحقیق نشان داد که جایگزینی کامل روغن ماهی با روغنهای گیاهی در بچه ماهی آزاد دریای خزر تاثیر معنی داری بر افزایش رشد، ضریب رشد ویژه و زنده مانی بچه ماهیان ندارد ولی پایین ترین میانگین (±SD) ضریب تبدیل غذایی (۱/۳±۰/۰) در تیمار روغن پنبه دانه مشاهده شد که اختلاف معنی دار با ضریب تبدیل غذایی تیمار هسته انگور داشت که دارای بالاترین میانگین (±SD) ضریب تبدیل غذایی(۲/۸±۱/۱) بود (جدول ۴).

ترکیب اسیدهای چرب بچه ماهیان پس از طی دوره پرورش و تغذیه با روغنهای گیاهی دارای تغییرات معنی دار بود (جدول ۵). نتایج این تحقیق نشان داد که بالاترین میزان اسیدهای چرب اشباع در تیمار روغن ماهی دیده شد که اختلاف معنی دار با سایر تیمارهای غذایی داشت (P<0.05, d.f. =۳، F= ۱۲/۳). به طور کلی میزان اسیدهای چرب اشباع در تیمارهای روغنهای گیاهی پایین تر از تیمار روغن ماهی بود. همچنین نتایج نشان داد که الگوی تجمع این دسته از اسیدهای چرب در بدن بچه ماهیان پس از ۶۰ روز، از الگوی افزایش آنها در جیره غذایی پیروی می کند (جدول ۶).

جدول ۳: میانگین (±SD) اسیدهای چرب جیره ها (میلی گرم اسید چرب بر گرم چربی).

	۱۰۰٪ روغن سویا	۱۰۰٪ روغن هسته انگور	۱۰۰٪ روغن پنبه دانه	۱۰۰ درصد روغن ماهی
14:0	۴/۸±۰/۳^{b}	۵/۲±۱/۰^{b}	۴/۲±۰/۹۵^{b}	۲۱/۷±۱/۳^{a}
16:0	۲۳/۲±۰/۸^{d}	۲۶/۸±۰/۷^{c}	۳۱/۹±۱/۷^{b}	۶۳/۸±۱/۶^{a}
18:0	۱۰/۶±۰/۹^{b}	۹/۷±۰/۵^{b}	۱۰/۵±۰/۶^{b}	۱۲/۶±۰/۶^{a}
Total saturated	۳۸/۷±۰/۳^{c}	۴۱/۸±۱/۳^{c}	۴۶/۶±۳/۱^{b}	۹۸/۱±۲/۳^{a}
C16:1n7	۵/۲±۱/۰^{b}	۵/۹±۰/۶^{b}	۵/۵±۱/۰^{b}	۹۲/۳±۰/۷^{a}
C18:1n9	۱۵۵/۸±۲/۸^{b}	۱۵۶/۳±۳/۰^{b}	۱۷۴/۶±۱/۵^{a}	۵۱/۷±۱/۶^{c}
C20:1n9	۱۱/۱±۰/۷^{b}	۱۱/۴±۰/۶^{b}	۱۲/۳±۰/۶^{b}	۳۵/۱±۱/۰^{a}
Total monoenoeic	۱۷۲/۳±۳/۹^{c}	۱۷۳±۲/۳^{c}	۱۹۲/۶±۱/۲^{a}	۱۷۹/۰±۲/۷^{b}
C18:2n6	۵۸/۶±۳/۵^{a}	۵۹/۶±۲/۷^{a}	۶۳/۶±۲/۰^{a}	۱۰/۶ ±۱/۵^{b}
C20:2n6	ND	ND	ND	۰/۴۲±۰/۰
C20:4n6	۱/۲±۰/۱^{b}	۰/۷±۰/۰^{c}	۰/۸±۰/۱^{c}	۲/۲±۰/۱^{a}
Total n6	۵۹/۹±۳/۴^{a}	۶۰/۳±۲/۷^{a}	۶۴/۴±۲/۰^{a}	۱۳/۳±۱/۵^{b}
C18:3n3	۳۱/۶±۱/۵^{b}	۳۲/۶±۱/۴^{b}	۳۴/۸±۱/۲^{b}	۳۸/۴ ±۲/۷^{a}
C20:5n3(EPA)	۱/۷±۰/۵^{b}	۱/۴±۰/۰^{b}	۱/۳±۰/۰^{b}	۴/۳±۰/۵^{a}
C22:6n3(DHA)	۱۲/۱±۱/۴^{b}	۹/۳±۱/۰^{b}	۱۱/۹±۱/۲^{b}	۵۱/۰±۲/۶^{a}
Total n3	۴۵/۵±۲/۷^{c}	۴۳/۳±۱/۳^{bc}	۴۸/۰±۲/۰^{b}	۹۳/۸±۰/۳^{a}

داده ها در هر ردیف با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

جدول ۴: تاثیر تیمارهای غذایی بر روی پارامترهای رشد در بچه ماهیان آزاد دریای خزر (میانگین (±SD))

	۱۰۰ درصد روغن ماهی	۱۰۰٪ روغن پنبه دانه	۱۰۰٪ روغن هسته انگور	۱۰۰ درصد روغن سویا
وزن اولیه (گرم)	۳/۶± ۰/۸	۳/۶± ۰/۸	۳/۶± ۰/۸	۳/۶± ۰/۸
وزن نهایی (گرم)	۲۲/۵± ۱/۳	۲۶/۹± ۲/۹	۲۱/۷± ۵/۲	۲۱/۵± ۲/۱
افزایش رشد (گرم)	۱۸/۹± ۱/۳	۲۳/۳± ۲/۹	۱۸/۱± ۵/۲	۱۷/۹± ۲
ضریب تبدیل غذایی	۲ ± ۰/۴^{ab}	۱/۳± ۰/۰^{a}	۲/۸± ۱/۱^{b}	۱/۷± ۰/۴^{ab}
ضریب رشد ویژه	۲/۵± ۰/۰	۲/۷± ۰/۱	۲/۴± ۰/۳	۲/۴± ۰/۱
بقاء (٪)	۵۱/۶± ۱۱/۱	۶۲/۷± ۱۰/۸	۵۹/۸± ۴/۱	۴۵/۵± ۸/۵

داده ها با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

جدول۵: ترکیب اسیدهای چرب در بافت بچه ماهیان آزاد دریای خزر بعد از تغذیه با تیمارهای غذایی (میانگین (±SD) میلی گرم اسید چرب بر گرم چربی)

	۱۰۰٪ روغن ماهی	۱۰۰٪ روغن پنبه دانه	۱۰۰٪ روغن هسته انگور	۱۰۰٪ روغن سویا
14:0	۱۰/۴± ۱/۷ ^{a}	۴/۲± ۰/۷^{b}	۵/۳± ۱/۶^{b}	۴±۰/۵^{b}
16:0	۹۶/۷± ۸/۲^{a}	۵۹/۱± ۱۲/۷^{b}	۵۵/۱± ۷^{b}	۵۳/۱± ۱۲^{b}
18:0	۲۳/۲± ۴/۲^{a}	۱۹/۴± ۲/۶^{ab}	۱۷/۵± ۱/۷^{b}	۱۸/۴± ۲/۱^{ab}
Total saturated	۱۳۰/۱± ۹/۳^{a}	۸۲/۸± ۱۶/۹^{b}	۷۷/۸± ۱۰/۳^{b}	۷۵/۵± ۱۳/۸^{b}
C16:1n7	۳۶/۲± ۶/۶^{a}	۱۰/۱± ۶/۶^{b}	۱۶/۱± ۱/۳^{b}	۱۶/۱± ۳/۶^{b}
C18:1n9	۱۳۳/۳± ۱۳/۲^{c}	۲۲۶/۷± ۸/۷^{ab}	۲۵۲/۲± ۸/۷^{a}	۲۰۰± ۲۳/۱^{b}
C20:1n9	۵۶/۱± ۸/۸^{a}	۲۸/۷± ۲/۳^{b}	۳۵/۱± ۹/۱^{b}	۳۷/۷± ۱۳/۳^{b}
Total monoenoeic	۲۲۵/۵± ۱۰/۱^{c}	۲۶۵/۱± ۱۲^{b}	۳۰۳/۱± ۹/۶^{a}	۲۵۳/۷± ۳۳/۳^{bc}
C18:2n6	۲۰± ۵/۲^{c}	۷۴/۵± ۱۱/۵^{b}	۹۵/۹± ۱۱/۶^{a}	۷۷/۳± ۹/۳^{b}
C20:2n6	۲/۷± ۰/۷^{b}	۹/۲± ۱/۳^{a}	۶/۶± ۱/۳^{a}	۶/۹± ۱/۹^{a}
C20:4n6	۳/۹± ۰/۴^{a}	۲/۸± ۰/۲^{b}	۳/۵± ۰/۴^{ab}	۲/۶± ۰/۱^{b}
Total n6	۲۶/۷± ۵/۹^{c}	۸۶/۵± ۹/۷^{b}	۱۰۷/۲± ۱۲/۶^{a}	۸۶/۷± ۷/۹^{b}
C18:3n3	۱۱/۳± ۱/۷^{b}	۳۶/۵± ۴/۶^{a}	۳۲/۷± ۳/۳^{a}	۳۲/۱± ۷/۳^{a}
C20:5n3(EPA)	۵۲/۷± ۷/۲^{a}	۲۱/۷± ۴/۳^{b}	۱۷/۷± ۲/۱^{b}	۲۲/۹± ۲/۸^{b}
C22:6n3(DHA)	۱۱۹/۱± ۱۳/۴^{a}	۵۴/۵± ۹/۵^{b}	۵۲/۱± ۱/۷^{b}	۶۰/۳± ۱۱/۷^{b}
Total n3	۱۸۳/۱± ۱۶/۵^{a}	۱۱۲/۷± ۸^{b}	۱۰۲/۵± ۳^{b}	۱۱۵/۹± ۱۷/۱^{b}

داده ها در هر ردیف با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

بالاترین و پایین ترین میزان اسیدهای چرب تک اشباع به ترتیب در جیره های غذایی حاوی روغن هسته انگور و روغن ماهی مشاهده شد که اختلاف معنی دار با سایر تیمارهای غذایی داشتند ($F=$ ۸/۵، $P<0.05$, d.f. =۳). تجمع این دسته از اسیدهای چرب در بدن بچه ماهیان پس از ۶۰ روز، دارای اختلافاتی با میزان آنها در جیره در گروه اسیدهای چرب n6، بالاترین مقدار C18:2n6 و n6 و همچنین تجمع آن در بافت بچه ماهیان، در تیمار غذایی روغن هسته انگور مشاهده شد که اختلاف معنی دار با سایر تیمارها داشت ($P<0.05$, d.f. =۳،$F=$ ۳۴). همچنین میزان تجمع آن در تیمار روغن ماهی منفی بوده که نشان دهنده مصرف کامل این اسیدچرب در بافت بچه ماهیان بوده است. استفاده از تیمار غذایی روغن ماهی و هسته انگور در جیره غذایی بچه ماهیان، میزان تجمع اسید های غذایی بوده در حالیکه بالاترین میزان اسیدهای چرب تک اشباع در جیره ها، در تیمار روغن پنبه دانه محاسبه شده بود با اینحال در انتهای دوره میزان تجمع آن در تیمار غذایی روغن هسته انگور بالا بود اگر چه اختلاف معنی دار با روغن پنبه دانه نداشت (جدول ۶).

آراشیدونیک را نسبت به تیمارهای روغن پنبه دانه و سویا، به طور معنی داری افزایش داد و پایین ترین میزان آن در بافت ماهیان، در تیمار غذایی روغن سویا مشاهده شد (جدول ۵ و۶).

نکته جالب در اسیدهای چرب این خانواده، در اسید چرب C20:2n6 مشاهده می شود که میزان آن در جیره های حاوی روغن‌های گیاهی بسیار ناچیز بود (Non detection) در حالیکه

میزان تجمع آن در بافت بچه ماهیان در این تیمارها ۱۲/۵ -۸/۱ برابر میزان آن در جیره حاوی روغن ماهی بود (جدول ۳و۷).
الگوی تجمع اسید چرب C18:3n3 در بافت بچه ماهیان برخلاف مقادیر این اسید چرب در جیره های غذایی بود. بالاترین میزان این اسیدچرب در جیره ها در تیمار روغن ماهی مشاهده شد در حالیکه میزان تجمع این اسیدچرب در بافت ماهیان در تیمارهای غذایی روغن‌های گیاهی ۴ برابر میزان آن در تیمار روغن ماهی بود (جداول ۳، ۶ و ۸). الگوی تجمعی میزان کل اسیدهای چرب n3 و همچنین EPA, DHA از الگوی مقادیر این اسیدهای چرب در جیره ها پیروی می‌کند و بالاترین مقادیر آنها در جیره غذایی حاوی روغن ماهی مشاهده شد (جداول ۳، ۵، ۶ و ۸).

جدول ۶: تجمع مقادیر مختلف گروههای اسید چرب در بدن بچه ماهیان (میانگین (±SD) میلی گرم اسید چرب در گرم چربی)

	SFA	MUFA	PUFA n3	PUFA n6
محتوای اولیه بدن				
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۴۶/۲ ± ۳/۵	۳۷/۰ ± ۰/۸	۲۵/۹ ± ۱/۴	۴۷/۷ ± ۰/۷
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۴۶/۲ ± ۳/۵	۳۷/۰ ± ۰/۸	۲۵/۹ ± ۱/۴	۴۷/۷ ± ۰/۷
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۴۶/۲ ± ۳/۵	۳۷/۰ ± ۰/۸	۲۵/۹ ± ۱/۴	۴۷/۷ ± ۰/۷
۱۰۰٪ روغن سویا	۴۶/۲ ± ۳/۵	۳۷/۰ ± ۰/۸	۲۵/۹ ± ۱/۴	۴۷/۷ ± ۰/۷
محتوی نهایی بدن				
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۱۳۰/۱± ۹/۳^{a}	۲۲۵/۵± ۱۰/۱^{c}	۱۸۳/۱± ۱۶/۵^{a}	۲۶/۷± ۵/۹^{c}
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۸۲/۸± ۱۶/۹^{b}	۲۶۵/۱± ۱۲^{b}	۱۱۲/۷± ۸^{b}	۸۶/۵± ۹/۷^{b}
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۷۷/۸± ۱۰/۳^{b}	۳۰۳/۱± ۹/۶^{a}	۱۰۲/۵± ۳^{b}	۱۰۷/۲± ۱۲/۶^{a}
۱۰۰٪ روغن سویا	۷۵/۵± ۱۳/۸^{b}	۲۵۳/۷± ۳۳/۳^{bc}	۱۱۵/۹± ۱۷/۱^{b}	۸۶/۷± ۷/۹^{b}
میزان تجمع در بدن				
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۸۳/۷ ± ۹/۴^{a}	۱۸۸/۵ ± ۱۰/۰^{b}	۱۵۷/۵ ± ۱۶/۵^{a}	-۲۰/۵ ± ۶/۲^{c}
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۳۷/۶ ± ۱۷/۵^{b}	۲۲۷/۸ ± ۱۲/۰^{ab}	۸۶/۸ ± ۷/۹^{b}	۳۹/۳ ± ۹/۷^{b}
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۳۱/۵ ± ۱۰/۶^{b}	۲۶۶/۳ ± ۹/۳^{a}	۷۹/۰ ± ۳/۵^{b}	۶۰/۲ ± ۱۲/۷^{a}
۱۰۰٪ روغن سویا	۲۸/۸ ± ۱۴/۷^{b}	۲۱۴/۵ ± ۳۶/۲^{b}	۹۰/۵ ± ۱۷/۱^{b}	۴۰/۳ ± ۸/۴^{b}

داده ها در هر ستون با حروف مختلف در سطح **α = 0.05** دارای اختلاف معنی دار هستند.
SFA مجموع اسیدهای چرب اشباع، **MUFA** مجموع اسیدهای چرب تک غیر اشباع،
PUFA n3 مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع

جدول ۷- تجمع مقادیر مختلف اسیدهای چرب گروه n6 در بدن بچه ماهیان
(میانگین (±SD) میلی گرم اسید چرب در گرم چربی)

	c182n6	c202n6	c204n6
محتوای اولیه بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۴۴/۴ ± ۰/۷	۱/۷ ± ۰/۱	۰/۷ ± ۰/۱
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۴۴/۴ ± ۰/۷	۱/۷ ± ۰/۱	۰/۷ ± ۰/۱
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۴۴/۴ ± ۰/۷	۱/۷ ± ۰/۱	۰/۷ ± ۰/۱
۱۰۰٪ روغن سویا	۴۴/۴ ± ۰/۷	۱/۷ ± ۰/۱	۰/۷ ± ۰/۱
محتوی نهایی بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۲۰± ۵/۲^{c}	۲/۷± ۰/۷^{b}	۳/۹± ۰/۴^{a}
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۷۴/۵± ۱۱/۵^{b}	۹/۲± ۱/۳^{a}	۲/۸± ۰/۲^{b}
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۹۵/۹± ۱۱/۶^{a}	۶/۶± ۱/۳^{a}	۳/۵± ۰/۴^{ab}
۱۰۰٪ روغن سویا	۷۷/۳± ۹/۳^{b}	۶/۹± ۱/۹^{a}	۲/۶± ۰/۱^{b}
میزان تجمع در بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	-۲۴/۳ ± ۵/۷^{c}	۰/۶ ± ۱/۲^{b}	۳/۳ ± ۰/۴^{a}
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۳۰/۱ ± ۱۱/۳^{b}	۷/۵ ± ۱/۳^{a}	۲/۰ ± ۰/۲^{b}
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۵۱/۵ ± ۱۱/۶^{a}	۴/۹ ± ۱/۳^{a}	۳/۹ ± ۰/۲^{a}
۱۰۰٪ روغن سویا	۳۲/۹ ± ۹/۲^{b}	۵/۲ ± ۱/۹^{a}	۲/۱ ± ۰/۰^{b}

داده ها در هر ستون با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

پس از طی دوره پرورش (۶۰ روز) و تغذیه با تیمارهای غذایی، بچه ماهیان دوباره به مدت یک ماه با جیره تجاری تغذیه شدند تا تغییرات اسیدهای چرب در بافت آن‌ها پس از بازگشت دوباره به غذای تجاری پس از یک ماه دوباره بررسی شود. نتایج بازگشت به جیره تجاری نشان داد که الگوی ترکیب اسید چرب 16:0 و C18:1n9 و همچنین میزان کل اسیدهای چرب اشباع و تک اشباع از الگوی ترکیب بافت تیمارهای غذایی پیروی می کند و همچنان بچه ماهیانی که از تیمار غذایی روغن ماهی استفاده کرده بودند دارای بالاترین مقادیر اسیدهای چرب اشباع هستند (۳۰/۱ =F،۳ =d.f. ,P<0.05) و حتی این میزان افزایش پیدا کرده بود (جداول ۵و۹) و همچنین بچه ماهیانی که از تیمارهای روغن‌های گیاهی استفاده کردند دارای بالاترین میزان اسیدهای چرب تک غیر اشباع هستند.

ترکیب اسیدهای چرب C18:22n6 ، n6، C18:3n3 همچنان از الگوی این اسیدها در تغذیه با روغن‌های گیاهی پیروی می کرد که البته در مورد اسیدهای چرب C20:4n6، EPA, DHA و میزان کل اسیدهای چرب n3 این اختلافات معنی دار نبوده و با بازگشت به غذای تجاری بعد از ۱ ماه دوباره میزان این اسیدهای چرب به حالت اولیه برگشته بود.

جدول ۸- تجمع مقادیر مختلف اسیدهای چرب گروه n3 در بدن بچه ماهیان (میانگین (±SD) میلی گرم اسید چرب در گرم چربی)

	C18:3n3	C20:5n3	C22:6n3
محتوای اولیه بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۳/۸ ± ۰/۰	۲/۷ ± ۰/۱	۱۹/۳ ± ۱/۲
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۳/۸ ± ۰/۰	۲/۷ ± ۰/۱	۱۹/۳ ± ۱/۲
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۳/۸ ± ۰/۰	۲/۷ ± ۰/۱	۱۹/۳ ± ۱/۲
۱۰۰٪ روغن سویا	۳/۸ ± ۰/۰	۲/۷ ± ۰/۱	۱۹/۳ ± ۱/۲
محتوی نهایی بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۱۱/۳± ۱/۷[b]	۵۲/۷± ۷/۲[a]	۱۱۹/۱± ۱۳/۴[a]
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۳۶/۵± ۴/۶[a]	۲۱/۷± ۴/۳[b]	۵۴/۵± ۹/۵[b]
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۳۲/۷± ۳/۳[a]	۱۷/۷± ۲/۱[b]	۵۲/۱± ۱/۷[b]
۱۰۰٪ روغن سویا	۳۲/۱± ۷/۳[a]	۲۲/۹± ۲/۸[b]	۶۰/۳± ۱۱/۷[b]
میزان تجمع در بدن			
۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۷/۵ ± ۱/۷[b]	۵۰/۰ ± ۲/۴[a]	۹۹/۹ ± ۱۳/۶[a]
۱۰۰ ٪ روغن پنبه دانه	۳۲/۷ ± ۴/۵[a]	۱۹/۰ ± ۴/۱[b]	۳۵/۲ ± ۹/۷[b]
۱۰۰ ٪ روغن هسته انگور	۲۸/۹ ± ۳/۲[a]	۱۷/۳ ± ۶/۰[b]	۳۲/۸ ± ۱/۷[b]
۱۰۰٪ روغن سویا	۲۸/۳ ± ۴/۲[a]	۲۰/۲ ± ۲/۸[b]	۴۱/۵ ± ۱۱/۶[b]

داده ها در هر ستون با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

جدول ۹: ترکیب اسیدهای چرب در ماهیچه بچه ماهیان آزاد دریای خزر در تیمارهای مختلف پس از بازگشت به جیره تجاری (میانگین (±SD) میلی گرم اسید چرب بر گرم چربی)

	۱۰۰ ٪ روغن ماهی	۱۰۰٪ روغن پنبه دانه	۱۰۰٪ روغن هسته انگور	۱۰۰٪ روغن سویا
14:0	۴۵/۱± ۲/۵	۴۰/۸± ۴/۲	۴۴/۸± ۶/۳	۴۳±۴/۴
16:0	۱۵۲/۷± ۲/۸[a]	۱۲۹/۸± ۸/۶[b]	۱۲۵/۱± ۷/۴[b]	۱۲۸/۱± ۸[b]
18:0	۲۴/۴± ۴/۱	۲۴/۵± ۴/۱	۲۵/۳± ۸/۳	۲۴/۱± ۸/۱
Total saturated	۲۲۱/۸± ۲/۳[a]	۱۹۵/۲± ۶/۳[b]	۱۹۵/۲± ۳/۶[b]	۱۹۵/۷± ۴/۴[b]
C16:1n7	۵۵/۲± ۰/۸	۵۳/۶± ۴/۲	۵۶/۱± ۸	۴۷/۶± ۷/۵
C18:1n9	۱۰۰/۱± ۶/۱[b]	۱۵۲± ۸[a]	۱۳۷/۳± ۱۴/۱[a]	۱۳۶/۵± ۸/۱[a]
C20:1n9	۲۹/۸± ۵/۱	۲۹/۳± ۴/۵	۳۳/۱± ۸/۱	۳۳/۸± ۶/۲
Total monoenoeic	۱۸۵/۱± ۹/۵[b]	۲۳۴/۹± ۶/۲[a]	۲۲۶/۴± ۲۵/۹[a]	۲۱۸/۱± ۵/۸[a]
C18:2n6	۱۵/۴± ۳/۲[b]	۴۰/۱± ۱/۴[a]	۴۲/۸± ۸/۱[a]	۴۶/۶± ۵/۴[a]
C20:2n6	۲/۲± ۰/۶[b]	۳/۳± ۰/۷[ab]	۴/۱± ۰/۵[a]	۳/۶± ۱[ab]
C20:4n6	۵/۷± ۰/۶	۴/۴± ۰/۸	۴/۴± ۱	۴± ۱
Total n6	۲۳/۵± ۳/۱[b]	۴۷/۷± ۲/۱[a]	۵۱/۱± ۴/۶[a]	۴۹/۲± ۱۴/۴[a]
C18:3n3	۵/۸± ۱/۷[b]	۱۲/۹± ۰/۶[a]	۱۲/۸± ۱[a]	۱۲/۳± ۰/۴[a]
C20:5n3(EPA)	۱۸/۷± ۱/۱	۲۰/۲± ۶/۷	۱۸/۴± ۶/۵	۱۷/۶± ۶/۵
C22:6n3(DHA)	۹۳/۳± ۱۲/۲	۹۰/۹± ۸/۳	۹۰/۲± ۲/۵	۹۲/۲± ۱۰/۹
Total n3	۱۱۷/۹± ۱۴/۴	۹۰/۶± ۸/۳	۹۰/۹± ۲/۵	۹۲/۲± ۱۰/۹

داده ها در هر ردیف با حروف مختلف در سطح $\alpha = 0.05$ دارای اختلاف معنی دار هستند.

بحث

رشد سریع صنعت آبزی پروری و استفاده از منابع ماهیان دریایی برای استحصال پودر و روغن ماهی به عنوان اجزاء اصلی جیره ماهیان پرورشی، خطر کاهش شدید منابع دریایی را تشدید کرده است و بیم آن می رود که در سالهای آینده علاوه بر کاهش شدید این منابع ، رشد صنعت آبزی پروری نیز با مشکل مواجه شود. بنابراین جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های مختلف گیاهی از جمله روش‌های مورد نظر محققان برای جبران این کمبود به شمار می‌رود. مطالعات مختلف نشان داده است که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی با توجه به عدم وجود اسیدهای چرب بلند زنجیره در این روغن‌ها مسیر غیر اشباع سازی (Desaturation) و بلند زنجیره سازی (Elongation) را در ماهیان فعال می کند ولی در هر حال این فعالیتهای متابولیکی در جهت افزایش اسیدهای چرب بلند زنجیره، برای جبران کاهش اسیدهای چرب بلند زنجیره کافی نبوده و در نتیجه کمبود این اسیدهای چرب در بافت ماهیان احساس می شود (Turchini & Francis, 2009).

در این تحقیق روغن ماهی موجود در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر با روغن‌های گیاهی جایگزین شد که تاثیر معنی دار بر روی پارامترهای رشد در این گونه از آزاد ماهیان نداشت. نتایج در مورد تاثیرات استفاده از روغن‌های گیاهی بر روی رشد در ماهیان متناقض است. بطور مثال نتایج مشابه با تحقیق حاضر در برخی از مطالعات در مورد سالمون آتلانتیک (Rousenlund *et al.,* 2001 Torstensen *et al.,* 2003) و ماهی قزل آلا (Caballero *et al.,* 2002) مشاهده شده است در حالیکه استفاده از روغن‌های گیاهی در برخی از ماهیان مانند کاچارا (*Pseudoplatystoma coruscans*) (Martino *et al.,* 2002) و سی بریم (*Sparus auratus*) (Menoyo *et al.,* 2004) باعث تغییرات معنی دار در رشد این ماهیان شده است. به نظر می رسد دلیل این نتایج متناقص در میزان پودر ماهی مصرفی در جیره های ماهیان و همچنین قابلیت آن‌ها در مصرف چربی به عنوان انرژی و در نتیجه ذخیره پروتئین بیشتر می باشد. برای مثال ماهی سالمون آتلانتیک قابلیت ذخیره سازی پروتئین و استفاده از چربی به عنوان منبع انرژی را داراست در حالیکه در ماهیانی مانند کاد مورای (Murry cod) این قابلیت وجود ندارد و هر گونه تغییر در ترکیب اسیدهای چرب جیره با توجه به نقش این اسیدهای چرب در ساختار سلولی بر روی رشد این ماهیان تاثیر می گذارد (Francis *et al.,* 2007).

تحقیقات مختلف نشان داده است که ترکیب اسیدهای چرب بافت ماهیان تحت تاثیر پروفیل اسیدهای چرب جیره است (مقدارضریب همبستگی آنها بین ۰/۹۵ تا ۱ هست) (Bell *et al.,* 2001, 2003; Rousenlund *et al.,* 2001).

اسیدهای چرب جیره پس از مصرف در بدن جانوران، در ساختار سلولی و بافت‌ها ذخیره (Accumulation)، و یا برای سوخت و ساز و تولید انرژی (β-oxidation) مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به داده های حاصل از این تحقیق، تجمع اسیدهای چرب اشباع و تک غیر اشباع در بدن بچه ماهیان، بر اساس الگوی این اسیدهای چرب در جیره بوده است اگرچه میزان برخی از اسیدهای چرب و نسبت بین آن‌ها تغییراتی را نشان می دهد.

برای مثال می توان به کاهش میزان اسیدچرب 14:0 در بافت بچه ماهیان اشاره کرد که نشان از تغییر و تبدیل این اسید چرب به اسیدهای چرب دیگر دارد. همچنین می توان به تجمع اسیدهای چرب 16:0 و 18:0 اشاره کرد که بر خلاف میزان کم این اسیدهای چرب در جیره، میزان آنها در بافت بچه ماهیان زیاد شده بود.

میزان کل اسیدهای چرب تک غیراشباع در بافت ماهیان، بر اساس الگوی این اسیدهای چرب، در جیره نبوده و اگر چه بالاترین میزان آنها در جیره حاوی روغن پنبه دانه مشاهده شد ولی در انتهای دوره بالاترین میزان این دسته از اسیدهای چرب در بافت ماهیان، در تیمار روغن هسته انگور مشاهده شد که نشان دهنده این مسئله است که بچه ماهیان در تیمار روغن پنبه دانه، قسمت اعظم این دسته از اسیدهای چرب را برخلاف تیمار روغن هسته انگور، برای سوخت و ساز استفاده کرده‌اند. همچنین نسبت اسیدچرب C16: 1n7 در تیمار روغن ماهی به سایر تیمارها در جیره، تقریبا ۱۶ برابر بوده است که این نسبت در بافت بچه ماهیان به ۳ برابر رسیده است که نشان از سوخت و ساز بالای این اسید چرب در تیمار روغن ماهی بوده است نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج Bell و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در ارتباط با استفاده از روغن پنبه دانه در جیره غذایی ماهی سالمون آتلانتیک همخوانی دارد.

آنزیم‌های Δ-5 desaturase و Δ-6 مسئول غیر اشباع سازی اسید چرب لینولنیک به EPA و DHA و همچنین اسید چرب لینولئیک به اسید آراشیدونیک در بدن ماهیان هستند (Turchini & Francis, 2009). در این تحقیق میزان اسید لینولئیک درجیره بچه ماهیان در تیمارهای روغن‌های گیاهی ۶ برابر تیمار روغن ماهی بود

در حالیکه در انتهای دوره پرورش میزان تجمع این اسید چرب در بدن بچه ماهیان در تیمارهای روغن‌های گیاهی ۵۰-۳۰ برابر تیمار اول بود که این مسئله باعث کاهش کیفیت نهایی محصول می‌شود. نتایج تحقیقات Wanders و همکارانش در سال ۲۰۱۰ نشان داد که استفاده از غلظت بالای اسید لینولئیک در تغذیه انسان می تواند با افزایش کلسترول بد (HDL) باعث افزایش بیماری‌های قلبی و عروقی شود. میزان اسیدچرب C20:2n6 در جیره های حاوی روغن‌های گیاهی به خاطر میزان کم آن قابل اندازه‌گیری نبود (Non detection) و میزان آن در جیره روغن ماهی ۰/۴ برابر میزان آن در روغن‌های گیاهی بود در حالیکه در انتهای دوره پرورش، میزان تجمع این اسیدچرب در بافت ماهیان تغذیه شده با روغن‌های گیاهی ۱۲/۵-۸ برابر میزان آن در بچه ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی بود که نشان از قدرت بالای بچه ماهیان آزاد دریای خزر در بلند زنجیره سازی اسید لینولئیک و تبدیل آن به C20:2n6 دارد. اسید آراشیدونیک از اسیدهای چرب بسیار مهم در بدن جانداران می باشد که نقش کلیدی در رشد و تقویت ماهیچه های اسکلت، ساختار مغز و همچنین تقویت سیستم ایمنی دارد. اسید لینولئیک به عنوان پیش ساز این اسید چرب مطرح است و ماهیان با بلند زنجیره سازی و غیر اشباع سازی این اسید چرب بوسیله آنزیمهای Δ-5 desaturase و Δ-6، باعث افزایش تولید اسید آراشیدونیک در کبد می شود. میزان تجمع آراشیدونیک اسید در بافت ماهیان، در تیمار روغن هسته انگور و روغن ماهی در انتهای دوره پرورش دارای بالاترین مقدار بود که به خاطر ذخیره بالای این اسید چرب در جیره اولیه حاوی روغن ماهی و همچنین میزان بالای اسیدلینولئیک در جیره حاوی روغن هسته انگور قابل توضیح است. اگرچه نتایجی در دست است که نشان می دهد میزان بالای اسید لینولئیک می تواند به عنوان یک فاکتور مهم سبب کاهش اسید آراشیدونیک موجود در بافت‌ها و سلول‌ها (Down- regulating) شود (Spector *et al.,* 1981; Mantzioris *et al.,* 1995; Adam *et al.,* 2008).

الگوی تجمعی لینولنیک اسید در بافت ماهیان بر اساس میزان این اسید چرب در جیره بچه ماهیان نبوده است ولی میزان تجمع DHA و EPA در بدن بچه ماهیان بر اساس میزان این اسیدهای چرب در جیره بوده و بالاترین میزان EPA و DHA در تیمار روغن ماهی مشاهده شد. به نظر می‌رسد میزان بالای DHA و EPA در بافت ماهیان نسبت به جیره، نشان از فعالیت بالای آنزیمهای 6 desaturase و Δ-5 و Elangase در کبد بچه ماهیان آزاد دریای خزر برای بلند زنجیره سازی و همچنین غیر اشباع سازی اسیدچرب C18:3n3 به عنوان پیش ساز دارد.

بعد از برگشت به تغذیه با غذای کنسانتره (Washout) به مدت یک ماه، نتایج تغییراتی را در پروفیل اسیدهای چرب بافت بچه ماهیان نشان داد اگرچه تغییرات معنی دار در میزان برخی از اسیدهای چرب مشاهده نشد. از جمله می توان به اسید چرب C16:0 و میزان کل اسیدهای چرب اشاره کرد که همچنان در بافت بچه ماهیان تغذیه شده با روغن ماهی بالا بود که نشان از ظرفیت فیزیولوژیکی محدود این ماهی در استفاده از این اسید چرب در سوخت و ساز و تغییر و تبدیلات آن به C16:1n7 و یا به C18:0 دارد. همچنین میزان بالای لینولنیک و لینولئیک اسید در بافت ماهیان بعد از یک ماه تغذیه با غذای کنسانتره در تیمارهای روغنهای گیاهی نشان دهنده این مسئله است که مدت زمان یک ماه برای تعدیل در مقدار این اسیدهای چرب، کافی نبوده و با توجه به کاهش شدید آنها، احتمالا مدت زمانی زیادی برای بالانس تیمارهای روغن‌های گیاهی با روغن ماهی مورد نیاز است. ولی نکته اساسی در این مرحله عدم تفاوت معنی دار تیمار روغن ماهی و روغن‌های گیاهی در مورد دو اسید چرب مهم یعنی DHA و EPA بود که بعد از یک ماه به حالت اولیه رسیدند.

تحقیق حاضر نشان داد که جایگزینی روغن ماهی با روغن‌های گیاهی در سطح ۱۰۰ درصد تاثیری بر روی پارامترهای رشد در بچه ماهیان آزاد دریای خزر ندارد. ولی این جایگزینی میزان تجمع اسید چرب لینولئیک را در بافت بچه ماهیان افزایش و میزان DHA و EPA را بطور معنی داری کاهش می‌دهد و درنتیجه کیفیت محصول کاهش پیدا می کند. همچنین تغذیه دوباره با غذای تجاری به مدت یک ماه نشان داد که اگرچه میزان لینولئیک و لینولنیک اسید همچنان در بافت ماهیان تغذیه شده با روغنهای گیاهی بالاست ولی میزان DHA و EPA به حد نرمال رسیده است. بنابراین استفاده از روغنهای گیاهی می تواند به عنوان یک جایگزین برای استفاده در جیره این ماهی مطرح باشد و برای افزایش کیفیت گوشت ماهی، تغذیه دوباره با غذای کنسانتره به مدت یک ماه می‌تواند میزان اسیدهای چرب HUFA را به حد نرمال برساند اگرچه در آینده تحقیقات درباره جنبه های فیزیولوژیکی و ایمنی شناسی این جایگزینی می تواند به درک هرچه بیشتر تاثیرات آن کمک کند.

تشکر و قدرانی

نگارندگان مقاله از کارشناسان سالن تکثیر و پرورش آبزیان و همچنین کارشناس آزمایشگاه آنالیز دستگاهی پژوهشکده آرتمیا و آبزیان دانشگاه ارومیه، بخاطر همکاری در اجرای این پروژه نهایت تشکر و قدرانی را دارند.

منابع

Adam, O., Tesche, A. and Wolfram, G., 2008. Impact of linoleic acid intake on arachidonic acid formation and eicosanoid biosynthesis in humans. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids. 79, 177-181.

Beckman, C. and Skrypetz, S., 2002. Vegetable oil: situation and outlook. Bi-Wkly. Agriculture and Agri-Food Canada. 15, 1–10.

Bell, J.G., Mc Evoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.I. and Sargent, I.R., 2001. Replacement of fish oil with grape seed oil in diets of Atlantic salmon *(Salmo salar)* affects tissue lipid compositions and patocyte fatty acid metabolism. The Journal of Nutrtion. 131, 1535- 1543.

Bell, J. G., McGhee, F. Campbell, P. J. and Sargent, J. R., 2003. Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): Changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil "wash out". Aquaculture. 218, 515-528.

Bell, J.G., Henderson, R.J., Douglas, P.J., Tocher, R. and Sargent, J.R., 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. Lipids, 39, 3.

Caballero, M.J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M. and Izquierdo, M.S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 214, 253–271.

Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. and De Silva, S.S., 2006. Effects of dietary oil source on the growth and muscle fatty acid composition of Murray cod, *Maccullochella peelii peelii.* Aquaculture. 253, 547-556.

Francis, D.S., Turchini, G.M. and Jones, P.L., 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55, 1582 –1591.

Kanazawa, A., Teshima, S.I. and Ono, K., 1979. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. Comparative and Biochemistry Physiology. B 63, 295–298.

Kiabi, B.H., Abdoli, A. and Naderi, M., 1999. Status of fish fauna in the south Caspian basin of Iran. Zoology of Middle East. 18, 57-65.

Lieboritz, H. E., Bengston, D. A., Maugle, P. D. and Simpson, K. L. 1987. Effect of Artemia lipid fraction on growth and survival of larval inland

quality of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*), Aquaculture Research. 32, 323–328.

Sargent, J.R., Mc Evoy, L.A. and Bell, J.G., 1997. Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. Aquaculture. 155, 117-127.

Sargent, J.R., Tocher, D.R. and Bell, J.G., 2002. The lipids. In *Fish Nutrition*; Halver, J. E., Hardy, R. W. Eds.; Academic Press, Elsevier: San Diego, CA. pp 181-257.

Spector, A.A., Kaduce, T.L., Hoak, J.C. and Fry, G., 1981. Utilization of arachidonic acid and linoleic acid by cultured human endothelial cells. Journal of Clinical Investigation, 68, 1003-1101.

Tacon, A.G.J., 2004. Use of fish meal and fish oil in aquaculture: A global perspective. Aquatic. Resources Culture and Development. 1, 3-14.

Torstensen, B.E., Frøyland, L. and Lie, Ø., 2004. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil – effects on Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) tissue and lipoprotein composition and lipogenic enzyme activities. Aquaculture Nutrition. 10, 175–192.

Turchini, G.M. and Francis, D.S., 2009. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β-oxidation) in rainbow trout fed fish oil or linseed oil-based diets. British Journal of Nutrition. 102, 69–81.

Silversides. In: Sorgeloos, P., Bengston, D. A., Decleir, W. And Jaspers, E. (Eds). Artemia Research and its Application. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture, Vol. 3. Universa Press, Wetteren.

Mantzioris, E., James, M.J., Gibson, R.A. and Cleland, L.G., 1995. Differences exist in the relationships between dietary linoleic and alpha-linolenic acids and their respective long-chain metabolites**.** American Journal of Clinical Nutrition. 61, 320-324.

Martino, R.C., Cyrino, J.E.P., Portz L. and Trugo, L.C., 2006. Performance and fatty acid composition of surubim (*Pseudo platystoma coruscans*) fed diets with animal and plant lipids. Aquaculture. 209, 233-246.

Menoyo, D., Izquierdo, M.S., Robaina, L., Gine´s, R., Lopez- Bote, C.J. and Bautista, J.M., 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. British Journal of Nutrition, 92: 41-52.

Quillet, E., Faure, A., Chevassus, B., Kreig, F., Harache, Y., Arzel, J., Metailler, R. and Boeuf, G,. 1992. The potential of brown trout (*Salmo trutta* L.) for mariculture in temperate waters. ICEL Agricultural Science. 6, 63-76.

Rosenlund, G., Obach, A., Sandberg, M.G., Standal, H. and Tveit, K., 2001. Effect of alternative lipid sources on long- term growth performance and

Wanders, R.J., Ruiter, J.P.N. Lodewijk, I., Waterham, H.R. and Houten, S.M., 2010. The enzymology of mitochondrial fatty acid beta-oxidation and its application to follow-up analysis of positive neonatal screening results. Journal of Inherited Metabolic Disease. 33, 479-493.

Total replacement of fish oil by vegetable oil with a return to fish oil in Caspian Sea salmon (*Salmo trutta caspius*) 1: Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism

Najdegerami E.H

e.gerami@urmia.ac.ir

Urmia lake Research institute, Urmia university,

Key words: Salmon, Metabolism, Fatty acid, Vegetable oil

Abstract

The effect of complete substitution of vegetable oils (cottonseed, soybean and grape seed) and a return to fish oil diets on growth parameters, survival and metabolism of free fatty acids in the diet of fish in the Caspian Sea, was investigated. Four experimental diets containing 100% fish oil, cottonseed oil, grape seed oil and soybean oil were fed to triplicate group of fingerlings (initial weight 3.6 g) for 60 days. No significant difference was detected for weight gain, specific growth rate and survival. Fillet fatty acid composition was analyzed and the results showed that fillet fatty acid composition was highly affected by dietary fatty acid profile. The highest accumulation rate of linoleic acid and linolenic acid was observed in the fish fed vegetable oil based diets. The results showed that feeding vegetable oil based diets stimulated elongation and desaturation pathway of C18 PUFA in fingerlings. However, the highest amount of EPA, DHA arachidonic acid (AA) was observed in fish oil based diet. At the end of the second period, after return to fish oil based diet, muscle fatty acid composition (total saturated fatty acid, linoleic and linolenic acid) of the fish fed previously vegetable oil based diets were still different to those fed fish oil based diet.

*Corresponding author