مقايسه تركيب اسيدهاي چرب بدن ماهيان پار آزاد درياي خزر در دوره‌هاي غذادهي، گرسنگي و تغذيه مجدد

فاطمه منيعي[۱]، جاويد ايمانپور نمين[۲]، عبدالمحمد عابديان كناري[۳]، مجيد رضا خوش خلق[۲] و جمشيد اميري مقدم[٤]
[۱] دانش آموخته كارشناسي ارشد، دانشكده منابع طبيعی دانشگاه گيلان، ايران
[۲] استاديار گروه شيلات، دانشكده منابع طبيعی دانشگاه گيلان، ايران
[۳] دانشيار گروه شيلات، دانشكده علوم دريايي دانشگاه تربيت مدرس نور، ايران
[٤] دانش آموخته كارشناسي ارشد، دانشكده علوم دريايي دانشگاه تربيت مدرس نور، ايران
(تاريخ دريافت:۱۳۸۹/۷/٤ ، تاريخ تصويب: ۱۳۸۹/۱۲/۲۵)

چكيده

اين مطالعه به‌منظور مقايسه تركيب اسيدهاي چرب بدن ماهي پار آزاد درياي‌خزر (*Salmo trutta caspius*) در شرايط مختلف تغذيه‌اي انجام‌گرديد. تعداد ۹۰۰ ماهي پار آزاد خزر (SD±۱) ۱۲/۵ گرم در شرايط مختلف تغذيه‌اي شامل شش هفته غذادهي‌كامل (FFF يا شاهد)، سه‌هفته گرسنگي و سه‌هفته تغذيه‌مجدد (SF)، سه‌هفته غذادهي و سه‌هفته گرسنگي (FS)، دو هفته غذادهي، دو هفته گرسنگي و دو هفته تغذيه‌مجدد (FSF)، دو هفته گرسنگي، دو هفته غذادهي و دو هفته گرسنگي (SFS) و شش‌هفته گرسنگي-كامل (SSS) نگه‌داري‌شدند. پس از اعمال شرايط مختلف تغذيه‌اي تركيب اسيدهاي‌چرب بافت‌بدن بوسيله‌ي GC/FID آناليزشد. مجموع اسيدهاي‌چرب تک غيراشباع (MUFA) با افزايش دوره‌هاي‌گرسنگي نسبت‌به تيمار شاهد (۳۵/۱۴ درصد) كاهش‌يافت و به ۳۲/۳۲ درصد در تيمار SSS رسيد، درعوض نسبت اسيدهاي‌چرب اشباع (SFA) و اسيدهاي‌چرب چند غيراشباع (PUFA) به‌ترتيب از ۲۷/۲۵ و ۲۷/۱۰ در تيمار FFF به ۳۲/۸۱ و ۳۱/۵۴ درصد در تيمار SSS افزايش‌يافتند ($P<۰/۰۵$). مقادير لينولنيک‌اسيد (LNA) و شاخص نسبت PUFA $C_{۱۸/۲۰و۲۲}$ (به‌ترتيب۱/۶۲ درصد و ۰/۲۷ در تيمار FFF) در اثر افزايش دوره‌ي گرسنگي كاهش‌يافتند و به مقادير ۱/۱۹ درصد و ۰/۲۲ در تيمار SSS رسيدند، درمقابل ميزان ايكوزاپنتانوئيک اسيد (EPA) و دكوزاهگزانوئيک اسيد (DHA) به طور معني‌داري افزايش يافتند و به‌ترتيب از ٤/۵۵ و ١٤/۱۲ در تيمار FFF به ۶/۴۶ و ۱۵/۶ درصد در تيمار SSS رسيدند. در دوره‌هاي تغذيه مجدد، اسيدهاي‌چرب روند عكس داشته و به سطوح خود در تيمار شاهد نزديک شدند. بنابراين ماهي آزاد درياي‌خزر در شرايط مختلف تغذيه‌اي اسيدهاي‌چرب را به‌صورت انتخابي جهت تامين انرژي و اسيدهاي چرب ضروري مورد نياز خود، ذخيره، تبديل و يا مصرف مي‌كند.

واژه هاي كليدي: تركيب اسيدهاي‌چرب بدن، تغذيه مجدد، گرسنگي، ماهي آزاد درياي‌خزر

---

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱ فاكس: ۰۱۲۲۶۲۵۳۴۹۹ E-mail: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه

در محیط طبیعي بسیاري از ارگانیزم‌ها نظیر آزادماهیان به صورت موقتي یا فصلي دچار قحطي کامل یا جزیي در دسترسي به غذا مي‌شوند، بنابراین به عنوان یک سازگاري به این نوع زندگي، بسیاري از ارگانیزم‌ها یک دوره از رشد سریع را در طول دوره بازگشت از گرسنگي و تغذیه مجدد نشان مي‌دهند (Gurney *et al.*, 2003; Furne *et al.*, 2008) دوره‌هاي گرسنگي باعث افزایش مصرف و همچنین کارایي غذا و تغییر در ترکیب بافت جدید بدن در دوره تغذیه مجدد مي‌شود (Ali *et al.*, 2003) لیپیدها و مخصوصا اسیدهاي چرب سازنده‌ي آنها منبع اولیه انرژي سلولي در طول دوره‌هاي محدودیت غذایي در بین جانوران مي‌باشد (McCue, 2008) دوره‌هاي محدودیت غذایي باعث تغییر در منابع ذخیره، مخصوصا لیپیدها و اسیدهاي چرب در گردش در ماهیان مي‌شوند (McCue, 2003; Ali *et al.*, 2008) لیپولیز به علت مصرف ترجیحي اسیدهاي چرب خاص، ترکیب اسیدهاي چرب بدن را تغییر مي‌دهد. اسیدهاي چرب اشباع (SFA[1]) و تک غیر اشباع (MUFA[2]) نسبت به اسیدهاي چرب چند غیر اشباع با زنجیره بلند (HUFA[3]) منابع اصلي تامین انرژي در زمان گرسنگي مي‌باشند (Durazo-Beltra´na, 2004). در ماهیان MUFA در زمان گرسنگي تحرک بیشتري نسبت به دیگر اسیدهاي چرب دارند (Einen *et al*, 1998) و در هنگام کمبود انرژي به طور ترجیحي، اولین منبعي هستند که مصرف مي‌شوند (Daud Om, 2003). اما تغذیه مجدد پس از دوره‌هاي گرسنگي قادر است سطوح لیپید کاهش یافته را تجدید کند (Ali *et al*, 2003). ماهي آزاد دریاي خزر (*Salmo trutta caspius*) همانند سایر آزادماهیان در طي مهاجرت خود از آب شیرین به آب دریا با دوره‌هاي عدم تغذیه و گرسنگي ناشي از استرس پس از رهاسازي به مصب رودخانه مواجه مي‌شود، که ممکن است این دوره هاي گرسنگي و محدودیت غذایي باعث تغییر در ترکیب اسیدهاي‌چرب بدن ماهي‌ها و متابولیسم انرژي، پس از رهاسازي گردد. مهاجرت ماهي از آب شیرین به آب دریا یک دوره‌ي پر استرس در تکامل طبیعي ماهي مي‌باشد، دوره‌اي که تقاضا براي تولید ایکوزانوییدها از آراشیدونیک اسید، EPA[4] وDHA[5] افزایش مي‌یابد (Sargent, 1999). مطالعه حاضر نیز در جستجوي روشي جهت القاي تغییراتي در ترکیب اسیدچرب بدن ماهیان پار آزاد دریاي‌خزر در فصل رهاسازي به دریا با استفاده از رژیم‌هاي مختلف غذایي، به منظور افزایش درصد بازماندگي پس از رهاسازي و کاهش هزینه‌هاي احیاي ذخایر ماهي آزاد دریاي‌خزر بود. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسي تغییرات ترکیب اسیدهاي‌چرب بدن ماهي آزاد دریاي خزر در اثر شرایط مختلف تغذیه‌اي شامل دوره‌هاي تغذیه کامل، گرسنگي و تغذیه مجدد پس از گرسنگي در جهت فهم شرایط فیزیولوژیک محتمل ناشي از تغییر ترکیب اسیدهاي‌چرب، پس از رهاسازي به محیط طبیعي بود.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش

تعداد ۹۰۰ قطعه بچه ماهي پار آزاد دریاي خزر با میانگین وزني (SD±۱) ۱۲/۵ گرم به‌صورت مساوي و تصادفي (۵۰ عدد در هر تانک) به ۱۸ حوضچه‌ي بتوني حاوي ۱/۵ مترمکعب آب در مرکز تکثیر و پرورش ماهیان سردابي شهید باهنر کلاردشت منتقل شدند. آب حوضچه‌ها بطور دائم با آب رودخانه با دبي ۱۵ لیتر در دقیقه تامین مي‌شد. آزمایش در ماه‌هاي مهر و آبان تحت رژیم نوري طبیعي انجام شد و دماي آب در ابتداي دوره ۱۱ درجه سانتي‌گراد و به تدریج در انتهاي دوره به ۷ درجه سانتي‌گراد رسید. میزان اکسیژن آب (SD±۰/۵) ۸ میلي گرم بر لیتر و اسیدیته (SD±۰/۲) ۷ بود. ۲ هفته به ماهیان اجازه داده‌شد تا به محیط جدید سازگار شوند، در طول این مدت ماهیان با جیره تجاري قزل‌آلا روزانه دو بار، در حد اشباع تغذیه 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

تیمارهاي تعیین شده که در جدول ۱ نشان داده شده است، شرایط مختلف تغذیه‌اي شامل غذادهي، گرسنگي و تغذیه مجدد بر ماهیان اعمال گردید. غذادهي با جیره تجاري ماهي قزل‌آلا با ترکیب مذکور در جدول ۲، به صورت دستي، روزانه سه بار در حد اشباع، در ساعات ۰۹:۰۰ ، ۱۳:۰۰ و ۱۶:۰۰ انجام گرفت.

جدول۱- تیمارهاي آزمایشي

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)

+ غذاي دهي روزانه سه وعده در حد اشباع   * Feeding -F

++ گرسنگي کامل   ** Starvation -S

جدول ۲- ترکیب اسیدهاي‌چرب و تجزیه تقریبي جیره تجاري مورد استفاده براي تغذیه بچه ماهیان آزاد درياي خزر در دوره‌هاي غذادهي (درصد هر اسید چرب در کل اسیدهاي چرب شناسایي شده)

اسید چرب	میزان(%)	اسید چرب	میزان(%)
C١٤:٠	٤/٣	ΣSFA[١]	٢٧/٤
C١٤:١-٥	١/٣	ΣMUFA[٢]	٣٦/٧
C١٦:٠	١٦/١	ΣPUFA[٣]	٢٥/٢
C١٦:١n-٧	٥/٢	PUFA $C_{١٨}/C_{٢٠,٢٢}$[٤]	٠/٢٨
C١٨:٠	٦/٢	ΣN-٣	١٩/٥
C١٨:١n-٩	٢٥/٧	ΣN-٦	٥/٧
C١٨:١n-٧	٢/٧	n-٣/n-٦	٣/٤٢
C١٨:٢n-٦	٣/٨	ΣHUFA[٥]	٢٠/٦
C١٨:٣n-٣	١/٤	DHA/EPA	٣/٢٤
C٢٠:٠	٠/٨	ARA/EPA	٠/٢٦
C٢٠:١n-٩	١/٢		
C٢٠:٢n-٦	٠/٢	**تجزیه تقریبي**	**میزان(%)**
C٢٠:٣n-٣	٠/٣	پروتئین	٥٠/٨٢
C٢٠:٤n-٦	١/١	چربي	١٧/١
C٢٢:١n-٩	٠/٦	رطوبت	١٢/٥
C٢٠:٥n-٦	٠/٦	خاکستر	١٠/١
C٢٠:٥n-٣	٤/٢	کربوهیدرات	٩/٤٨
C٢٢:٦n-٣	١٣/٦	انرژي‌قابل‌هضم (kcal/kg)	٣٤٩٨

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

[٤] $C_{۱۸}$ 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 ، C۲۲:٦n-۳

تعیین ترکیب اسید چرب بافت

استخراج چربي بافت

پس از پایان دوره‌ي اعمال تیمارها، تعداد ۵ قطعه ماهي از هر حوضچه (۱۵ قطعه از هر تیمار) توسط پودر گل میخک با غلظت ۳۵۰ ppm (Sudagar *et al*, 2009) بي‌هوش گردیدند، و پس از قطع ساقه‌دمي جهت آنالیز پروفیل اسیدهاي چرب بافت بدن تا زمان انجام آزمایشات درون فریزر ۸۰- درجه سانتي گراد نگه‌داري شدند. در زمان انجام آزمایش بافت بدن ماهي‌هاي مربوط به هر حوضچه پس از دیفراست درون یخچال به صورت کامل با آسیاب برقي همگن شد. سپس از ۱ گرم نمونه همگن شده توسط محلول کلوروفرم و متانول (به ترتیب با نسبت حجمي ۲ به ۱) بر طبق روش(Folch *et al*, 1957) چربي بافت بدن استخراج گردید و بوسیله گاز نیتروژن حذف حلال صورت گرفت و نهایتا" چربي استخراج‌شده باقي‌ماند.

متیل استري کردن چربي استخراج شده و شناسایي اسیدهاي چرب

متیل‌استري‌کردن اسیدهاي‌چرب توسط استري‌کردن قلیایي با سود متانولي ۲% (۱۰۰°C، ۱۰ دقیقه) و سپس متیلاسیون اسیدهاي چرب در محلول BF_3 (تري فلوراید بور) (۱۰۰°C، ۳ دقیقه) بر طبق روش(*et al*, 1961 Metcalfe) انجام شد. سپس متیل استرهاي استخراج شده در هگزان نرمال توسط دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) (Varian, model:CP3800 Walnut Creek, Netherlands) مجهز به ستون کاپیلاري از نوع (BPX 70 SGE; 120 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 µm) و آشکار ساز نوع FID، جداسازي و شناسایي گردید. گاز ازت با خلوص (۹۹/۹۹۹۹%) و هواي خشک به عنوان گاز حامل استفاده شد. دماي اولیه ستون ۱۶۰ درجه سانتي‌گراد بود و با سرعت ۲ درجه سانتیگراد در دقیقه به ۱۸۰ درجه سانتي‌گراد مي‌رسید.

دماي آشکار ساز و محل تزریق به ترتیب ۳۰۰ و ۲۶۰ درجه سانتي گراد بود و زمان اجراي عملیات دستگاه براي هر نمونه ۸۵ دقیقه بود. نرم افزار (version6.41) Varian Star Chromatography Software جهت مقایسه ترکیب پروفیل اسید چرب نمونه‌ها با پیک استاندارد و محاسبه سطح زیر پیک استفاده شد و نتایج به صورت درصد هر اسید چرب در چربي کل گزارش گردید.

تجزیه و تحلیل آماري داده‌ها

طرح کلي این تحقیق در قالب طرح کاملا" تصادفي Completely Randomized Design برنامه ریزي و اجرا شد. تجزیه و تحلیل آماري داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 17 و براي رسم نمودار ها از نرم‌افزار Excel 2007استفاده گردید. ابتدا شرط نرمال بودن داده‌ها با آزمون Shapiro-Wilk و همگني واریانسها بوسیله آزمون Leven آزمایش گردید. سپس براي مقایسه میانگین تیمارها، از آزمون One Way ANOVA استفاده شد و جهت مقایسه بین تیمارها، در صورت همگني واریانس از آزمون دانکن و در صورت عدم همگني واریانس ها، از آزمون دانت تي ۳ استفاده گردید.

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 تك‌غيراشباع (مخصوصا OLA[1]) 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) (به‌ترتيب در تيمارهاي FFF، FS، SFS و SSS: ۲۷/۲۵، ۲۸/۶۸، ۳۲/۲۴ و ۳۲/۸۱) و اسيدهاي چرب چند غير اشباع شامل AA[2]، 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 مشاهده‌مي‌شود 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- تركيب اسيدهاي چرب در چربي كل بدن (درصد هر اسيد چرب در كل اسيدهاي چرب شناسايي شده) پس از اعمال رژيم‌هاي مختلف غذايي (**mean±S.D., n=۳**) . در هر تكرار پنج نمونه هموژن‌شده مورد آناليز قرارگرفت. مقادير با حروف متفاوت در هر رديف بيانگر تفاوت معني‌دار بين تيمارها مي‌باشد (**P<۰/۰۵**) و **n.d.** بيانگر عدم تشخيص اسيد چرب توسط آشكارساز (**none detected**) مي باشد.

اسيدهاي چرب	رژيم‌هاي مختلف تغذيه‌اي					
	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±۱/۹۵^{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 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.

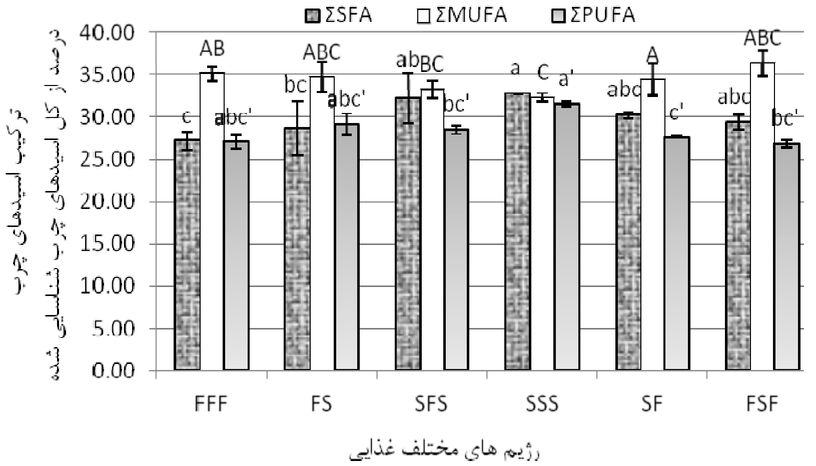
[1] ΣSFA شامل: C۱٤:۰ ،C۱٦:۰،C۱۸:۰،C ۲۰:۰.

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

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

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

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

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.

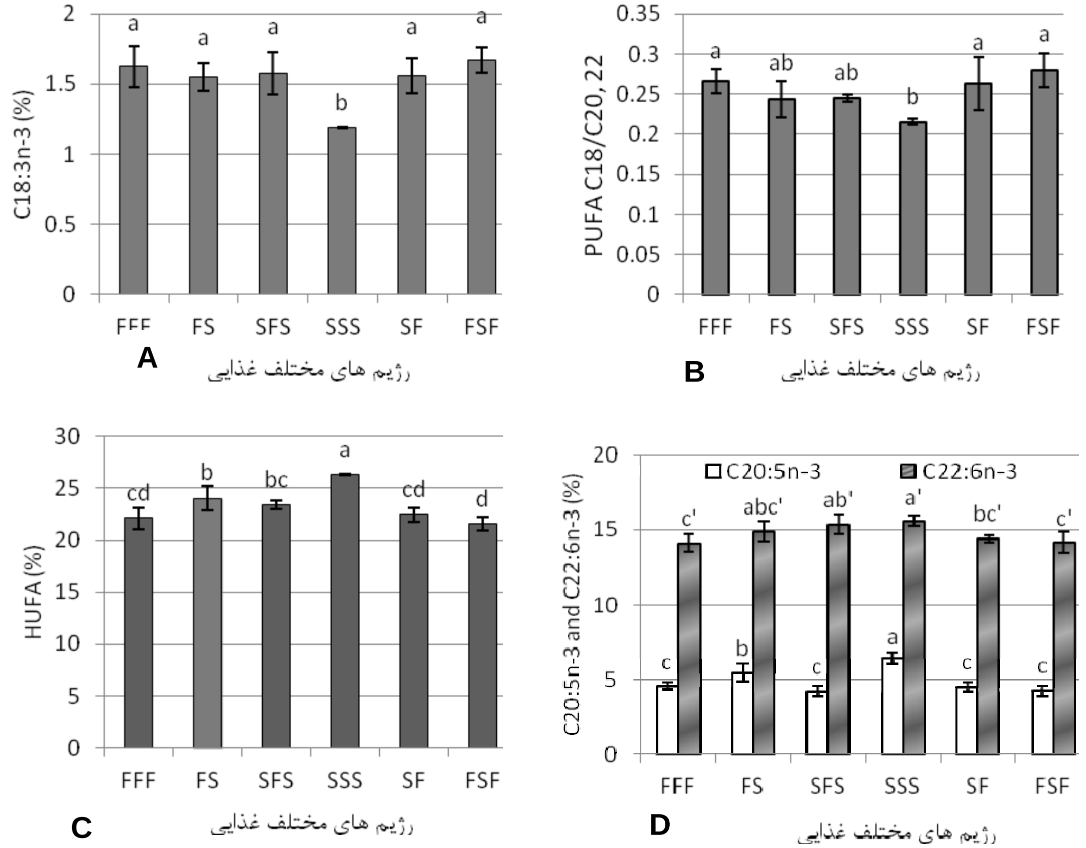
اين نتايج به وضوح بيانگر استفاده سريع اسيدهاي چرب تک غير اشباع در شرايط گرسنگي در ماهيان پار آزاد درياي خزر هستند، زيرا که سهم آن ها پس از دوره هاي گرسنگي کاهش يافت. در واقع ماهي آزاد درياي خزر اسيدهاي چرب خاصي را جهت تامين انرژي انتخاب و برخي ديگر را ذخيره مي‌کند. مطالعات بر روي ساير آزادماهيان نشان 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

---

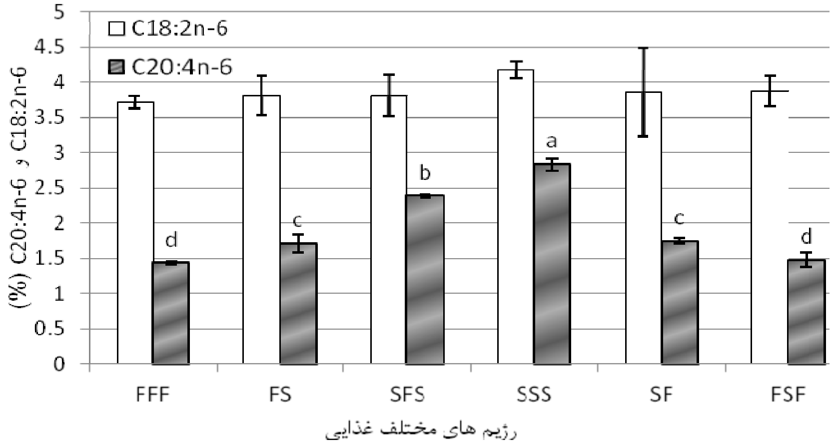
[8] β-Oxidation

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

همچنين عنوان شده است كه OLA يک پيش ماده‌ي ترجيحي براي توليد انرژي در سالمون آتلانتيک مي‌باشد (Torstensen *et al*, 2004). بنابراين كاهش در ميزان اسيدهاي چرب تک غير اشباع شامل OLA و ۷- n۱: ۱۶نشان دهنده‌ي مصرف اين اسيدهاي چرب براي توليد انرژي در طول دوره‌ي گرسنگي مي‌باشد. در راستاي اين نتايج (kiessling, 1993 kiessling and) گزارش كردند كه در قزل‌آلاي رنگين كمان اسيدهاي چرب ۱:۱۶، ۱۶:۰، OLA و LA در طول دوره ي گرسنگي مصرف مي‌شوند، كه 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.



شكل ۲- تغييرات نسبت **PUFA $C_{۱۸}$:$C_{۲۰,۲۲}$** **(A)**، درصد**۳n-۳**: **C۱۸** **(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 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.



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 که انرژي موجود در LA نسبت به اسیدهاي چرب با طول زنجیره‌ي مساوي نظیر OLA کمتر است (Martinez del Rio and Karasov. 2007)، همچنین افزایش سطح برخي اسیدهاي چرب در بافت-هاي ذخیره‌ي چربي نظیر LA عملکرد سازگاري از طریق ذخیره سازي اسیدهاي چرب ضروري جهت بهبود و تخصیص آنها به بافت هاي دیگر نظیر قلب و مغز که به آنها نیاز دارند، مي‌باشد (McCue *et al*, 2009). ذخیره‌ي انتخابي ۱۶:۰ نسبت به مصرف آن نیز ممکن است بازگو کننده‌ي اهمیت ساختاري این اسید چرب به همراه OLA در فسفولیپیدهاي غشا باشد، زیرا این دو اسید چرب عمدتا در جایگاه‌Sn-۱ خصوصا در فسفاتیدیل کولین و فسفاتیدیل اینوزیتول قرار میگیرند و اسیدهاي چرب PUFA و HUFA ترجیحا در جایگاه‌Sn-۲ قرار مي‌گیرند (Sargent *et al*, 2002) . افزایش در میزان اسیدهاي چرب نظیر AA، EPA و DHA را در وهله ي اول مي توان به مکانیزم هاي در رابطه با ذخیره‌ي انتخابي یا Selective deposition نسبت داد که یا در اثر عملکرد بسیار اختصاصي آسیل ترانسفرازهاي چربي در خصوص AA و DHA رخ مي دهد یا اینکه مقاومت نسبي اسیدهاي چرب مذکور به قطع بتا-اکسیداسیون از مسیرهاي کاتابولیکي پیچیده باعث آن مي شود (Bell *et al*, 2001 and 2002). بر اساس مطالعات عنوان شده است که مصرف اسیدهاي چرب HUFA شامل DHA عمدتا در مراحل ابتدایي تکامل، زمانیکه کیسه زرده وجود دارد انجام مي شود، ولي پس از آن در لاروهایي که تحت شرایط گرسنگي بودند، DHA و AA به صورت انتخابي در فسفاتیدیل اینوزیتول ذخیره مي‌شود در حالیکه دیگر اسیدهاي چرب شامل EPA مي توانند مصرف شوند (Tocher, 2003). البته در غلظت هاي پایین EPA نیز مي تواند به صورت انتخابي ابقا شود و نسبت آن افزایش یابد (Bell and Waagbo, 2008).

در وهله‌ي دوم توانایي ماهي پار آزاد درياي خزر همانند سایر آزاد ماهیان آب شیرین در غیر اشباع سازي و طویل سازي LNA به اسیدهاي چرب EPA و DHA و اسید چرب LA به AA مي تواند باعث افزایش سطوح آنها را در طول دوره‌ي گرسنگي توجیه کند، البته در وهله ي سوم استفاده‌ي بیشتر ماهي آزاد از اسیدهاي چرب تک غیر اشباع به عنوان منبع انرژي که موجب کاهش سهم آنها و افزایش سهم SFA و PUFA شامل EPA، DHA و AA

را نبايد ناديده گرفت (شکل ۱). کاهش 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 شکل ۳) و دوم تغييرات مشابه مقادير LNA با نسبت شاخص PUFA $C_{18}:C_{20,22}$ و افزايش اسيدهاي چرب سري n-۳HUFA (شکل 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 کبدي 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 ذکر است که LNA به عنوان يک ماده اکسيداتيو نسبت به LA ترجيح داده مي‌شود (DeLany *et al.*, 2000). همچنين عدم تغيير در ميزان LA با وجود تغييرات معني‌دار در سطوح AA (شکل ۳) فرض طويل سازي و غير اشباع سازي LA را در شرايط گرسنگي رد مي‌کند، 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 که 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 کبدي مي‌باشد (Bell *e t al*, 2001). اما روند کاملا معکوس در کاهش و افزايش LNA با EPA در شکل ۲ نشان دهنده‌ي اينست که 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 کمتري دارد. اين در حاليست که DHA به محض ايجاد شرايط گرسنگي افزايش مي‌يابد و در هيچ يک از تيمارها نسبت آن کاهش نيافت ولي EPA در برخي شرايط نسبت به تيمار کنترل کاهش يافت و فقط در شرايط گرسنگي طولاني مدت تبديل زيستي و ذخيره‌ي انتخابي آن رخ مي‌دهد زيرا افزايش آن بيش از کاهش در سطوح LNA مي باشد (جدول ۳). بنابراين نتايج حاکي 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 کبدي وسيع EPA به DHA در آب شيرين و يا ذخيره‌ي انتخابي بالا در DHA به همراه کاتابوليسم 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 کمان (Greene and Selivonchick. 1990) به دست آمده است Ali *et al*, 2003) عنوان کردند که ليپيدها اغلب منبع اصلي انرژي براي بقاي ماهي‌ها در طول دوران گرسنگي زمستانه هستند، و گزارش دادند که ترکيب 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 ترکيب لاشه‌ي قزل‌آلاي رنگين‌کمان که سه هفته گرسنه مانده بودند، تغيير کرد ولي سه هفته پس از تغذيه ي مجدد تفاوتي با تيمار کنترل مشاهده نشد. در ماهي کپور 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 که تنظيم اشتها (پرخوري) بر اساس حفظ ذخاير انرژي (ليپيد) صورت مي‌گيرد. همچنين عنوان شده است که دو هفته بعد از تغذيه مجدد فعاليت آنزيم هاي دخيل در سنتز اسيدهاي چرب به سطح پايين‌تري کاهش مي‌يابند (Leeson and Zubair. 1996). بنابراين حداقل زمانيکه براي بازگشت ترکيب اسيدهاي چرب به مقادير مشابه خود در تيمار کنترل لازم است دو هفته به نظر مي رسد. نتايج مطالعه‌ي حاضر نيز نشان داد که در طي دوره‌ي

تغذیه‌ي 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**