مقایسه ترکیب اسیدهاي چرب بدن ماهیان پار آزاد درياي خزر در دوره‌هاي غذادهي، گرسنگي و تغذیه مجدد

فاطمه منیعي[۱]، جاوید ایمانپور نمین[۲]، عبدالمحمد عابدیان کناري[۳]، مجید رضا خوش خلق[۲] و جمشید امیري مقدم[٤]
[۱] دانش آموخته کارشناسي ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، ایران
[۲] استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، ایران
[۳] دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایي دانشگاه تربیت مدرس نور، ایران
[٤] دانش آموخته کارشناسي ارشد، دانشکده علوم دریایي دانشگاه تربیت مدرس نور، ایران
(تاریخ دریافت:١٣٨٩/٧/٤ ، تاریخ تصویب: ١٣٨٩/١٢/٢٥)

چکیده
این مطالعه به‌منظور مقایسه ترکیب اسیدهاي چرب بدن ماهي پار آزاد درياي‌خزر (*Salmo trutta caspius*) در شرایط مختلف تغذیه‌اي انجام‌گردید. تعداد ۹۰۰ ماهي پار آزاد خزر (SD±۱) ۱۲/۵ گرم در شرایط مختلف تغذیه‌اي شامل شش هفته غذادهي‌کامل (FFF یا شاهد)، سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذیه‌مجدد (SF)، سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي (FS)، دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذیه‌مجدد (FSF)، دو هفته گرسنگي، دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي (SFS) و شش‌هفته گرسنگي-کامل (SSS) نگه‌داري‌شدند. پس از اعمال شرایط مختلف تغذیه‌اي ترکیب اسیدهاي‌چرب بافت‌بدن بوسیله‌ي GC/FID آنالیزشد. مجموع اسیدهاي‌چرب تک غیراشباع (MUFA) با افزایش دوره‌هاي‌گرسنگي نسبت‌به تیمار شاهد (۳۵/۱۴ درصد) کاهش‌یافت و به ۳۲/۳۲ درصد در تیمار SSS رسید، درعوض نسبت اسیدهاي‌چرب اشباع (SFA) و اسیدهاي‌چرب چند غیراشباع (PUFA) به‌ترتیب از ۲۷/۲۵ و ۲۷/۱۰ در تیمار FFF به ۳۲/۸۱ و ۳۱/۵۴ درصد در تیمار SSS افزایش‌یافتند (P<۰/۰۵). مقادیر لینولنیک‌اسید (LNA) و شاخص نسبت $PUFA\ C_{۱۸/۲۰،۲۲}$ (به‌ترتیب۱/۶۲ درصد و ۰/۲۷ در تیمار FFF) در اثر افزایش دوره‌ي گرسنگي کاهش‌یافتند و به مقادیر ۱/۱۹ درصد و ۰/۲۲ در تیمار SSS رسیدند، درمقابل میزان ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) به طور معني‌داري افزایش یافتند و به‌ترتیب از ٤/۵۵ و ١٤/١٢ در تیمار FFF به ۶/۴۶ و ۱۵/۶ درصد در تیمار SSS رسیدند. در دوره‌هاي تغذیه مجدد، اسیدهاي‌چرب روند عکس داشته و به سطوح خود در تیمار شاهد نزدیک شدند. بنابراین ماهي آزاد درياي‌خزر در شرایط مختلف تغذیه‌اي اسیدهاي‌چرب را به‌صورت انتخابي جهت تامین انرژي و اسیدهاي چرب ضروري مورد نیاز خود، ذخیره، تبدیل و یا مصرف مي‌کند.

واژه هاي کلیدي: ترکیب اسیدهاي‌چرب بدن، تغذیه مجدد، گرسنگي، ماهي آزاد درياي‌خزر

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۲۲٦۲۵۳۱۰۱ فاکس: ۰۱۲۲۶۲۵۳۴۹۹ E-mail: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه

در محيط طبيعي بسياري از ارگانيزم‌ها نظير آزادماهيان به صورت موقتي يا فصلي دچار قحطي كامل يا جزيي در دسترسي به غذا مي‌شوند، بنابراين به عنوان يک سازگاري به اين نوع زندگي، بسياري از ارگانيزم‌ها يک دوره از رشد سريع را در طول دوره بازگشت از گرسنگي و تغذيه مجدد نشان مي‌دهند (Gurney *et al*., 2003; Furne *et al*., 2008) دوره‌هاي گرسنگي باعث افزايش مصرف و همچنين كارايي غذا و تغيير در تركيب بافت جديد بدن در دوره تغذيه مجدد مي‌شود (Ali *et al*., 2003) ليپيدها و مخصوصا اسيدهاي چرب سازنده‌ي آنها منبع اوليه انرژي سلولي در طول دوره‌هاي محدوديت غذايي در بين جانوران مي‌باشد (McCue, 2008) دوره‌هاي محدوديت غذايي باعث تغيير در منابع ذخيره، مخصوصا ليپيدها و اسيدهاي چرب در گردش در ماهيان مي‌شوند (McCue, 2003; Ali *et al*., 2008) ليپوليز به علت مصرف ترجيحي اسيدهاي چرب خاص، تركيب اسيدهاي چرب بدن را تغيير مي‌دهد. اسيدهاي چرب اشباع (SFA[1]) و تک غير اشباع (MUFA[2]) نسبت به اسيدهاي چرب چند غير اشباع با زنجيره بلند (HUFA[3]) منابع اصلي تامين انرژي در زمان گرسنگي مي‌باشند (Durazo-Beltra´na, 2004). در ماهيان MUFA در زمان گرسنگي تحرک بيشتري نسبت به ديگر اسيدهاي چرب دارند (Einen *et al*, 1998) و در هنگام كمبود انرژي به طور ترجيحي، اولين منبعي هستند كه مصرف مي‌شوند (Daud Om, 2003). اما تغذيه مجدد پس از دوره‌هاي گرسنگي قادر است سطوح ليپيد كاهش يافته را تجديد كند (Ali *et al*, 2003). ماهي آزاد درياي خزر (*Salmo trutta caspius*) همانند ساير آزادماهيان در طي مهاجرت خود از آب شيرين به آب دريا با دوره‌هاي عدم تغذيه و گرسنگي ناشي از استرس پس از رهاسازي به مصب رودخانه مواجه مي‌شود، كه ممكن است اين دوره هاي گرسنگي و محدوديت غذايي باعث تغيير در تركيب اسيدهاي‌چرب بدن ماهي‌ها و متابوليسم انرژي، پس از رهاسازي گردد. مهاجرت ماهي از آب شيرين به آب دريا يک دوره‌ي پر استرس در تكامل طبيعي ماهي مي‌باشد، دوره‌اي كه تقاضا براي توليد ايكوزانوييدها از آراشيدونيک اسيد، EPA[4] و DHA[5] افزايش مي‌يابد (Sargent, 1999). مطالعه حاضر نيز در جستجوي روشي جهت القاي تغييراتي در تركيب اسيدچرب بدن ماهيان پار آزاد درياي‌خزر در فصل رهاسازي به دريا با استفاده از رژيم‌هاي مختلف غذايي، به منظور افزايش درصد بازماندگي پس از رهاسازي و كاهش هزينه‌هاي احياي ذخاير ماهي آزاد درياي‌خزر بود. بنابراين هدف از انجام اين تحقيق، بررسي تغييرات تركيب اسيدهاي‌چرب بدن ماهي آزاد درياي خزر در اثر شرايط مختلف تغذيه‌اي شامل دوره‌هاي تغذيه كامل، گرسنگي و تغذيه مجدد پس از گرسنگي در جهت فهم شرايط فيزيولوژيک محتمل ناشي از تغيير تركيب اسيدهاي‌چرب، پس از رهاسازي به محيط طبيعي بود.

مواد و روش‌ها

شرايط آزمايش

تعداد ۹۰۰ قطعه بچه ماهي پار آزاد درياي خزر با ميانگين وزني (SD±۱) ۱۲/۵ گرم به‌صورت مساوي و تصادفي (۵۰ عدد در هر تانک) به ۱۸ حوضچه‌ي بتوني حاوي ۱/۵ مترمكعب آب در مركز تكثير و پرورش ماهيان سردابي شهيد باهنر كلاردشت منتقل شدند. آب حوضچه‌ها بطور دائم با آب رودخانه با دبي ۱۵ ليتر در دقيقه تامين مي‌شد. آزمايش در ماه‌هاي مهر و آبان تحت رژيم نوري طبيعي انجام شد و دماي آب در ابتداي دوره ۱۱ درجه سانتي‌گراد و به تدريج در انتهاي دوره به ۷ درجه سانتي‌گراد رسيد. ميزان اكسيژن آب (SD±۰/۵) ۸ ميلي گرم بر ليتر و اسيديته (SD±۰/۲) ۷ بود. ۲ هفته به ماهيان اجازه داده‌شد تا به محيط جديد سازگار شوند، در طول اين مدت ماهيان با جيره تجاري قزل‌آلا روزانه دو بار، در حد اشباع تغذيه شدند. سپس با توجه به

[1] Saturated Fatty Acid
[2] Mono Unsaturated Fatty Acid
[3] High Unsaturated Fatty Acid
[4] Eicosapentaenoic Acid
[5] Docosahexaenoic Acid

تیمارهای تعیین شده که در جدول ۱ نشان داده شده است، شرایط مختلف تغذیه‌ای شامل غذادهی، گرسنگی و تغذیه مجدد بر ماهیان اعمال گردید. غذادهی با جیره تجاری ماهی قزل‌آلا با ترکیب مذکور در جدول ۲، به صورت دستی، روزانه سه بار در حد اشباع، در ساعات ۰۹:۰۰ ، ۱۳:۰۰ و ۱۶:۰۰ انجام گرفت.

جدول۱- تیمارهای آزمایشی

تیمار	هفته اول	هفته دوم	هفته سوم	هفته چهارم	هفته پنجم	هفته ششم
FFF*	+					
SSS**	++					
FS						
SF						
FSF						
SFS						

اقتباس از (Falahatkar *et al*, 2009)

+ غذای دهی روزانه سه وعده در حد اشباع   * F- Feeding

++ گرسنگی کامل   ** S- Starvation

جدول ۲- ترکیب اسیدهای‌چرب و تجزیه تقریبی جیره تجاری مورد استفاده برای تغذیه بچه ماهیان آزاد دریای خزر در دوره‌های غذادهی (درصد هر اسید چرب در کل اسیدهای چرب شناسایی شده)

اسید چرب	میزان(%)	اسید چرب	میزان(%)
C۱٤:۰	٤/۳	ΣSFA[۱]	۲۷/٤
C۱٤:۱-٥	۱/۳	ΣMUFA[۲]	۳٦/۷
C۱٦:۰	۱٦/۱	ΣPUFA[۳]	۲٥/۲
C۱٦:۱n-۷	٥/۲	PUFA $C_{۱۸}/C_{۲۰,۲۲}$[٤]	۰/۲۸
C۱۸:۰	٦/۲	ΣN-۳	۱۹/٥
C۱۸:۱n-۹	۲٥/۷	ΣN-٦	٥/۷
C۱۸:۱n-۷	۲/۷	n-۳/n-٦	۳/٤۲
C۱۸:۲n-٦	۳/۸	ΣHUFA[٥]	۲۰/٦
C۱۸:۳n-۳	۱/٤	DHA/EPA	۳/۲٤
C۲۰:۰	۰/۸	ARA/EPA	۰/۲٦
C۲۰:۱n-۹	۱/۲		
C۲۰:۲n-٦	۰/۲		
C۲۰:۳n-۳	۰/۳		
C۲۰:٤n-٦	۱/۱		
C۲۲:۱n-۹	۰/٦		
C۲۰:٥n-٦	۰/٦		
C۲۰:٥n-۳	٤/۲		
C۲۲:٦n-۳	۱۳/٦		

تجزیه تقریبی	میزان(%)
پروتئین	٥۰/۸۲
چربی	۱۷/۱
رطوبت	۱۲/٥
خاکستر	۱۰/۱
کربوهیدرات	۹/٤۸
انرژی‌قابل‌هضم (kcal/kg)	۳٤۹۸

[1] ΣSFA شامل: C۱٤:۰، C۱٦:۰، C۱۸:۰، C ۲۰:۰.

[2] ΣMUFA شامل: C۱٤:۱n-۵ ، C۱٦:۱n-۷ ، C۱۸:۱n-۹ ، C۱۸:۱n-۷ ، C۲۰:۱n-۹ ، C۲۲:۱n-۹ .

[3] ΣPUFA شامل: C۱۸:۲n-٦، C۱۸:۳n-۳، C۲۰:۲n-٦، C۲۰:۳n-۳، C۲۰:٤n-٦، C۲۰:۵n-٦، C۲۰:۵n-۳، C۲۲:٦n-۳ .

[4] $C_{۱۸}$ شامل: C۱۸:۳n-۳, C۱۸:۲n-٦ و $C_{۲۰,۲۲}$ شامل: C۲۰:٤n-٦ , C۲۰:۵n-۳ , C۲۲:٦n-۳ .

[5] ΣHUFA شامل: C۲۰:۲n-٦ ، C۲۰:۳n-۳ ، C۲۰:٤n-٦ ، C۲۰:۵n-٦ ، C۲۰:۵n-۳، C۲۲:٦n-۳

تعيين تركيب اسيد چرب بافت

استخراج چربي بافت

پس از پايان دوره‌ي اعمال تيمارها، تعداد ۵ قطعه ماهي از هر حوضچه (۱۵ قطعه از هر تيمار) توسط پودر گل ميخک با غلظت ppm ۳۵۰ (Sudagar *et al*, 2009) بي‌هوش گرديدند، و پس از قطع ساقه‌دمي جهت آناليز پروفيل اسيدهاي چرب بافت بدن تا زمان انجام آزمايشات درون فريزر ۸۰- درجه سانتي گراد نگه‌داري شدند. در زمان انجام آزمايش بافت بدن ماهي‌هاي مربوط به هر حوضچه پس از ديفراست درون يخچال به صورت كامل با آسياب برقي همگن شد. سپس از ۱ گرم نمونه همگن شده توسط محلول كلروفرم و متانول (به ترتيب با نسبت حجمي ۲ به ۱) بر طبق روش(Folch *et al*, 1957) چربي بافت بدن استخراج گرديد و بوسيله گاز نيتروژن حذف حلال صورت گرفت و نهايتا" چربي استخراج‌شده باقي‌ماند.

متيل استري كردن چربي استخراج شده و شناسايي اسيدهاي چرب

متيل‌استري‌كردن اسيدهاي‌چرب توسط استري‌كردن قليايي با سود متانولي ۲% (۱۰۰°C، ۱۰ دقيقه) و سپس متيلاسيون اسيدهاي چرب در محلول BF_3 (تري فلورايد بور) (۱۰۰°C، ۳ دقيقه) بر طبق روش(*et al*, 1961 Metcalfe) انجام شد. سپس متيل استرهاي استخراج شده در هگزان نرمال توسط دستگاه گاز كروماتوگراف (GC) (Varian, model:CP3800 Walnut Creek, Netherlands) مجهز به ستون كاپيلاري از نوع (BPX 70 SGE; 120 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 μm) و آشكار ساز نوع FID، جداسازي و شناسايي گرديد. گاز ازت با خلوص (۹۹/۹۹۹۹%) و هواي خشک به عنوان گاز حامل استفاده شد. دماي اوليه ستون ۱۶۰ درجه سانتي‌گراد بود و با سرعت ۲ درجه سانتيگراد در دقيقه به ۱۸۰ درجه سانتي‌گراد مي‌رسيد.

دماي آشكار ساز و محل تزريق به ترتيب ۳۰۰ و ۲۶۰ درجه سانتي گراد بود و زمان اجراي عمليات دستگاه براي هر نمونه ۸۵ دقيقه بود. نرم افزار (version6.41) Varian Star Chromatography Software جهت مقايسه تركيب پروفيل اسيد چرب نمونه‌ها با پيک استاندارد و محاسبه سطح زير پيک استفاده شد و نتايج به صورت درصد هر اسيد چرب در چربي كل گزارش گرديد.

تجزيه و تحليل آماري داده‌ها

طرح كلي اين تحقيق در قالب طرح كاملا" تصادفي Completely Randomized Design برنامه ريزي و اجرا شد. تجزيه و تحليل آماري داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و براي رسم نمودار ها از نرم‌افزار Excel 2007استفاده گرديد. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk و همگني واريانسها بوسيله آزمون Leven آزمايش گرديد. سپس براي مقايسه ميانگين تيمارها، از آزمون One Way ANOVA استفاده شد و جهت مقايسه بين تيمارها، در صورت همگني واريانس از آزمون دانكن و در صورت عدم همگني واريانس ها، از آزمون دانت تي ۳ استفاده گرديد.

نتايج

نتايج آناليز تركيب اسيدهاي چرب كل بدن بچه ماهيان آزاد درياي خزر پس از اعمال رژيم‌هاي مختلف غذايي در جدول ۳ نشان داده شده است. نتايج حاكي از اين است كه تركيب اسيدهاي چرب كل بدن در اثر دوره‌هاي مختلف گرسنگي و تغذيه مجدد پس از آن تغييرات محسوسي مي‌كند. همانطور كه در جدول ۳ و شكل ۱ مشاهده مي‌شود، نسبت اسيدهاي چرب تک‌غيراشباع (مخصوصا OLA[6]) با افزايش دوره‌هاي گرسنگي نسبت به تيمار شاهد يا FFF (۳۵/۱۴ درصد) به شكل معني‌داري كاهش‌يافته (P<۰/۰۵) و به‌ترتيب در تيمارهاي FS، SFS و SSS به ۳۴/۷۸، ۳۳/۳۰ و ۳۲/۳۲ رسيد، درعوض نسبت اسيدهاي چرب اشباع (مخصوصا C۱۶:۰) (به-ترتيب در تيمارهاي FFF، FS، SFS و SSS: ۲۷/۲۵، ۲۸/۶۸، ۳۲/۲۴ و ۳۲/۸۱) و اسيدهاي چرب چند غير اشباع شامل AA[7]، EPA و DHA (به‌ترتيب در تيمارهاي FFF، FS، SFS و SSS به ۲۷/۱۰، ۲۹/۱۲، ۲۸/۵۵ و ۳۱/۵۴) افزايش يافتند (P<۰/۰۵). ولي اين نسبت‌ها در تيمارهاي FSF و SF در دوره‌هاي تغذيه مجدد پس از گرسنگي تقريبا به مقادير مشابه خود در تيمار كنترل بازگشتند.

ميزان اسيدهاي چرب گروه n-۳ و n-۶ پس از دوره‌هاي گرسنگي افزايش و پس از تغذيه مجدد به مقادير اوليه خود كاهش يافتند (P<۰/۰۵)، درحاليكه در نسبت n-۳ به n-۶ تفاوت معني‌داري بين تيمارها مشاهده نشد (جدول ۳).

نكته قابل توجه كاهش ميزان LNA در اثر دوره گرسنگي طولاني مدت در تيمار SSS مي‌باشد (P<۰/۰۵)، شكل ۲ (A و B) روند مشابه تغيير در نسبت PUFA $C_{۱۸}$:$C_{۲۰،۲۲}$ و درصد اسيدچرب C۱۸:۳n-۳ را نشان مي‌دهد كه بيشترين تغيير در تيمار SSS مشاهده مي شود. مقادير شاخص نسبت PUFA $C_{۱۸}$:$C_{۲۰،۲۲}$ در اثر افزايش دوره‌ي گرسنگي در تيمارهاي FS، SFS و SSS كاهش و پس از تغذيه مجدد به مقادير مشابه در تيمار كنترل افزايش يافتند (P<۰/۰۵). ارتباط معكوس بين اسيدهاي چرب پيش‌ساز C۱۸ و اسيدهاي چرب HUFA وجود داشت، بطوريكه همزمان با كاهش نسبت نسبت PUFA $C_{۱۸}$:$C_{۲۰،۲۲}$ در اثر گرسنگي، ميزان HUFA افزايش يافته‌است و روند عكس آن در دوره‌ي تغذيه مجدد مشاهده مي‌شود (شكل ۲: A و D). اين ارتباط معكوس بين ميزان اسيد چرب اسيدلينولنيک با EPA و DHA در شكل ۲ (B و C) قابل مشاهده مي‌باشد.

رابطه‌ي بين اسيد لينولئيک و آراشيدونيک اسيد نيز در شكل ۳ نشان داده شده‌است. همان‌طوركه مشاهده‌مي-شود آراشيدونيک اسيد با افزايش طول دوره‌ي گرسنگي نسبت به تيمار شاهد (۱/۴۳) افزايش مي‌يابد (P<۰/۰۵) (به‌ترتيب در تيمارهاي FS، SFS و SSS: ۱/۷۱، ۲/۳۹ و ۲/۸۳) اين در حاليست كه پيش‌ساز آن يعني اسيد لينولئيک (LA) در تيمارهاي مختلف تغيير معني داري نداشته‌است (P<۰/۰۵).

---
[6] Oleic acid
[7] Arachidonic acid

جدول ۳- ترکیب اسیدهاي چرب در چربي کل بدن (درصد هر اسید چرب در کل اسیدهاي چرب شناسایي شده) پس از اعمال رژیم‌هاي مختلف غذایي (**mean±S.D., n=۳**) . در هر تکرار پنج نمونه هموژن‌شده مورد آنالیز قرارگرفت. مقادیر با حروف متفاوت در هر ردیف بیانگر تفاوت معني‌دار بین تیمارها مي‌باشد (**P<۰/۰۵**) و **n.d.** بیانگر عدم تشخیص اسید چرب توسط آشکارساز (**none detected**) مي باشد.

اسیدهاي چرب	رژیم‌هاي مختلف تغذیه‌اي					
	FFF★ (شاهد)	FS	SFS	SSS	FSF	SF
C۱٤:۰	۲/۳۳±۰/۲۲	۲/۵۰±۰/٤۵	۲/۳۱±۰/۲۲	۲/۵۹±۰/۲۰	۲/۷۱±۰/۳۰	۲۰/۳۰ ±۰/۰٤
C۱٤:۱n-۵	۰/۰۹±۰/۰۵	۰/۱۸±۰/۱٦	۰/۲۰±۰/۱۷	۰/۳۲±۰/۰۵	۰/۱۹±۰/۰٤	۰/۰۹±۰/۱۵
C۱۶:۰	۱۹/۳۸±۰/٤٦[bc]	۱۹/۷۷±۱/۹۰[abc]	۲۳/۲۱±۲/۳۹[abc]	۲۱/۹٤±۰/۰۱[a]	۲۰/۵۷±۰/۵۹[abc]	۲۰/۹٤±۰/۱۳[b]
۷n-۱:۱٦C	٤/۷۳±۰/۵۹	٤/۵۳±۰/٦۱	۳/۸۹±۰/۰۲	۳/۸۷±۰/۳۹	۳/۸۹±۰/۳۱	۳/۷۸±۰/۲۳
C۱۸:۰	۵/۱±۰/۵۸[c]	۵/۹۹±۰/۷۹[ab]	٦/٤۵±۰/٦۹[b]	۷/۹۱±۰/۱۷[a]	۵/۷۰±۰/۱۹[ab]	٦/٦۷±۰/۳۳[b]
C۱۸: ۱n-۹	۲۵/۹±۱/۱۲[abc]	۲۵/٦٦±۱/۹۸[abc]	۲٤/۷۰±۰/۹۷[bc]	۲۳/۹۷±۰/۷۳[c]	۲۷/۷۳±۱/۰۵[a]	۲٦/۵۹±۰/۹۹[ab]
C۱۸: ۱n-۷	۲/۹۲±۰/۳۱	۲/۸٤±۰/۲۵	۳/۲۲±۰/۳۷	۲/۸۱±۰/۱٦	۳/۲۸±۰/۲۱	۲/٦۹±۰/۹٦
C۱۸: ۲n-۶	۳/۷۱±۰/۰۹	۳/۸۲±۰/۲۸	۳/۸۱±۰/۲۹	٤/۱۸±۰/۱۲	۳/۸۷±۰/۲۱	۳/۸٦±۰/٦۳
C۱۸: ۳n-۳	۱/٦۲±۰/۱٤[a]	۱/۵۵±۰/۱۰[a]	۱/۵۸±۰/۱۵[a]	۱/۱۹±۰/۰۰[b]	۱/۷٦±۰/۰۹[a]	۱/۵٦±۰/۱۳[a]
C۲۰: ۰	۰/٤۳±۰/۱۲	۰/٤۲±۰/۰۷	۰/۲۷±۰/۰۸	۰/۳۸±۰/۰۱	۰/٤۹±۰/۱۸	۰/٤۷±۰/۱٤
C۲۰: ۱n-۹	۱/۱۷±۰/۱٤	۱/۲۸±۰/۰٦	۱/۰۷±۰/۱٦	۱/۲۰±۰/۰۱	۱/۱۵±۰/۱۰	۱/۰۸±۰/۰۲
C۲۰: ۲n-۶	۰/۸۲±۰/۰۳	۰/۷۸±۰/۱۷	۰/۷۹±۰/۱۹	۰/۸٤±۰/۰٤	۰/۸۰±۰/۰٦	۰/۸٦±۰/۰۵
C۲۰: ۳n-۳	۰/۸۳±۰/۱۰	۰/۸۱±۰/۱۳	۰/۳۸±۰/۳٤	۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۵٦±۰/۳۵	۰/٦۰±۰/۲٦
C۲۰: ۴n-۶	۱/٤۳±۰/۰۳[d]	۱/۷۱±۰/۱۳[c]	۲/۳۹±۰/۰۳[b]	۲/۸۳±۰/۰۹[a]	۱/٤۸±۰/۱۰[d]	۱/۷٤±۰/۰٤[c]
C۲۲: ۱n-۹	۰/۳۳±۰/۱۵	۰/۲۸±۰/۰٦	۰/۲۲±۰/۰٦	۰/۱٤±۰/۰۵	۰/۲۳±۰/۰۲	۰/۲۵±۰/۰۵
C۲۰: ۵n-۶	n.d.	۰/۱۰±۰/۰۹	۰/۰۲±۰/۰٤	۰/۱۹±۰/۰۰	۰/۰۹±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۷
C۲۰: ۵n-۳	٤/۵۵±۰/۲۳[c]	۵/٤۷±۰/۵۷[b]	٤/۲۳±۰/۳۷[c]	٦/٤٦±۰/۳۷[a]	٤/۲۷±۰/۳۵[c]	٤/۵۳±۰/۳۲[c]
C۲۲: ۶n-۳	۱٤/۱۲±۰/٦۰[c]	۱٤/۸۹±۰/٦۵[abc]	۱۵/۳۵±۰/٦۷[ab]	۱۵/٦۰±۰/۳۵[a]	۱٤/۱۳±۰/۷۱[c]	۱٤/۳۹±۰/۲۵[bc]

★ FFF (شاهد): شش هفته غذادهي‌کامل، SF: سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذیه‌مجدد، FS: سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي، FSF: دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذیه‌مجدد، دو هفته گرسنگي، SFS: دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي و SSS: شش‌هفته گرسنگي‌کامل.

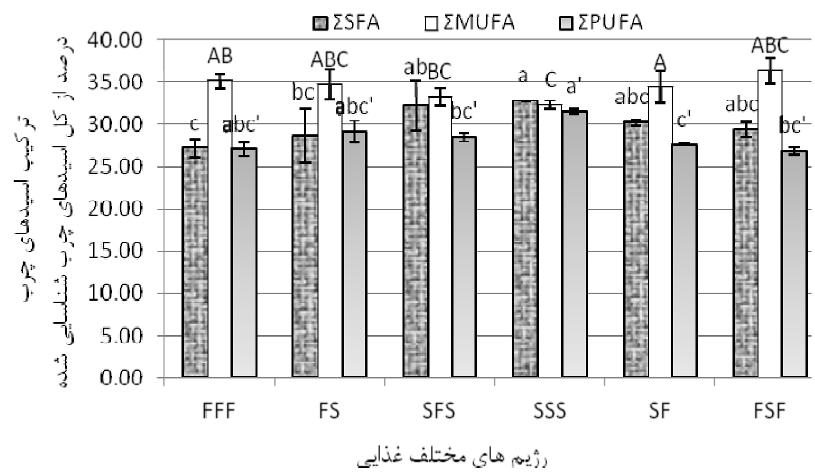
[۱] ΣSFA شامل: C۱٤:۰ ،C۱٦:۰، C۱۸:۰، C ۲۰:۰.

[۲] ΣMUFA شامل: C۱٤:۱n-۵ ، C۱٦:۱n-۷ ، C۱۸:۱n-۹ ، C۱۸:۱n-۷ ، C۲۰:۱n-۹ ، C۲۲:۱n-۹ .

[۳] ΣPUFA شامل: C۱۸:۲n-٦، C۱۸:۳n-۳، C۲۰:۲n-٦، C۲۰:۳n-۳، C۲۰:٤n-٦، C۲۰:۵n-٦، C۲۰:۵n-۳، C۲۲:٦n-۳ .

[٤] C۱۸ شامل: C۱۸:۳n-۳، C۱۸:۲n-٦ و $C_{۲۰،۲۲}$ شامل: C۲۰ :n٤-٦، C۲۰:۵n-۳ ، C۲۲:٦n-۳ .

[۵] ΣHUFA شامل: C۲۰:۲n-٦ ، C۲۰:۳n-۳ ، C۲۰:٤n-٦ ، C۲۰:۵n-٦ ، C۲۰:۵n-۳ ، ۲۲:٦n-۳



شکل ۱- تغييرات اسيدهاي چرب گروه‌هاي **SFA**، **MUFA** و **PUFA** در ماهي پار آزاد درياي‌خزر پس از اعمال شرايط مختلف غذايي. حروف متفاوت بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها مي‌باشد (P<۰/۰۵). **FFF** (شاهد): شش هفته غذادهي‌کامل، **SF**: سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذيه-مجدد، **FS**: سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي، **FSF**: دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذيه‌مجدد، دو هفته گرسنگي، **SFS**: دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي و **SSS**: شش‌هفته گرسنگي‌کامل.

بحث و نتيجه‌گيري

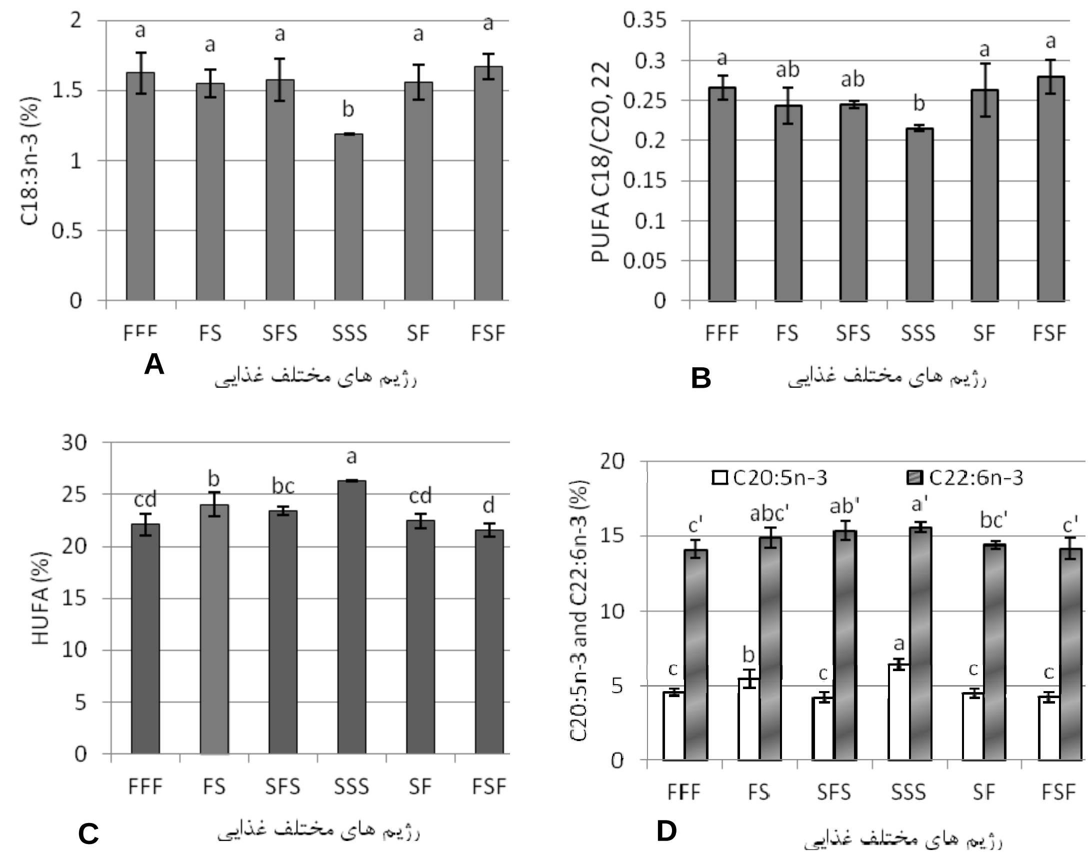
مهمترين مسير تامين نيازهاي انرژي بدن در طول دوره هاي گرسنگي در ماهي‌ها اکسيداسيون چربي‌هاي بدن مي‌باشد (Boujard *et al*, 2002). به حرکت در آوردن(mobilisation) و استفاده (utilisation) از منابع چربي در آزادماهيان تحت کنترل هورموني و آنزيمي است و معمولا در طول دوره‌هاي گرسنگي رخ مي‌دهد. نمونه هايي از دوره‌هاي گرسنگي که منجر به تحرک چربي‌ها مي‌شود در طول زندگي ماهيان مرحله تخم و کيسه ي زرده، اسمولتيفيکاسيون، تخم ريزي و مهاجرت آن‌ها در آب شيرين مي‌باشد (Sheridan, 1988). ولي القاء تحرک منابع چربي به هنگام گرسنگي در ماهي آزاد درياي خزر به خوبي شناخته نشده است. در مطالعه‌ي حاضر تغييرات مشاهده شده در سطوح مختلف اسيدهاي چرب در شرايط مختلف تغذيه‌اي شامل گرسنگي و تغذيه‌ي مجدد پس از آن، نشان دهنده‌ي القاء تحرک و ذخيره انتخابي اسيدهاي چرب در طول گرسنگي ماهيان پار آزاد درياي‌خزر مي‌باشد. ما يک کاهش محسوس در ميزان اسيد هاي چرب MUFA را پس از گرسنگي در ترکيب چربي بافت ماهي‌ها مشاهده کرديم، اين کاهش احتمالا به دليل تمايل بيشتر ماهي آزاد درياي خزر همانند ساير آزاد ماهان براي متابوليسم اسيدهاي چرب تک غير اشباع يا MUFA از طريق بتا اکسيداسيون[1] جهت توليد انرژي مي‌باشد.

اين نتايج به وضوح بيانگر استفاده سريع اسيدهاي چرب تک غير اشباع در شرايط گرسنگي در ماهيان پار آزاد درياي خزر هستند، زيرا که سهم آن ها پس از دوره هاي گرسنگي کاهش يافت. در واقع ماهي آزاد درياي خزر اسيدهاي چرب خاصي را جهت تامين انرژي انتخاب و برخي ديگر را ذخيره مي‌کند. مطالعات بر روي ساير آزادماهيان نشان داده است که اين ماهيان اسيدهاي چرب تک غير اشباع (MUFA) و اشباع (SFA) را نسبت به اسيدهاي چرب PUFA جهت توليد انرژي ترجيح مي دهند(Torstensen *et al.*, 2000). همچنين OLA به طور موثري اکسيد مي‌شود و جهت توليد ATP مصرف مي شود (Sargent *et al.*, 2002) از طرفي ذخيره‌نشدن

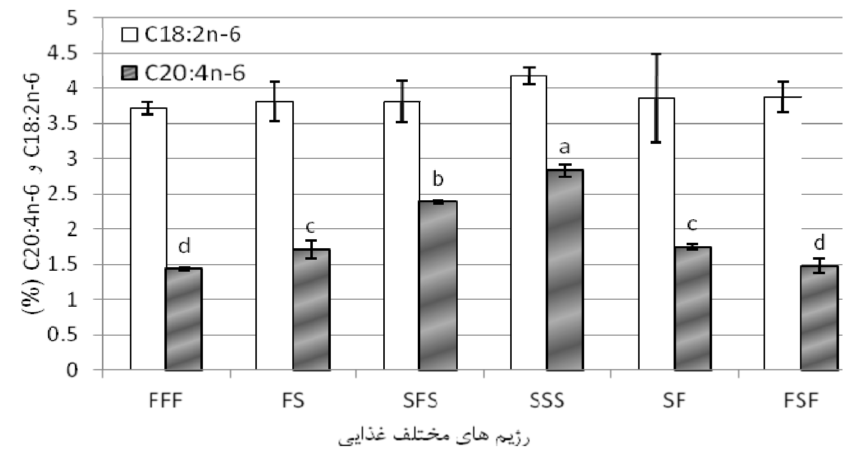
[8] β-Oxidation

OLA در عضلات نسبت به مقدار آن در جيره‌ي غذايي نشان دهنده‌ي اکسيداسيون اين اسيد چرب براي توليد انرژي است (Brandsen *et al*, 2003).

همچنين عنوان شده است که OLA يک پيش ماده‌ي ترجيحي براي توليد انرژي در سالمون آتلانتيک مي‌باشد (Torstensen *et al*, 2004). بنابراين کاهش در ميزان اسيدهاي چرب تک غير اشباع شامل OLA و ۷- 1n: ۱۶نشان دهنده‌ي مصرف اين اسيدهاي چرب براي توليد انرژي در طول دوره‌ي گرسنگي مي‌باشد. در راستاي اين نتايج (kiessling and kiessling, 1993) گزارش کردند که در قزل‌آلاي رنگين کمان اسيدهاي چرب ۱:۱۶، ۱۶:۰، OLA و LA در طول دوره ي گرسنگي مصرف مي‌شوند، که در مورد OLA و ۱:۱۶ با نتايج مطالعه‌ي حاضر هم‌خواني دارد ولي LA تغيير چنداني نداشت و ۱۶:۰ نيز در بافت ذخيره گرديد.



شکل ۲- تغييرات نسبت C_{18}:$C_{20,22}$ PUFA **(A)**، درصد **3n-3**: C18 **(B)**، درصد اسيدهاي چرب **DHA** و **EPA** **(C)** و درصد اسيدهاي چرب گروه **HUFA** **(D)** در ماهي پار آزاد درياي‌خزر پس از اعمال شرايط مختلف غذايي. حروف متفاوت بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها مي‌باشد (P<۰/۰۵). **FFF** (شاهد): شش هفته غذادهي‌کامل، **SF**: سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذيه‌مجدد، **FS**: سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي، **FSF**: دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذيه‌مجدد، دو هفته گرسنگي، **SFS**: دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي و **SSS**: شش‌هفته گرسنگي‌کامل.



شکل ۳- تغییرات درصد اسیدهاي چرب **LA** و **AA** در ماهي پار آزاد درياي‌خزر پس از اعمال شرايط مختلف غذايي. حروف متفاوت بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها مي‌باشد (**P<۰/۰۵**). **FFF** (شاهد): شش هفته غذادهي‌كامل، **SF**: سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذيه‌مجدد، **FS**: سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي، **FSF**: دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذيه‌مجدد، دو هفته گرسنگي، **SFS**: دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي و **SSS**: شش‌هفته گرسنگي‌كامل.

عنوان شده است كه انرژي موجود در LA نسبت به اسيدهاي چرب با طول زنجيره‌ي مساوي نظير OLA كمتر است (Martinez del Rio and Karasov. 2007)، همچنين افزايش سطح برخي اسيدهاي چرب در بافت-هاي ذخيره‌ي چربي نظير LA عملكرد سازگاري از طريق ذخيره سازي اسيدهاي چرب ضروري جهت بهبود و تخصيص آنها به بافت هاي ديگر نظير قلب و مغز كه به آنها نياز دارند، مي‌باشد (McCue *et al*, 2009). ذخيره‌ي انتخابي ۱۶:۰ نسبت به مصرف آن نيز ممكن است بازگو كننده‌ي اهميت ساختاري اين اسيد چرب به همراه OLA در فسفوليپيدهاي غشا باشد، زيرا اين دو اسيد چرب عمدتا در جايگاهSn-۱ خصوصا در فسفاتيديل كولين و فسفاتيديل اينوزيتول قرار ميگيرند و اسيدهاي چرب PUFA و HUFA ترجيحا در جايگاهSn-۲ قرار مي‌گيرند (Sargent *et al*, 2002) . افزايش در ميزان اسيدهاي چرب نظير AA، EPA و DHA را در وهله ي اول مي توان به مكانيزم هاي در رابطه با ذخيره‌ي انتخابي يا Selective deposition نسبت داد كه يا در اثر عملكرد بسيار اختصاصي آسيل ترانسفرازهاي چربي در خصوص AA و DHA رخ مي دهد يا اينكه مقاومت نسبي اسيدهاي چرب مذكور به قطع بتا-اكسيداسيون از مسيرهاي كاتابوليكي پيچيده باعث آن مي شود (Bell *et al*, 2001 and 2002). بر اساس مطالعات عنوان شده است كه مصرف اسيدهاي چرب HUFA شامل DHA عمدتا در مراحل ابتدايي تكامل، زمانيكه كيسه زرده وجود دارد انجام مي شود، ولي پس از آن در لاروهايي كه تحت شرايط گرسنگي بودند، DHA و AA به صورت انتخابي در فسفاتيديل اينوزيتول ذخيره مي‌شود در حاليكه ديگر اسيدهاي چرب شامل EPA مي توانند مصرف شوند (Tocher, 2003). البته در غلظت هاي پايين EPA نيز مي تواند به صورت انتخابي ابقا شود و نسبت آن افزايش يابد (Bell and Waagbo, 2008).

در وهله‌ي دوم توانايي ماهي پار آزاد درياي خزر همانند ساير آزاد ماهيان آب شيرين در غير اشباع سازي و طويل سازي LNA به اسيدهاي چرب EPA و DHA و اسيد چرب LA به AA مي تواند باعث افزايش سطوح آنها را در طول دوره‌ي گرسنگي توجيه كند، البته در وهله ي سوم استفاده‌ي بيشتر ماهي آزاد از اسيدهاي چرب تک غير اشباع به عنوان منبع انرژي كه موجب كاهش سهم آنها و افزايش سهم SFA و PUFA شامل EPA، DHA و AA

را نبايد ناديده گرفت (شكل ۱). كاهش ميزان LNA در طول دوره ي گرسنگي طولاني مدت مويد طويل سازي و غير اشباع سازي ترجيحي اين گونه نسبت به LA را نشان مي دهد. زيرا اولا LA تغيير معني داري پس از اعمال تيمارها نشان نداد (جدول ۳ و شكل ۳) و دوم تغييرات مشابه مقادير LNA با نسبت شاخص $C_{18}:C_{20,22}$ PUFA و افزايش اسيدهاي چرب سري n-۳HUFA (شكل ۲) بيانگر توانايي بيشتر ماهي آزاد براي تبديل LNA به اسيدهاي چرب بلند زنجيره‌ي n-۳HUFA نسبت به تبديل LA به اسيدهاي چرب بلند زنجيره‌ي n-۶HUFA مي باشد. نتايج مشابهي در سالمون آتلانتيک توسط (Rollin *et al.*, 2003) به دست آمد. در واقع سلول هاي كبدي LNA را نسبت به LA جهت غير اشباع سازي و طويل سازي ترجيح مي‌دهند(Ruyter *et al.*, 1997; Bell *et al.*, 2003) . البته لازم به ذكر است كه LNA به عنوان يک ماده اكسيداتيو نسبت به LA ترجيح داده مي‌شود (DeLany *et al.*, 2000). همچنين عدم تغيير در ميزان LA با وجود تغييرات معني‌دار در سطوح AA (شكل ۳) فرض طويل سازي و غير اشباع سازي LA را در شرايط گرسنگي رد مي‌كند، بنابراين تنها ذخيره‌ي انتخابي AA مي تواند عامل افزايش سهم AA، در بافت بدن باشد. عدم تغيير در ميزان LA تبديل ناچيز LA به AA را نشان مي دهد كه ناشي از توان رقابتي بيشتر اسيد هاي چرب سري n-۳PUFA نظير LNA نسبت به n-۶PUFA نظير LA در مسيرهاي غير اشباع سازي و طويل سازي كبدي مي‌باشد (Bell *e t al*, 2001). اما روند كاملا معكوس در كاهش و افزايش LNA با EPA در شكل ۲ نشان دهنده‌ي اينست كه سطوح EPA در نتيجه‌ي تبديل زيستي از LNA حداقل پس از سه تا شش هفته گرسنگي زياد مي شود و ذخيره‌ي انتخابي در افزايش اين اسيد چرب نقش كمتري دارد. اين در حاليست كه DHA به محض ايجاد شرايط گرسنگي افزايش مي‌يابد و در هيچ يک از تيمارها نسبت آن كاهش نيافت ولي EPA در برخي شرايط نسبت به تيمار كنترل كاهش يافت و فقط در شرايط گرسنگي طولاني مدت تبديل زيستي و ذخيره‌ي انتخابي آن رخ مي‌دهد زيرا افزايش آن بيش از كاهش در سطوح LNA مي باشد (جدول ۳). بنابراين نتايج حاكي از افزايش و ابقاء بسيار پايين در EPA و بسيار بالا در DHA در شرايط گرسنگي مي‌باشد. نتيجه ي مشابهي نيز در سالمون آتلانتيک مشاهده‌شد و دلايل آن طويل سازي و غيراشباع سازي كبدي وسيع EPA به DHA در آب شيرين و يا ذخيره‌ي انتخابي بالا در DHA به همراه كاتابوليسم انتخابي EPA عنوان شد (Peng *et al*, 2003). بنابراين ماهي پار آزاد درياي خزر قادر است به صورت انتخابي اسيدهاي چرب PUFA را جهت براورده ساختن نيازهايش به اسيدهاي چرب ضروري ذخيره و يا تبديل نمايد. نتايج مشابهي در سالمون آتلانتيک (Peng *et al.*, 2003) و قزل آلاي رنگين كمان (Greene and Selivonchick. 1990) به دست آمده است Ali *et al*, (2003) عنوان كردند كه ليپيدها اغلب منبع اصلي انرژي براي بقاي ماهي‌ها در طول دوران گرسنگي زمستانه هستند، و گزارش دادند كه تركيب نسبي اسيدهاي چرب گربه ماهي آفريقايي توسط گرسنگي تحت تاثير قرار مي‌گيرد. تغييرات در سطوح چربي‌ها قبل و در طول دوره تغذيه مجدد رخ مي‌دهد و تركيب لاشه‌ي قزل‌آلاي رنگين‌كمان كه سه هفته گرسنه مانده بودند، تغيير كرد ولي سه هفته پس از تغذيه ي مجدد تفاوتي با تيمار كنترل مشاهده نشد. در ماهي كپور gibel نيز همين تغيير و بازگشت به حالت اوليه پس از دو هفته گرسنگي و تغذيه مجدد رخ داد (Ali *et al.*, 2001). بنابراين مطالعات موافق با اين فرضيه هستند كه تنظيم اشتها (پرخوري) بر اساس حفظ ذخاير انرژي (ليپيد) صورت مي‌گيرد. همچنين عنوان شده است كه دو هفته بعد از تغذيه مجدد فعاليت آنزيم هاي دخيل در سنتز اسيدهاي چرب به سطح پايين‌تري كاهش مي‌يابند (Leeson and Zubair. 1996). بنابراين حداقل زمانيكه براي بازگشت تركيب اسيدهاي چرب به مقادير مشابه خود در تيمار كنترل لازم است دو هفته به نظر مي رسد. نتايج مطالعه‌ي حاضر نيز نشان داد كه در طي دوره‌ي

تغذيه‌ي مجدد پس از گرسنگي، ذخاير انرژي سريعا جايگزين مي‌شوند و نهايتا پس از دو تا سه هفته تركيب اسيدهاي چرب تا حدودي به مقادير مشابه خود در تيمار كنترل باز مي‌گردد (جدول ۳). همچنين نسبت‌هاي كاهش يافته‌ي PUFA C_{18}:$C_{20,22}$ در طول دوره‌ي گرسنگي كه مويد تبديل زيستي اسيدهاي چرب پيش ساز به اسيدهاي چرب HUFA است، به مقادير مشابه خود در تيمار شاهد نزديک مي شود و ميزان اسيدهاي چرب MUFA و مقادير ساير گروه‌هاي اسيدهاي چرب نيز به مقادير مشابه خود در تيمار كنترل بازگشتند (جدول ۳ و شكل ۱ و ۲). در اين بين تنها ميزان AA به‌خاطر نياز بالاي فيزيولوژيكي بدن آزاد ماهيان در انتقال از مرحله‌ي پار به اسمولت حتي پس از تغذيه ي مجدد اندكي نسبت به تيمار كنترل بالاتر باقي‌ماند (جدول ۳). سطوح بهينه ي AA و نرخ توليد ايكوزانوئيدهاي مربوط به AA در بافت‌ها مستقيم و غير مستقيم وابسته به چرخه‌ي زندگي و نوع زندگي برخي گونه ها مي‌باشد. براي مثال اسمولتيفيكاسيون و انتقال از مرحله پار به اسمولت در آزاد ماهيان و مهاجرت متعاقب آن از آب شيرين به آب دريا بدون شک يک مرحله‌ي پر از استرس در تكامل طبيعي اين ماهيان است، دوره‌اي كه نياز براي توليد ايكونوزوئيدهاي وابسته به AA افزايش مي يابد (Sargent *et al.*, 1995). بنابراين افزايش AA حتي پس از تغذيه مجدد ماهي‌ها مي‌تواند معرف نياز بالاي ماهيان پار آزاد در مرحله‌ي انتقالي از پار به اسمولت باشد.

به‌طور خلاصه دوره‌هاي گرسنگي بيش از دو تا سه هفته در ماهي آزاد درياي خزر همانند ساير آزاد ماهيان باعث تغيير در تركيب اسيدهاي چرب و تحرک ذخاير ليپيد مي‌شود. البته ماهي آزاد درياي خزر اسيدهاي چرب را به صورت انتخابي جهت براورده ساختن نيازهاي فيزيولوژيكي خود براي تامين انرژي و اسيدهاي چرب ضروري، ذخيره، تبديل و يا مصرف مي كند. نتايج بدست آمده بيانگر اينست كه ماهي پار آزاد درياي خزر در طول گرسنگي اسيدهاي چرب تک غير اشباع (MUFA) را جهت توليد انرژي ترجيح مي‌دهد و قادر به ذخيره انتخابي AA و DHA و در حد كمتر EPA مي باشد و همچنين در طويل‌سازي و غيراشباع‌سازي LNA به اسيدهاي چربHUFA n-۳ نسبت به تبديل زيستي LA به n-۶HUFA توانايي بيشتري دارد، البته اين تغييرات طي دو تا سه هفته تغذيه مجدد تا حد زيادي جبران مي‌شوند. بنابراين ايجاد دوره‌هاي متناوب گرسنگي و تغذيه مجدد قبل از رهاسازي ماهيان جهت بالا بردن سطح اسيدهاي چرب ضروري و افزايش توان سازگاري ماهيان به استرس‌هاي پس از رهاسازي و كاهش هزينه‌هاي پرورشي مي‌تواند مفيد باشد

References

- Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R. J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression, Fish and Fisheries, 4, 147-190.
- Bell, J.G., Tocher, D.R., Farndale, B.M., Cox,D.I., McKinney,R.W., Sargent, J.R., 1997. The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation. Lipids, 32, 515–525.
- Bell, J.G., Waagbo, R ., 2008. Safe and Nutritious Aquaculture Produce: Benefits and Risks of Alternative Sustainable Aquafeeds. In: Holmer, M., Black, K., Duarte, C.M., Marba, N., Karakassis, I. Aquaculture in the Ecosystem, Springer, 185- 225.
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher , D.R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects muscle fatty acid composition and hepatic fatty acid metabolism, Jornal of Nutrition, 132, 222–230.
- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell , P.J., Sargent, J.R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism, Jornal of Nutrition, 131, 1535–1543.
- Boujard, T., Burel, C., Médalea, F., Haylor, G., Moisanc, A., 2000. Effect of past nutritional history and fasting on feed intake and growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)*, Aquatic Living Resources, 13, 129-137.
- Brandsen, M. p., Carterand, C.G., Nichols, P.D., 2003. Replacement of fish oil with sunflower oil in feeds for Atlantic salmon (Salmo salar): effect on growth performance, tissue fatty acid composition and disease resistance, Comparative Biochemistry and Physiology(B), 135, 611–625.
- Daud Om, A., hong, j.i., Umino, T., Nakagawa, H. Sasaki., T. Okada, K., Asano, M., Nakagawa, A., 2003. Dietary effects of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid on lipid metabolism in black sea bream, Fisheries Science, 69, 1182–1193.
- DeLany, J.P., Windhauser, M.M., Champagne, C.M., Bray, G.A., 2000. Differential oxidation of individual dietary fatty acids in humans, The American Journal of Clinical Nutrition, 79, 905–911.
- Durazo-Beltra´na, E., Vianab, M. T., Abramoc, L., Toro-Vazquez, G. F., 2004. Effects of starvation and dietary lipid on the lipid and fatty acid composition of muscle tissue of juvenile green abalone (*Haliotis fulgens*), Aquaculture, 238, 329–341.
- Einen, O., Waagan, B., Thomassen, M. S., 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon _*Salmo salar* / I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition, Aquaculture, 166, 85–104.
- Falahatkar, B., Foadian, A., Abbasalizadeh, A., Tolouei Gilani, M. H., 2007. Effect of starvation and feeding strategiels on growth performance in sub-yearliny great sturgeon (*Huso huso*). ISS6 symposium 2009.
- Folch, J., Less, M., G. H., Stainley, S., 1957. A simple method for isolation and purification of total lipid from animal tissue, Journal of Biological Chemistry, 226, 497- 509.
- Furne, M., M. García-Gallego, M.C. Hidalgo, A. E. Morales, A. Domezain, J. Domezain, A. anz, 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*),Comparative Biochemistry and Physiology (A), 149, 420–425.
- Greene, D.H.S., Selivonchick, D.P., 1990. Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and hematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture, 89, 165–182.
- Gurney, W., Jones, W., Veitch, R., Nisbet, R., 2003. Resource Allocation, Hyperphagia and Compensatory Growth in Juveniles, Ecology, 84, 2777–2787.
- Karasov, W.H., Martinez del Rio, C., 2007. Physiological Ecology: How animals process energy, nutrients, and toxins. Princeton University Press, Princeton, 75-93.
- Kiessling, A., Kiessling, K.H., 1993. Selective utilisation of fatty acid in rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) red muscle mitochondria. Canadian Journal of Zoology, 71, 248-251.
- McCue, M.D., 2008, Fatty acid analyses may provide insight into the progression of starvation among squamate reptiles, Comparative Biochemistry and Physiology(A), 151,239–246.

- McCue, M.D., Amitai, O., Khozin-Goldberg, I., McWilliams, S.R., Pinshow, B., 2009. Effect of dietary fatty acid composition on fatty acid profiles of polar and neutral lipid tissue fractions in zebra finches, *Taeniopygia guttata.* Comparative Biochemistry and Physiology (in Press).
- Metcalfe, L. D., Schmitz, A. A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatography analysis, Anaitical Chemistry, 33, 363–364.
- Peng, J., Larondelle, Y., Pham, D., Ackman, R.G., Rollin,X., 2003. Polyunsaturated fatty acid profiles of whole body phospholipids and triacylglycerols in anadromous and land locked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry, Comparative Biochemistry and Physiology (B), 134, 335–348.
- Rollin, X., Peng, J., Pham, D.,Ackman, R.G., Larondelle, Y., 2003. The effects of dietary lipid and strain difference on polyunsaturated fatty acid composition and conversion in anadromous and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) parr, Comparative Biochemistry and Physiology (B), 134: 349–366.
- Ruyter, B., Røsjø, C., Grisdale-Helland, B., Rosenlund, G., Obach, A. Thomassen, M.S., 2003. Influence of temperature and high dietary linoleic acid content on esterification, elongation, and desaturation of PUFA in Atlantic salmon hepatocytes. Lipids, 38, 833–840.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G.,2002. The Lipids. In: Halver, JE, and Hardy, RW (eds.), Fish nutrition, 3rd edn. Elsevier Science, New York. 181–257.
- Sargent, J.R., Bell, G., McEvoy, L., Tocher, D., Estevez, E., 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish, Aquacuture, 177, 191-199.
- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. Symposium of European Inland Fisheries Advisory Commission, Journal of Apply Ichthyology, 11, 183.
- Sheridan, M.A., 1988. Lipid Dynamics in Fish: Aspects of Absorption, Transportation, Deposition and Mobilization,Comparative Biochemistry and Physiology (B), 60, 679-690.
- Sudagar, M., MohammdizarenajadMazandarani, A. R., Pooralimotlagh, S., 2009. The efficacy of clove powder as an anestethic and its effects on hematological parameters on roach (Rutilus rutilus), Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition, 1, 1-5.
- Tocher, D. R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in Teleost fish, Review in Fisheries Science, 11, 107-184.
- Torstensen, B.E., Frøyland, L., Ørnsrud, R., Lie, Ø., 2004. Tailoring of a cardio protective muscle fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed vegetable oils, Food Chemistry, 87, 567–580.
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Froyland, L., 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effects of capelin oil, palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources, Lipids, 35, 653–664.
- Velisek, J., Sbodova, Z., Piaakova, V., 2005. Effect of clove oil anesthesia on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Acta Veterianaria Brunensis, 74, 139-146.
- Zubair, A.K., Leeson, L., 1996. Compensatory growth in the Broiler Chiken: a review, World's Poultry Science, 52, 189-201.

Comparison of body fatty acid composition of the caspian trout parrs in feeding, starvation and refeeding periods

F. Maniei[1], J. Imanpoor Namin[2], A. M. Abedian Kenari[*3], M. R. Khosh Kholgh[2] and J. Amiri Moghaddam[4]

[1]M.Sc graduate, Faculty of Natural Resources, Guilan University, I.R.Iran

[2]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Guilan University, I.R.Iran

[3]Assistant Prof., Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, I.R.Iran

[4]M.Sc graduate, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, I.R.Iran

(Received: 26/9/2010, Accepted: 16/3/2011)

Abstract

This study was conducted to compare the body fatty acid composition of Caspian trout (*Salmo trutta caspius*) parrs in different nutritional statuses. 900 Caspian trout parrs 12.5 (SD± 1 g) were kept at various nutritional statuses, i.e. six weeks of full feeding (FFF), three weeks starvation and three weeks of refeeding (SF), three weeks of feeding and three weeks of starvation (FS), two weeks of feeding, two weeks of starvation and two weeks of refeeding (FSF), two weeks of starvation, two weeks of feeding and two weeks of starvation (SFS) and six weeks of full starvation (SSS). After feeding with various nutritional status, body fatty acid composition was analyzed by GC/FID. Total Monounsaturated Fatty Acids (MUFA) were decreased than control treatment (35.14%) with increase in periods of starvation and reached to 32.32% in SSS treatment, while Saturated Fatty Acid (SFA) and Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA) were increased from 27.25% and 27.10% in FFF treatment respectively to 32.81% and 31.54% in SSS treatment ($P < 0.05$). Linolenic acid (LNA) content and PUFA $C_{18}/_{C20,22}$ index (1.62 and 0.27% in FFF treatment respectively) were decreased with increase in periods of starvation and reached to 1.19 and 0.22% in SSS treatment, Icosapentaenoic Acid (EPA) and Docosahexaenoic Acid (DHA) were increased significantly ($P < 0.05$) inversely and reached to 4.55 and 14.12%in in FFF treatment and 6.46 and 15.6% in SSS treatment. In refeeding periods, fatty acids have an invert trend and were closed to their levels in control treatment. Therefore, Caspian trout stores, converts or uses fatty acids selectively in different nutritional statuses to provide its own requirement for energy and essential fatty acids.

Keywords: Body Fatty Acid Composition, Refeeding, Starvation, Caspian Trout

*Corresponding author: Tel: +981226253101 ,Fax: +981226253499 , E-mail: **aabedian@modares.ac.ir**