دوفصلنامه طب جنوب
پژوهشكده زيست- پزشكي خليج فارس
مركز تحقيقات طب گرمسيري و عفوني خليج فارس
دانشگاه علوم پزشكي و خدمات بهداشتي درماني بوشهر
سال دهم، شماره ۲، صفحه ۱۳۵ - ۱۲۸ (اسفند ۱۳۸۶)

# اثر جايگزني سطوح مختلف روغن بذرك با روغن ماهي در جيره غذايي ماهي قزل‌آلاي رنگين كمان جهت افزايش اسيدهاي چرب n-۳ در بافت مأكول

محمد حسين محمدي آشناني*[۱]، دكتر محمود نفيسي بهابادي[۲]، دكتر علي موحد [۳]، الهام حسني [۴]، محمد مهدي محمدی[۵]

[۱] دانشجوی كارشناسي ارشد برنامه ريزي و مديريت محيط زيست، دانشكده محيط زيست، دانشگاه تهران
[۲] استاديار مهندسي شيلات، دانشكده كشاورزي و منابع طبيعي،دانشگاه خليج فارس
[۳] استاديار بيوشيمي، دانشكده پزشكي، دانشگاه علوم پزشكي بوشهر
[۴] كارشناس مهندسي شيلات، دانشكده كشاورزي و منابع طبيعي، دانشگاه خليج فارس
[۵] مربي تغذيه، دانشگاه علوم پزشكي بوشهر

## چكيده

زمينه: اثر روغن‌هاي دريايي به دليل دارا بودن اسيدهاي چرب n-3 روي بسياري ازبيماري‌ها به اثبات رسيده است.اكثر اثرات بالينی اسيدهاي چرب n-۳ به دليل وجود دی‌كوزاهگزانوئيک‌اسيد و ايكوزاپنتانوئيک‌اسيد مي‌باشد كه جز در ماهي در هيچ ماده غذايي ديگري تا به حال يافت نشده است. هدف از اين تحقيق استفاده از روغن بذرك (Flaxseed Oil) به عنوان پيش ساخت جهت افزايش دي كوزاهگزانوئيک‌اسيد و ايكوزاپنتانوئيک‌اسيد در بافت ماهي قزل‌آلاي رنگين كمان (Oncorhynchus mykiss) مي‌باشد كه در نهايت مي‌تواند موجب جبران كمبود اسيدهاي چرب n-۳ در سبد غذايي خانوار و گامي مهم در جهت سلامت جامعه باشد.

مواد و روش‌ها: ماهيان قزل‌آلا با ميانگين وزني ۶/۱۵۰±۰/۲۴۰ گرم به مدت ۴۰ روز در حوضچه‌هاي پلي اتيلن به ظرفيت ۲۵۰ ليتر و آبگيري ۱۵۰ ليتر به صورت تصادفي و در سه تكرار پرورش يافتند. جيره‌هاي غذايي، همسان از نظر تركيبات و داراي اختلاف در نوع چربي، در چهار سطح ۲۵ درصد، ۵۰ درصد، ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد جايگزيني روغن بذرك با روغن ماهي تهيه شدند و ماهيان پرورشي بر اساس توده زنده حوضچه‌ها كه هر ۲۰ روز يكبار طي عمليات زيست سنجي تعيين شد، تغذيه گرديدند. در طول دوره پرورش، دماي آب ۲ ± ۱۵ درجه سانتي‌گراد، اسيديته ۷/۸۵۰ – ۷/۵۰۰، اكسيژن محلول در حد اشباع، هدايت الكتريكي ۲۸۰۰ ميكروموس بر سانتي‌متر و شوري ۱/۴ گرم در ليتر اندازه‌گيري شد.

يافته‌ها: با افزايش سطح روغن بذرك در جيره، درصد چربي خام لاشه، پروتئين لاشه و مجموع اسيدهاي چرب n-۳ بافت افزايش معني‌داري داشت (P <۰/۰۵) و بيشترين تغييرات در نوع ايكوزاپنتانوئيک بود. ليكن در وزن نهايي و ميزان رشد ماهي‌ها اختلاف معنـي‌داري مشـاهده نگرديد (P <۰/۰۵).

نتيجه‌گيري: جيره غذايي با ۷۵ درصد روغن بذرك و ۲۵ درصد روغن ماهي علاوه بر تامين نيازهاي بيولوژيكي ماهي و جذب بهتر پروتئين، موجب افزايش درصد اسيدهاي چرب دي‌كوزاهگزانوئيک اسيد و ايكوزاپنتانوئيک اسيد تا حدود دو برابر در بافت مأكول مي شود.

واژگان كليدي: قزل‌آلاي رنگين‌كمان، اسيدهاي چرب n-۳، روغن بذرك، دي‌كوزاهگزانوئيک‌اسيد، ايكوزاپنتانوئيک‌اسيد

دريافت مقاله:۱۳۸۶/۸/۲۳ - پذيرش مقاله: ۱۳۸۷/۱/۳۰

* تهران, خيابان قدس, دانشكده محيط زيست دانشگاه تهران
Email:m_h_ashnani@yahoo.com

## مقدمه

روغن‌هاي دريايي به دليل دارا بودن اسيدهاي چرب غير اشباع با چند پيوند دوگانه و اسيدهاي چرب به شدت غير اشباع در سطح گسترده‌اي مورد توجه مي‌باشند. مهمترين اسيدهاي چرب موجود در روغن‌هاي دريايي عبارتند از: دي‌كوزاهگزانوئيك‌اسيد (DHA[1])، ايكوزاپنتانوئيك‌اسيد (EPA[2])، آلفالينوئيك‌اسيد (ALA[3]) كه به اسيدهاي چرب n-۳ تعلق دارند. اهميت فوق‌العاده اسيدهاي چرب n-۳ سبب شده امروزه در دنيا محققين با استفاده از انواع روش‌هاي فيزيكي و شيميايي پيشرفته سعي در رسيدن به محلول‌هايي با غلظت بالاي DHA و EPA داشته باشند (۱). طي تحقيقات به عمل آمده اثر اسيدهاي چرب n-۳ بر روي بيماري كليه، التهاب مفصلي روماتيسمي، بيماري‌هاي مزمن ريوي، درمان سرطان‌هاي مختلف در انسان و حيوان (۲)، تصلب سرخرگ‌ها، پايين آوردن ميزان كلسترول خون (۳)، همچنين تنظيم ضربان قلب در مقابل نامنظمي ضربان قلب به اثبات رسيده است (۴ و ۵). همچنين اسيدهاي چرب n-۳ در بدن به پروستاگلاندين‌ها متابوليز مي‌گردد. پروستاگلاندين‌ها در تنظيم فشارخون، انعقاد خون، نقل و انتقالات عصبي، پاسخ‌هاي آلرژيك و التهابي، عملكرد كليه‌ها، معده و روده، رشد و ترميم بافت‌ها، توليد انرژي، تنظيم هورمون‌هاي جنسي و سنتز ديگر هورمون‌ها نقش دارند. كمبود اسيدهاي چرب n-۳ در بدن با رشد ضعيف بدن، ايجاد كبد پر چرب، آسيب‌هاي پوستي و ضعف نيروي توليد مثل، تاري ديد، نتايج غيرعادي الكتروورتينوگرام و احتمالاً رفتار و ادراك غيرعادي به همراه خواهد بود (۸-۶).

اهميت ALA در اين است كه اين ماده پس از هضم، مطابق يك مكانيسم شناخته شده ابتدا به EPA و سپس به DHA تبديل مي‌شود (۹)، اما اين تبديل در بدن انسان بسيار كند و مقدار حاصله ناكافي مي‌باشد (۱۰). همچنين بدن افراد مبتلا به اسكيزوفرني و يا ديابتي نمي‌تواند ALA را به EPA و DHA تبديل سازد (۱۱ و ۱۲). اكثر اثرات كلينيكي n-۳ بدليل وجود DHA و EPA است و منبع اصلي اين دو نوع اسيد چرب n-۳ فقط ماهي است در هيچ ماده غذايي ديگري تا به حال يافت نشده است. تحقيقات نشان مي‌دهد كه مصرف گوشت ماهي اسيدهاي چرب DHA و EPA مورد نياز بدن را تامين مي‌كند (۱، ۳ و ۱۳). استفاده از اين مكانيسم براي افزايش غلظت اين اسيدهاي چرب در بافت ماهي، مي‌تواند به جبران كمبود DHA و EPA در بدن انسان كمك شاياني كند.

از آنجايي كه ماهي و ميگو خود قادر به سنتز اسيدهاي چرب خانواده n-۳ نيستند، اين اسيدهاي چرب بايستي از طريق جيره غذايي‌شان تامين شود (۱۴). در واقع پروفيل اسيدهاي چرب در بافت ماهي به طور قابل ملاحظه‌اي ناشي از تغذيه مي‌باشد (۱۵). امروزه منبع تامين كننده اسيدهاي چرب n-۳ در جيره غذايي ماهي قزل آلا به عنوان يك ماهي سردآبي و گوشتخوار كه بازده خوبي در مورد اسيدهاي چرب n-۳ دارد، روغن ماهي مي‌باشد. تحقيقات نشان مي‌دهد كه در بهترين حالات روغن ماهي تنها ۳۰ درصد n- ۳ دارد كه شامل ۱۲ درصد EPA و ۱۸ درصد DHA مي‌باشد (۱۴). اين در حالي است كه روغن حاصل از بذرك كه اخيراً كاربردهاي دارويي و غذايي آن مورد توجه بسيار قرار گرفته، تقريباً حاوي ۱۰ درصد اسيدهاي چرب اشباع (اسيد استئاريک)، ۲۰ درصد اسيد اولئيک، ۲۰ درصد اسيد لينولئيک (n-6) و ۴۵ تا ۶۰ درصد لينولنيک (n-۳) مي‌باشد. روغن بذرك منبع اسيدهاي چرب غير اشباع از نوع ALA مي‌باشد و به عنوان منبع DHA و EPA توصيه نمي‌شود (۱۶). همچنين تحقيقات

[1] Decosa Hexanoic acid
[2] Ecosa pentanoic acid
[3] Alpha linolenic acid

نشان مي‌دهد كـه زنـان بـاردار بـراي تـامين n-۳ بايـد از كپسول‌هاي خالص روغن مـاهي اسـتفاده كننـد و روغـن بذرك به دليل اثر نامطلوب بر روي هورمون‌هـاي جنسـي توصيه نمي‌شود (۱۷).

هدف از اين تحقيق استفاده از روغن بذرك به عنوان منبـع ALA است كه در بافـت مـاهي قـزل‌آلاي رنگـين كمـان مي‌تواند به عنوان پيش ساز، جهت افزايش DHA و EPA عمل كرده و در نهايت موجـب جبـران كمبـود اسـيدهاي چرب n-۳ در سبد غذايي خانوار و گامي مهـم در جهـت سلامت جامعه باشد.

## مواد و روش‌كار

ابتدا مواد اوليه غذايي با كيفيت مناسب تهيه و تركيبات آن جهت تهيه فرمول‌هاي غذايي با استفاده از روش‌هاي عنوان شده در استاندارد متد (۱۹۹۰، AOAC) (۱۸) مورد آزمايش قرار گرفت. پروتئين خام به روش جلدهال[1] و از طريق تعيين نيتروژن كل و ضرب آن در ضريب ۶/۲۵ تعيين گرديد (۶/۲۵ × درصد نيتروژن = درصد پروتئين).

چربي خام از طريق حل كردن چربي در اثر و تعيين مقدار آن به روش سوكسله و با دستگاه سوكسله اتوماتيك انجام گرديد. رطوبت از طريق قرار دادن نمونه در اتوكلاو در درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتي‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و خاكستر از طريق قرار دادن نمونه در كوره الكتريكي (موفل) در درجه حرارت ۶۰۰ درجه سانتي‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گيري شد. مقدار عصاره عاري از ازت نيز از طريق محاسبه و به صورت زير تعيين گرديد:

**(فيبرخام% + چربي% + خاكستر% + پروتئين% + رطوبت%) – ۱۰۰ = عصاره عاري از ازت**

پس از تعيين تركيبات مواد اوليه خوراك، جيره‌هاي غذايي با درصدهاي ۱۰۰، ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ (شاهد) جايگزيني روغن بذرك به جاي روغن ماهي تهيه گرديد، به گونه‌اي كه تفاوت دو جيره فقط در مقدار روغن‌بذرك و روغن‌ماهي به كار برده در جيره بود. انرژي جيره‌هاي غذايي يكسان (Isocaloric) و مقدار انرژي بر اساس ميزان استاندارد سوخت فيزيولوژيك[2] و مطابق مقاديـر گـزارش شده (۱۹) به شرح پروتئين ۴، كربوهيدرات ۴ و چربي ۹ كيلوكالري بر گرم محاسبه گرديد و با استفاده از برنامه فرمول نويسي ليندو (Lindo Inc,۱۹۹۴) جيره‌هاي غذايي تنظيم شد. پس از تهيه جيره‌هاي غذايي ماهيان پرورشي با وزن متوسط ۶/۱۵۰±۰/۲۴۰ گرم در حوضچه‌هاي پلي‌اتيلني به حجم ۲۵۰ ليتري با آبگيري ۱۵۰ ليتر و هوادهي مداوم به تعداد ۲۵ قطعه و به صورت تصادفي ذخيره‌سازي شدند. هر تيمار شامل ۳ تكرار بوده و دوره پرورش به مدت ۴۰ روز از ۱۳۸۵/۹/۱۰ آغاز شد.

درجه حرارت، اكسيـژن محلـول و pH آب به صورت روزانه و با استفـاده از دماسنـج، اكسيـژن متر و pH متر دقيق ديجيتالي با دقت ۰/۰۱ مارك (WTW=Wissenschaftlich–Technische Werkstaten) پرتابل اندازه‌گيري گرديد. شوري آب نيز تقريباً در تمامي طـول دوره پرورش ثابت بـود و مقدار آن در هر بار زيست‌سنجي به وسيله يك دستگاه Ec (Electrical Conductivity) متر پرتابل مارك WTW مورد سنجش قرار گرفت.

آب مورد نياز از طريق يك حلقه چاه موجود در محل تامين شد. آب مورد استفاده داراي شوري ۱/۴ گرم در ليتر، هدايت الكتريكي ۲۸۰۰ ميكروموس بر سانتي‌متر

[1] Kjeldhal

[2] Standard physiological fuel value

و pH آب ۸/۸۵۰–۷/۵۰۰ بود. سیستم خنك‌كننده‌اي جهت سرد كردن آب طراحي شد كه قادر به خنك كردن آب تا حد صفر درجه سانتي‌گراد بود. اين دستگاه دماي يك متر مكعب آب را در مدت يك ساعت ۵ درجه سانتي‌گراد كاهش مي‌دهد. به دليل انجام اين فعاليت در فصل زمستان كمتر از اين دستگاه استفاده شد و دماي آب بين ۱۷- ۱۳ درجه سانتي‌گراد ثابت نگه داشته شد.

جهت كاهش آب در گردش از يك سيستم مركزي هوادهي از نوع هواده حلزوني با قدرت الكترو موتور ۰/۴ كيلو وات، دبي خروجي ۱/۳ متر مكعب هوا در دقيقه و فشار خروجي ۱۱۰ ميلي بار استفاده شد. اين هواده ميزان اكسيژن تانك‌ها را در طول دوره پرورش در حد اشباع نگه داشت. همچنين فضولات ماهي‌ها به وسيله عمل سيفون كردن تانك‌ها از محيط پرورش خارج و تعويض آب انجام شد. در هر بار سيفون كردن علاوه بر خارج كردن فضولات حدود۹۰ درصد آب تانك نيز تعويض گرديد.

ماهيان پرورشي ۲ بار در روز (در ساعات ۹ و ۱۸) با غذاي مربوط به هر تيمار و بر اساس ۲ درصد وزن توده زنده تغذيه شدند. غذادهي روزانه به صورت مداوم ادامه يافت و تنها در روزهاي انجام عمليات زيست‌سنجي غذادهي انجام نمي‌گرفت. زيست‌سنجي هر ۲۰ روز يكبار انجام و عوامل رشد مانند طول كل، وزن، ميزان رشد اندازه گيري و ثبت شد.

اختلاف موجود بين تيمارها از نظرتركيبات موجود در جيره غذايي، تركيبات لاشه، وزن اوليه، وزن نهايي ماهي و ميزان رشد، در يك طرح كاملاً تصادفي در قالب ۵ تيمار غذايي و هر تيمار شامل ۳ تكرار تعيين گرديد.

با انتخاب تصادفي ۱۵ عدد از ماهيان هر تيمار، بافت مأكول آن‌ها پس از جداسازي در محيط آزمايشگاه توسط دستگاه مخلوط‌كن همگن شد. چربي هر يك از نمونه‌ها به طور جداگانه استخراج شد.

بدليل اكسيداسيون سريع چربي‌هاي غير اشباع در بافت‌هاي زنده، براي استخراج چربي بايد از روشي با حداقل تأثيرات سوء روي اكسيداسيون چربي‌ها استفاده شود. استخراج چربي به روش بليژ و دايز (Bligh وDyer) (۲۰ و ۲۱) و با استفاده از حلال‌هاي آب، كلروفرم و متانول صورت پذيرفت. سپس با ايجاد خلاء در دستگاه تبخير كننده دوار (Rotary Evaporator), جداسازي حلال از روغن انجام گرفت.

روغن‌هاي استخراج شده تا زمان آزمايش كروماتوگرافي گازي GC (Gas chromatography) در درماي ۲۰– درجه سانتي‌گراد نگهداري گرديد. چربي استخراج شده براي آناليز پروفيل اسيدهاي چرب به دستگاه GC تزريق شد.

نتايج حاصله با استفاده از نرم افزار SAS مدل آنووا (SAS Inst., Cary, 1989) مورد تجزيه واريانس قرار گرفت. مقايسه ميانگين‌ها نيز به وسيله آزمون چند دامنه توكي (HSD) در سطح ۹۵ درصد ($P< ۰/۰۵$) و نرم افزار Mstat–C (MSTATC Director., Michigan, USA, 1980) انجام شد.

## يافته‌ها

نتايج حاصل از تجزيه تقريبي جيره‌هاي غذايي مورد استفاده نشان مي‌دهد اختلاف معني‌داري ميان درصد تركيبات جيره‌ها وجود ندارد ($P>۰/۰۵$). نتايج بدست آمده از تأثير هر يك از جيره‌هاي غذايي بر شاخص‌هاي رشد، حاكي از عدم وجود اختلاف معني‌دار وزن نهايي و ميزان رشد ميان ماهي‌ها پس از

تغذيه با جيره‌هاي آزمايشي مي‌باشد (P>۰/۰۵).
نتايج حاصل از تجزيه لاشه ماهي‌ها در جدول ۱ گزارش شده است. چربي خام همه تيمارها و لاشه اوليه با هم اختلاف معني‌داري را دارند (P <۰/۰۵). بيشترين ميزان چربي مربوط به تيمار پنجم مي‌باشد. پروتئين همه تيمارها با هم اختلاف معني‌داري دارد (P <۰/۰۵). بيشترين ميزان پروتئين مربوط به تيمار چهارم مي‌باشد. خاكستر لاشه اوليه و تيمارهاي اول و دوم با تيمارهاي سوم، چهارم و پنجم اختلاف معني‌داري را نشان مي‌دهد (P <۰/۰۵). درصد اسيدهاي چرب n-۳ استخراج شده از بافت ماهي‌هاي تغذيه شده با جيره‌هاي آزمايشي در جدول۲ آمده است

**جدول۱: نتايج تجزيه تركيبات لاشه ماهی فزل‌آلای رنگين كمان به تفكيك سطوح روغن بذرك جيره غذايي آنان**

| نوع نمونه | روغن بذرك - روغن ماهي‌تيمارها (درصد) | * تركيبات لاشه(درصد) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | رطوبت | پروتئين | چربي خام | خاكستر |
| لاشه اوليه | ---- | ۷۴/۲۶۵±۰/۰۹۳ | ۶۷/۴۲۴±۰/۶۹۳ | ۲۱/۱۸۵±۰/۲۶۰ | ۸/۷۶۰±۰/۴۱۴ |
| تيمار اول | ۱۰۰ - ۰ | ۷۳/۱۲±۰/۰۷۹ | ۶۷/۴۱۲±۰/۸۸۳ | ۲۳/۲۵۰±۰/۳۴۰ | ۸/۵۶۰±۰/۱۸۲ |
| تيمار دوم | ۷۵ - ۲۵ | ۷۱/۹۸±۰/۴۰۵ | ۶۸/۳۵±۱/۴۶۶ | ۲۸/۶۹±۰/۲۰۲ | ۸/۰۳۵±۰/۰۹۳ |
| تيمار سوم | ۵۰ - ۵۰ | ۷۱/۸۰±۰/۰۳۶ | ۶۹/۱۱۲±۱/۷۸۵ | ۳۲/۷۷±۰/۸۱۹ | ۷/۹۷۲±۰/۰۶۲ |
| تيمار چهارم | ۲۵ - ۷۵ | ۷۰/۱۰۸±۰/۲۳۲ | ۶۹/۹۷۱±۱/۹۸ | ۳۹/۱۲±۰/۴۲۶ | ۷/۸۷۶±۰/۱۵۸ |
| تيمار پنجم | ۰ - ۱۰۰ | ۶۹/۳۵۰±۰/۴۳۳ | ۶۴/۴۲۰±۰/۲۳۰ | ۴۲/۷۸۵±۰/۲۳۲ | ۶/۴۵۹±۰/۰۴۹ |

* ميانگين ± خطاي معيار ( $\overline{X} \pm SE$ )

**جدول ۲: مقايسه درصد اسيدهاي چرب n-۳ ماهي‌های فزل‌آلای رنگين كمان پس از تغذيه از جيره‌هاي غذايي آزمايشي(تيمارها)**

| نوع نمونه | درصد روغن بذرك – روغن ماهي‌تيمارها | اسيدهاي چرب n-۳ (درصد) | |
|---|---|---|---|
| | | EPA | DHA |
| لاشه اوليه | ---- | ۲۶/۳۸ | ۲/۳۷ |
| تيمار اول | ۱۰۰ - ۰ | ۲۳ /۹۴ | ۲/۴۴ |
| تيمار دوم | ۷۵ - ۲۵ | ۳۲/۶۵ | ۲/۶۹ |
| تيمار سوم | ۵۰ - ۵۰ | ۳۶/۲ | ۳/۵۳ |
| تيمار چهارم | ۲۵ - ۷۵ | ۴۵/۸۷ | ۳/۵۷ |
| تيمار پنجم | ۰ - ۱۰۰ | ۴۲/۲۲ | ۲/۴۷ |

درصد DHA موجود در تيمار سوم و چهارم با درصد لاشه اوليه و ساير تيمارها اختلاف معني‌داري را نشان مي‌دهند (P <۰/۰۵). همچنين درصد EPA در تمامي تيمارها و لاشه اوليه داراي اختلاف معني‌داري مي‌باشد (P <۰/۰۵)، همانطور كه مشاهده مي‌شود، درصد اسيدهاي چرب n-۳ با افزايش درصد روغن بذرك جيره آزمايشي، افزايش مي‌يابد. همچنين با توجه به جداول ۱ و ۲ تيمار چهارم داراي بالاترين درصد پروتئين و اسيدهاي چرب n-۳ مي‌باشد.

## بحث

در این مطالعه جیره غذایی با ۷۵ درصد روغن بذرک و ۲۵ درصد روغن ماهی، موجب افزایش درصد اسیدهای چرب دی‌کوزاهگزانوئیک‌اسید و ایکوزاپنتانوئیک‌اسید تا حدود دو برابر در بافت مأکول گردید. با افزایش درصد چربي لاشه، میزان رطوبت لاشه کاهش یافت. این مطلب توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۵ و ۲۲).

کاهش درصد پروتئین و مجموع اسیدهاي چرب n-۳ در تیمار ۵، بیانگر لزوم وجود روغن‌ماهي در جیره غذایي مي‌باشد. بنابراین براي تامین کلیه اسیدهاي چرب ماهي بهتر است از چندین منبع چربي استفاده شود (۲۳).

در مطالعه ما، وجود اختلاف در درصد چربي و پروتئین ترکیبات لاشه با توجه به جدول ۱ نشان از اثر نوع چربي جیره در درصد ترکیبات لاشه دارد. در حقیقت افزایش درصد روغن بذرك موجود در جیره‌ها، بازدهي چربي و پروتئین را افزایش داده است.

از حیث مطالعات مشابه انجام شده موری (Drew) با جایگزیني روغن و پروتئین گیاهي به جاي روغن و پروتئین ماهي (۲۴) و چنا (Chena) با وارد کردن سطوح مختلف توکوفرال (tocopherol) در جیره‌هاي غذایي ماهي قزل آلا توانستند پروفیل اسیدهاي چرب n-۳ را بهبود بخشند (۲۴ و ۲۵). در تحقیقي که توسط تامپسون (Tompson) صورت گرفت مشخص شد، ماهیاني که در جیره غذایي مقدار کافي n-۳ دریافت مي‌کنند در برابر بیماري مقاومترند (۲۷).

این تحقیق از نقطه نظر استفاده از روغن بذرك به عنوان منبع ALA در جیره غذایي ماهي قزل آلا منحصر به فرد مي‌باشد. همچنین ایجاد شرایط کنترل شده و کاملاً یکسان از دیگر نقاط قوت این مطالعه مي‌باشد.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده مي‌شود، با افزایش درصد روغن بذرك در جیره‌هاي آزمایشي، مجموع اسیدهاي چرب n-۳ در بافت مأکول افزایش یافته است. در واقع ماهي‌ها توانایي اضافه کردن طول زنجیر و تعداد پیوندهاي دوگانه بیشتر به اسیدهاي چرب ALA و تبدیل آن‌ها به اسیدهاي چرب PUFA و HUFA را دارند (۱۵). همچنین با توجه به جدول ۲، بین سه نوع اسیدهاي چرب n-۳ نوع EPA داراي بیشترین تغییر می‌باشد ($P<۰/۰۵$).

با توجه به این که تیمار چهارم داراي بیشترین مقدار پروتئین و اسیدهاي چرب n-۳ مي‌باشد, مي‌توان گفت ترکیب ۷۵ درصد روغن بذرك و ۲۵ درصد روغن ماهي در جیره، مناسب‌ترین جیره مي‌باشد.

نظر به این‌که هم اکنون بسیاري از نیازهاي آحاد مردم به غذاهاي دریایي از طریق آبزي‌پروري تامین مي‌شود، بگونه‌ای در حدود ۶۶ درصد تولید ماهي آزاد در سال ۱۹۹۷ از طریق آبزي‌پروري فراهم گردیده است (۲۷)، بر اساس این مطالعه مي‌توان با استفاده از درصدهاي مناسب روغن بذرك و روغن‌ماهي (۷۵ درصد روغن بذرك و ۲۵ درصد روغن‌ماهي) و پرورش ماهیاني با گوشت غني‌تر (تا حدود ۲ برابر) از اسیدهاي چرب DHA و EPA، علاوه بر کاهش هزینه‌هاي ساخت صنعتي غذاي ماهي، بدون استفاده از فرآورده‌هاي دارویي و هزینه بالا، جامعه را به طور طبیعي از اثرات سودمند آن بهره‌مند ساخت.

## تشکر و قدرداني

این تحقیق به صورت طرح مشترك بین دانشگاهي مابین دانشکده کشاورزي و منابع طبیعي دانشگاه خلیج فارس و دانشگاه علوم پزشکي بوشهر انجام شده است و در انجام آن از مساعدت‌هاي مسئولان هر دو

دانشگاه برخوردار بوده است. بدينوسيله از معاونت پژوهشي وقت دانشگاه علوم پزشكي بوشهر جناب آقاي دكتر ايرج نبي‌پور و همچنين رياست دانشكده كشاورزي تشكر و قدرداني به عمل مي‌آيد. همچنين از آقاي مهندس صنعتي رياست مركز مطالعات و پژوهش‌هاي دانشگاه خليج فارس كه در انجام آزمايشات، حمايت و همكاري بسياري داشتند، و از آقاي مهندس مسلم زارعي كه در طول دوره پرورش و انجام بيومتري‌ها كمك شاياني داشتند, قدرداني و تشكر مي‌گردد.

## References:

1. Uauy-Dagach R, Valenzuela A. Marine oils as a source of omega-3 fatty acids in the diet: how to optimize the health benefits. Prog Food Nutr Sci 1992;16: 199-243.
2. Simopoulos AP. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomed Pharmacother 2002; 56:365-79.
3. Ackman RG. concerns for utilization of marine lipids and oils. Food Technol 1988; 42: 151-5.
4. Leaf A, Xiao YF, Kang JX, Billman GE. Prevention of sudden cardiac death by n-3 polyunsaturated fatty acids. Pharmacol Ther 2003;98:355-77.
5. Torrejon C, Jung UJ, Deckelbaum RJ. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: actions and molecular mechanisms. Prostaglandins leukot Essent Fatty Acids 2007;77:319-26.
6. Wainwright PE. Dietary essential fatty acids and brain function: a developmental perspective on mechanisms. Proc Nutr Soc 2002; 61:61-9.
7. Kankaanpaa P, Sutas Y, Salminen S, et al. Dietary fatty acids and allergy. Ann Med 1999;31:282-7.
8. Cornor WE. α-Linolenic acid in health and disease. Am J Clin Nutr 1999; 69: 827- 8.
9. Gerster H. Can adults adequately convert alpha-linolenic acid (18:3n-3) to eicosapentaenoic acid (20:5n-3) and docosahexaenoic acid (22:6n-3)? Int J Vitam Nutr Res 1998; 68:159-73.
10. Gibson RA, Makrides M, Neumann MA, et al. Ratios of linoleic acid to alpha-linolenic acid in formulas for term infants. J Pediatr 1994;125:S48-55.
11. Berry EM. Dietary fatty acids in the management of diabetes mellitus. Am J Clin Nutr 1997;66 (Suppl 4): 991-7.
12. Sirtori CR, Galli C. N-3 fatty acids and diabetes. Biomed Pharmacother 2002; 56: 397-406.
13. Kinsellen JE. Fish and sea foods: Nutritional implication and quality issues. Ann Food Technol 1988 ;1 : 16-9.
14. Castel JD, Lee DJ, Sinnhuber RO. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (Salmo gairdneri): lipid metabolism and fatty acid composition . J Nutr 1972; 102 : 93-9.
15. Goddard S. Feed Types and Uses. Feed managment in intesive aquaculture. 5th ed. USA: Chapman and Hall ,1996, 80-145.
16. Cunnane SC, Ganguli S, Menard C, et al. High alpha-linolenic acid flaxseed (Linum usitatissimum): some nutritional properties in humans. Br J Nutr 1993;69:443-53.
17. Hutchins AM, Martini MC, Olson BA, et al. Flaxseed consumption influences endogenous hormone concentrations in postmenopausal women. Nutr Cancer 2001;39:58-65.
18. Association Of Official Analytic Chemist Ins. Official Methods Of Analysis. 15th ed. USA, Arlington: The Institute; 1990,1015.
19. Pike RL, Brown ML. Nutrition: An Integrated Approach. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1967, 542.
20. Bligh EG, Dyer WJ. Rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol 1959; 37: 912-7.
21. Menoyo D, Lopez-Bote CJ, Bautista JM, et al. Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (Salmo salar) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. Aquaculture 2003;225: 295-307.
22. Kaushik SJ, Oliva-Teles A. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture 1989 ; 50: 89-101.
23. Luzzana U, Serrini G, Moretti VM, et al. Effect of expanded feed with high fish oil content on growth and fatty acid composition of rainbow trout. Aquac Int 1994; 2: 239-48.
24. Drew MD, Ogunkoya AE, Janz DM, et al. Dietary influence of replacing fish meal and

oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture 2007; 267:260-8.
25. Chena YC, Nguyen J, Semmens K, et al. Physicochemical changes in ω − 3-enhanced farmed rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) muscle during refrigerated storage. Food Chem 2007; 104: 1143-52.
26. Tompson KD, Tatner MF, Henderson RJ. Effects of dietary (n- 3) and (n-6) poly unsaturated fatty acid ratio on the immune of atlantic salmon, salmo salar L. Aquaculture Nutr 1996;2: 21-31.
27. Hardy RW. Aquaculture's rapid growth requirements for alternate protein sources. Food Manage 1999; 50:25-8.