

استفاده از مدل های خطی و غیر خطی برای پیش بینی ترکیب اسید چرب عضله میگوی پرورشی

چکیده

در سال های اخیر مصرف آبزیان مخصوصاً میگو به علت دارا بودن مقادیر بالایی از اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ و جلوگیری از بیماری های قلبی و عروقی افزایش پیدا کرده است. در صنعت پرورش میگو روغن ماهی به علت مقادیر بالای اسیدهای چرب ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانوئیک از بهترین منابع چربی در جیره غذایی میگو می باشد، اما به علت کمبود ذخایر و قیمت بالا استفاده از آن در سال های آینده چندان مقرون به صرفه نمی باشد. یکی از بهترین راهکارها جایگزینی روغن ماهی با روغن های گیاهی در جیره غذایی میگو می باشد. با توجه به تفاوت ترکیب اسید چرب روغن های گیاهی با روغن ماهی، حفظ تعادل ترکیب اسید چرب در جیره غذایی میگوی پرورشی از اهمیت بالایی برخوردار می باشد، بنابراین در این جایگزینی در اختیار داشتن مدلی جهت پیش بینی ترکیب اسیدهای چرب عضله میگو تنها با آگاهی از ترکیب اسیدهای چرب جیره ضروری به نظر می رسد. در این مطالعه مقادیر اسید ایکوزا پنتانویک، اسید دوکوزاهگزانوئیک، اسید لینولنیک، اسید لینولئیک و اسید اولئیک موجود در جیره غذایی و عضله میگوی پرورشی تغذیه کرده از این جیره ها، از ۱۳ مطالعه استخراج شده و در سال ۱۳۹۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. معادلات رگرسیونی بدست آمده نشان دهنده این است که بیشترین ضریب همبستگی در اسید لینولنیک (۰/۸۶) و ایکوزا پنتانویک اسید (۰/۸۳) مشاهده شد ($P < 0.001$) و این مقدار در اسیدهای چرب دوکوزاهگزانوئیک، اولئیک و لینولنیک به ترتیب ۰/۷۰، ۰/۶۳ و ۰/۴۱ بوده است ($P < 0.001$).

واژگان کلیدی: میگوی پرورشی، اسید چرب، جیره غذایی، معادلات رگرسیونی.

مقدمه

در سال های اخیر همراه با رشد جمعیت، تقاضا برای مصرف آبزیان افزایش پیدا کرده است (Gonzalez- Felix et al., 2010). این نوع از غذاها به علت دارا بودن مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ نه تنها از بیماری های قلبی و عروقی و سرطان جلوگیری می کنند، بلکه توسعه و عملکرد فعالیت های مغز را نیز حمایت می کنند (Ouraji et al., 2009; Gonzalez- Felix et al., 2010).

میگوهای خانواده پنائیده در صنعت شیلات و آبی پروری مناطق استوایی و نیمه استوایی از اهمیت بالایی برخوردارند (Ouraji et al., 2009). بر اساس آمار FAO در سال ۲۰۰۹ تولید جهانی میگوهای صید شده و پرورشی حدود ۶ میلیون تن بوده که به دلیل افزایش تقاضا صید این موجودات از ذخایر طبیعی به بالاترین حد ممکن رسیده است، بنابراین تنها راه جبران این سطح تقاضا تولید میگوهای پرورشی می باشد (Gonzalez-Felix et al., 2010).

حسین اورجی*

مجید شایگان^۲

۱. دانشیار گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی

و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲. کارشناس ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و

منابع طبیعی، ساری، ایران

*مسئول مکاتبات:

hoseinoraji@yahoo.com

کد مقاله: ۱۳۹۴۰۳۰۳۸۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۲

این مقاله برگرفته از فعالیت پژوهشی است.

چربی ها اجزای مهم در جیره غذایی میگو می باشند. روغن ماهی به دلیل بالا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانوئیک بهترین منبع چربی در غذای میگو معرفی شده است (Zhou et al., 2007; Ouraji et al., 2009)، اما به علت روند رو به رشد آبی پروری، تولیدات جهانی روغن ماهی پاسخگوی نیازهای آن نبوده و به علت قیمت بالا، استفاده از مقادیر زیاد آن در جیره میگو چندان مقرون به صرفه نمی باشد.

جایگزینی تمام یا بخشی از روغن ماهی توسط روغن های گیاهی می تواند تا حدی این مشکل را برطرف سازد، اما روغن های گیاهی نه تنها فاکتورهای ضد تغذیه ای داشته و جذابیت کمتری برای میگوها دارند، بلکه به علت دارا بودن مقادیر بالای اسیدهای چرب امگا ۶ سبب کاهش مقادیر اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ و نسبت امگا ۳ به امگا ۶ شده که از نظر تغذیه و سلامت انسان مناسب نمی باشد (Gonzalez- Felix et al., 2010; Jobling and Leknes, 2008).

از آن جایی که حفظ پروفیل اسیدهای چرب و مقادیر بالای اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ در عضله میگوی پرورشی از نکات کلیدی در تغذیه میگوهای پرورشی است، جایگزینی روغن های گیاهی باید با دقت بالایی صورت پذیرد. بهینه سازی ترکیب اسیدهای چرب بدن میگو همراه با جایگزینی روغن های گیاهی نیازمند تحقیقات گسترده ای برای هر یک از روغن های گیاهی بوده که این امر کاری وقت گیر و هزینه بر می باشد. بنابراین در اختیار داشتن مدلی جهت پیش بینی پروفیل اسیدهای چرب بدن میگو تنها با آگاهی از ترکیب اسیدهای چرب جیره ضروری به نظر می رسد.

هدف از اجرای این تحقیق بررسی تاثیر ترکیب اسیدهای چرب جیره بر روی ترکیب اسیدهای چرب عضله میگوی پرورشی و همچنین توسعه مدلی جهت پیش بینی ترکیب اسیدهای چرب عضله میگوی پرورشی با استفاده از ترکیب اسیدهای چرب جیره همچنین بهینه سازی سطوح اسیدهای چرب به شدت غیر اشباع امگا ۳ (EPA و DHA) در عضله خوراکی میگوی پرورشی خانواده پنائیده از طریق تغییر در ترکیب اسید چرب جیره می باشد.

مواد و روش ها

در این مطالعه بمنظور بررسی رابطه بین میزان اسیدهای چرب مهم موجود در عضله میگوی پرورشی با نسبت آن ها در جیره غذایی از آنالیز رگرسیون خطی ساده و چندگانه و همچنین آنالیز رگرسیون غیر خطی (Jobling and Leknes 2010) با استفاده از نرم افزار آماري SPSS_{Ver18} استفاده شد.

برای هر یک از مدل های رگرسیون ضریب تعیین چندگانه R^2 محاسبه شد. مقادیر ضریب تعیین بیانگر آن است که مدل رگرسیونی بدست آمده چند درصد تغییرات را توجیه می کند. به عبارتی میزان تغییرات متغیر وابسته توسط متغیر مستقل را تبیین می کند. مقدار این ضریب بین صفر و یک قرار داشته که هر چقدر مقدار آن به یک نزدیکتر باشد، نشان از آن دارد که متغیر مستقل توانسته اند میزان زیادی از واریانس متغیر وابسته را تبیین کنند. در این تحقیق سطح چربی جیره، سطح چربی عضله و میزان اسید چرب عضله بعنوان متغیرهای مستقل یک به یک وارد مدل شدند (روش گام به گام).

در این روش ابتدا متغیری که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد وارد مدل می شود. دومین متغیری که وارد تحلیل می شود، متغیری است که پس از تفکیک متغیر مقدم بر آن موجب بیشترین افزایش در مقدار ضریب تعیین می شود. در روش گام به گام با ورود متغیر جدید، متغیرهایی که قبلاً وارد مدل شده اند از نو آزموده می شوند تا مشخص گردد آیا هنوز حضور آن ها در مدل به موفقیت آن کمک می کند یا خیر (حبیب پور و صفری، ۱۳۸۸).

این تحقیق برای انجام آنالیزهای مورد نظر از داده‌های ۱۳ مطالعه استفاده شد (جدول ۱). برای مشخص کردن نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنف استفاده شد.

جدول ۱: مطالعات استفاده شده در تحقیق حاضر جهت توسعه مدلی برای پیش‌بینی ترکیب اسیدچرب عضله میگو (۱۳۹۰).

ردیف	گونه مورد مطالعه	نام نویسندگان
۱	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2010
۲	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Ju et al., 2009
۳	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Forster et al., 2009
۴	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2009
۵	<i>Fenneropenaeus indicus</i>	Ouraji et al., 2010
۶	<i>Fenneropenaeus indicus</i>	Ouraji et al., 2009
۷	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Zhou et al., 2007
۸	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Browdy et al., 2006
۹	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Izquierdo et al., 2006
۱۰	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2003
۱۱	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2002 (a)
۱۲	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2002 (b)
۱۳	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Gnzales-Felix et al., 2002

نتایج

در این مطالعه روابط معنی‌داری بین ترکیب اسیدهای چرب موجود در غذا و ترکیب اسیدهای چرب عضله بدن میگوی پرورشی مشاهده شد. اشکال ۱ و ۲ به ترتیب رابطه همبستگی اسیدهای چرب ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانویک را در بین عضله میگو و جیره نشان می‌دهد. با توجه به ضریب همبستگی مدل رگرسیونی به دست آمده معادله بدست آمده برای اسید ایکوزا پنتانویک ($3-5n:20$) قادر است ۸۳ درصد (معادله ۱) و برای اسید دوکوزاهگزانویک ($3-6n:22$) ۷۰ درصد (معادله ۲) از کل تغییرات را توجیه کند ($P<0/001$). معادله ۱) رابطه بین اسید ایکوزا پنتانویک جیره و عضله):

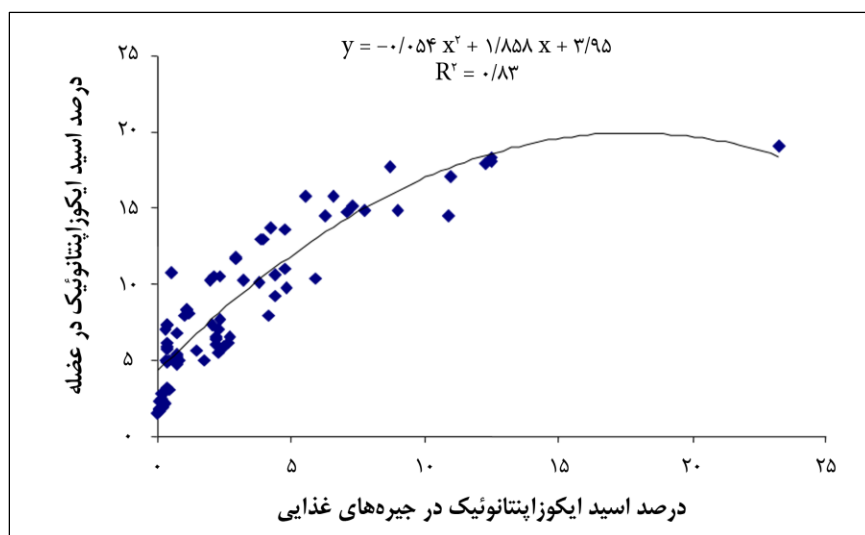
$$y = -0.054x^2 + 1/858x + 3/95$$

در معادله فوق y بیانگر درصد اسید ایکوزا پنتانویک در عضله میگوی پرورشی و x بیانگر درصد اسید ایکوزا پنتانویک در جیره غذایی است.

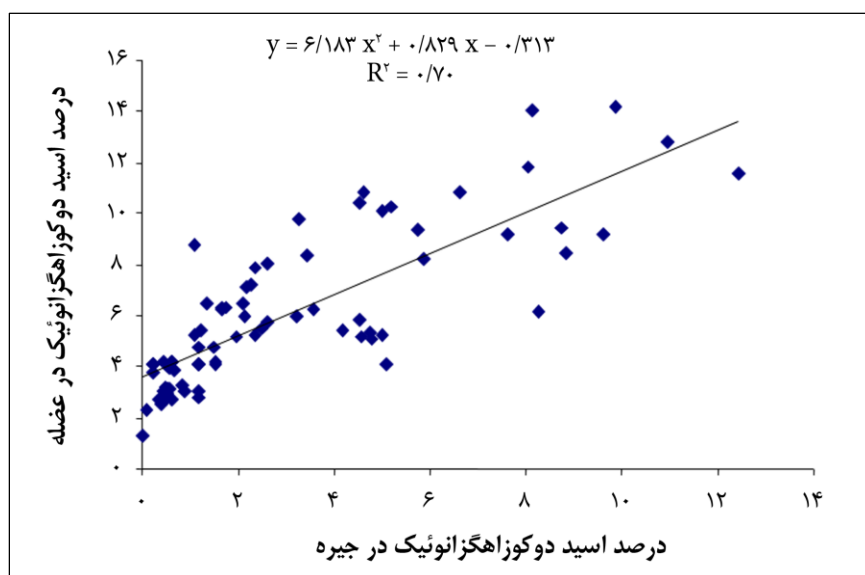
معادله ۲) (رابطه بین اسید دوکوزاهگزانویک جیره و عضله):

$$y = 6/183 + 0/829x_1 - 0/313x_2$$

در معادله فوق y بیانگر درصد اسید دوکوزاهگزانویک در عضله میگوی پرورشی و x_1 بیانگر درصد اسید دوکوزاهگزانویک در جیره غذایی و x_2 بیانگر درصد چربی جیره است.



شکل ۱: رابطه غیر خطی بین مقدار اسید ایکوزاپنتانوئیک (درصد) در عضله میگوی پرورشی و جیره های تغذیه شده در این بررسی (۱۳۹۰).



شکل ۲: رابطه خطی بین مقدار اسید دوکوزاهگزانوئیک (درصد) در عضله میگوی پرورشی و جیره های تغذیه شده در این بررسی (۱۳۹۰).

همانطور که در شکل ۱ و معادله ۱ ملاحظه می شود بهترین تابع برای بیان رابطه بین اسید ایکوزاپنتانوئیک موجود در عضله میگوی پرورشی و جیره غذایی تابع درجه دوم است که در بین تمام مدل های رگرسیونی بکار گرفته شده بالاترین ضریب تعیین را نشان داده است، در حالی که بهترین تابع برای بیان رابطه بین اسید دوکوزاهگزانوئیک موجود در عضله میگوی پرورشی و غذا تابع خطی ساده ۲ گانه می باشد که میزان اسید ایکوزاپنتانوئیک موجود در عضله میگو را تابعی از دو متغیر مستقل شامل درصد اسید ایکوزاپنتانوئیک جیره و درصد چربی غذا نشان می دهد.

معادله ۳ (رابطه اسید لینولنیک بین جیره و عضله):

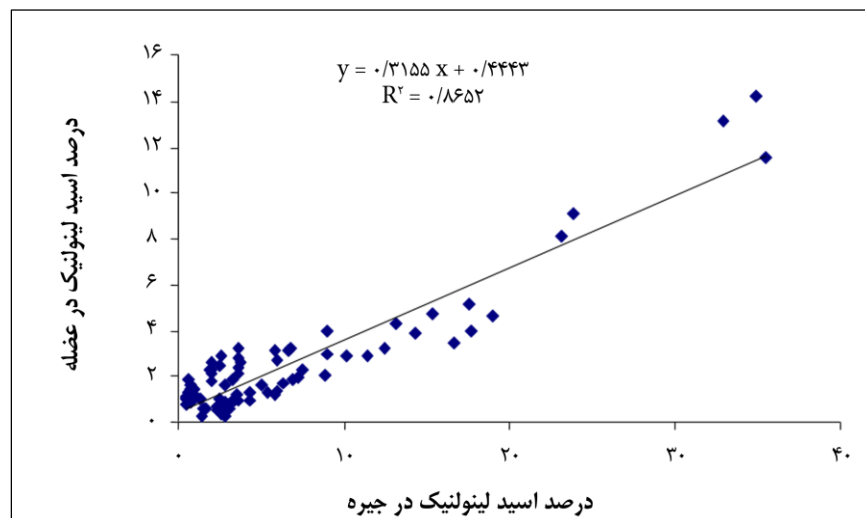
$$y = 0.3155x + 0.4443$$

در معادله فوق y بیانگر درصد اسیدلینولنیک در عضله میگوی پرورشی و x بیانگر درصد اسید لینولنیک در جیره غذایی است. رابطه خطی ۳-۳۱ درجه اطمینان بالایی را نشان می دهد، بطوری که مدل (معادله ۳) رگرسیونی به دست آمده برای این اسید چرب به تنهایی می تواند ۸۶ درصد از کل تغییرات را توجیه کند (شکل ۳).

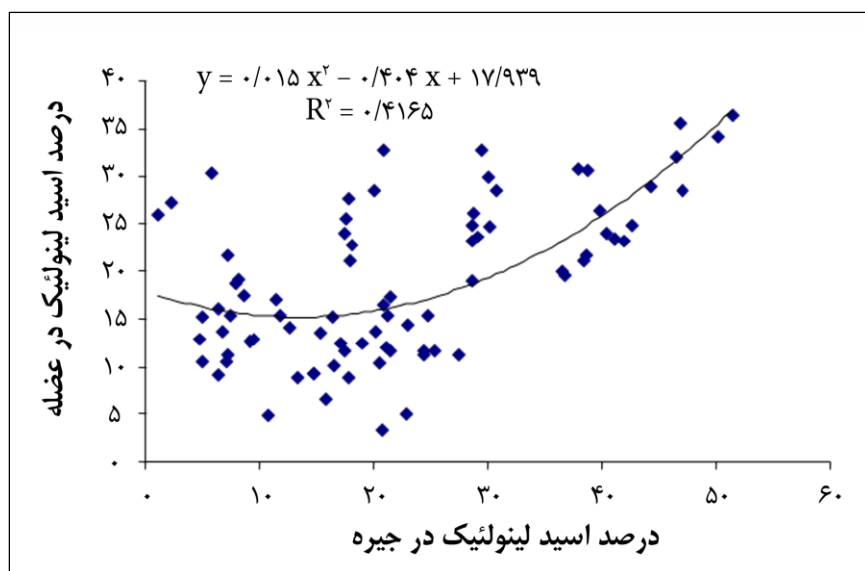
شکل ۴ بیان کننده رابطه غیر خطی اسید لینولنیک جیره و عضله میگو می باشد که ضریب همبستگی به دست آمده نسبتاً پایین است (۴۱ درصد) به عبارت دیگر رابطه غیرخطی معنادار قوی بین این دو وجود نداشته و مدل تنها ۴۱ درصد از کل تغییرات را توجیه می کند (معادله ۴). معادله ۴ (رابطه درصد اسید لینولنیک جیره و عضله):

$$y = 0.15x^2 - 0.404x + 17.939$$

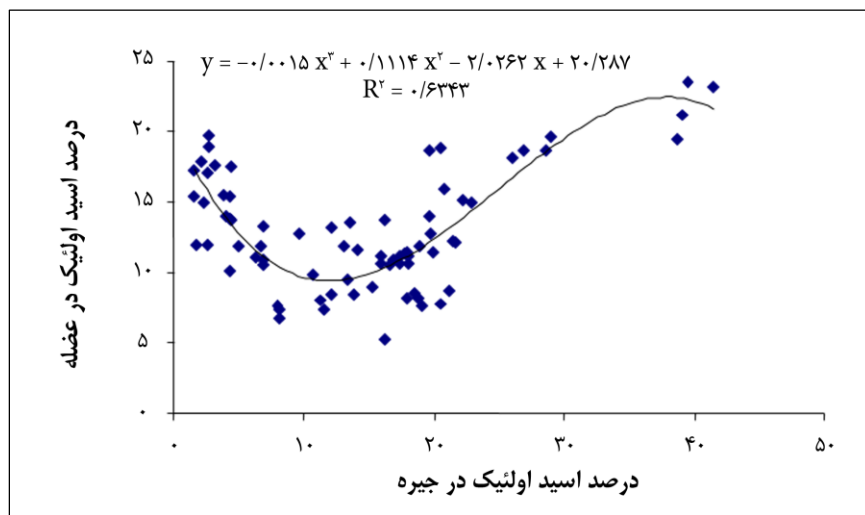
در معادله فوق y بیانگر درصد اسیدلینولنیک در عضله میگوی پرورشی و x بیانگر درصد اسید لینولنیک در جیره غذایی است.



شکل ۳: رابطه خطی بین مقدار اسید لینولنیک (درصد) در عضله میگوی پرورشی و جیره‌های تغذیه شده.



شکل ۴: رابطه غیر خطی بین مقدار اسید لینولئیک (درصد) در عضله میگوی پرورشی و جیره های تغذیه شده.



شکل ۵: رابطه غیر خطی بین مقدار اسید اولئیک (درصد) در عضله میگوی پرورشی و جیره های تغذیه شده.

همچنین رابطه اسیدچرب اولئیک (۹-۱۸) نشان می دهد که این اسیدچرب از معادله درجه سوم تبعیت کرده و مدل به دست آمده قادر است با ضریب اطمینان ۶۳٪ مورد استفاده قرار گیرد (شکل شماره ۵). معادله ۵) رابطه درصد اسید اولئیک جیره و عضله:

$$y = -0.0015x^3 + 0.1114x^2 - 2.0262x + 20.287$$

در معادله فوق y بیانگر درصد اسیداولئیک در عضله میگوی پرورشی و x بیانگر درصد اسید اولئیک در جیره غذایی است.

بحث و نتیجه‌گیری

نوع منبع چربی مورد استفاده در غذای میگوهای خانواده پنائیده تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی ترکیب اسیدهای چرب عضله بدن میگو دارد (شکل‌های ۱ تا ۴).

با افزایش درصد اسیدهای چرب ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانویک در جیره‌های غذایی، درصد آن‌ها در عضله میگو افزایش می‌یابد (شکل ۱ و ۲). بالاترین درصدهای ایکوزا پنتانویک ($3n-5n: 20$) و دوکوزاهگزانویک اسید ($3n-6n: 22$) در عضله میگوهای ثبت شد که با جیره حاوی روغن‌های دریایی به عنوان منبع اصلی چربی تغذیه شدند. همچنین مطالعات انجام شده بر روی میگوهای پنائیده از جمله میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) و میگوی پاسبید غربی (*Litopenaeus vannamei*) نشان داده است که برخی از اسیدهای چرب از جمله ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانویک بصورت انتخابی در بافت عضله میگو ابقاء شده و یا اینکه سنتز می‌شود با این حال توانایی سنتز محدود است (Ouraji et al., 2009; Gonzalez- Felix et al., 2010).

اسیدهای چرب لینولیک ($3n-3n: 18$) و لینولئیک ($6n-2n: 18$) به ترتیب پیش ساز سنتز تقریباً تمام اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ و امگا ۶ هستند. اسید چرب $3n-3n: 18$ شاخص روغن‌های گیاهی از جمله روغن بذر کتان می باشد و بر اساس داده‌های موجود بالاترین میزان اسید چرب لینولیک ($3n-3n: 18$) در عضله میگوهای ثبت شد که با جیره‌های حاوی روغن بذر کتان تغذیه شدند. ذخیره $3n-3n: 18$ در عضله میگو ارتباط زیادی با میزان این اسیدچرب در غذا دارد (شکل ۳). به علت توانایی نسبتاً پایین و محدود میگوهای خانواده پنائیده در تبدیل بیولوژیکی اسیدچرب لینولیک به ایکوزاپنتانویک و دوکوزاهگزانویک به نظر می‌رسد اسید لینولیک وارد شده به بدن به همان شکل یا به شکل $3n-4n: 18$ در بدن ذخیره شود (Jobling and leknes, 2010).

با استفاده از این اطلاعات درباره تبدیل زیستی اسیدهای چرب این سوال مطرح می شود که آیا استفاده از روغن های گیاهی حاوی مقادیر بالای $3n-3n: 18$ در جیره غذایی برای تقویت اسیدهای چرب عضله میگو مصلحت است یا خیر؟

در حال حاضر خوراک های حاوی مقادیر بالای اسیدهای چرب $3n-3n: 18$ نظیر بذر کتان برای دستکاری ترکیب اسیدهای چرب محصولات غذایی نظیر تخم مرغ ها، شیر و گوشت تولید شده از موجودات خشکی زی استفاده می‌شود. این محصولات به عنوان مواد غذایی حاوی امگا - ۳ به فروش می رسند در حالی که مقادیر بالایی از $3n-3n: 18$ در آن ها وجود دارد (Bourre, 2005). اگرچه برای میگوهای پرورشی نیز می توان استراتژی مشابهی به کار برد اما با توجه به موثر بودن اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره امگا ۳ نظیر ایکوزا پنتانویک و دوکوزاهگزانویک در جلوگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی این کار صلاح نمی‌باشد.

در مجموع با توجه به این نکته مهم که با دستکاری ترکیب اسید چرب جیره می توان ترکیب اسید چرب عضله میگو را نیز تغییر داد، می‌توان به جای استفاده از غذای سرشار از اسیدهای چرب چند غیر اشباع بلند زنجیره در طول مدت پرورش، تنها از غذای پایانی (finisher feed) در انتهای دوره پرورش برای دستکاری اسیدهای چرب استفاده کرد. اکنون استراتژی استفاده از غذای پایانی به طور گسترده ای برای تغییر پروفایل اسید چرب در فیله ماهیان چرب نظیر آزاد اقیانوس اطلس، *Salmo salar*، به کار برده شده است (Bell et al., 2003).

این استراتژی ممکن است کاربرد وسیعتری پیدا کند زیرا اثبات شده است که می‌توان با این روش ترکیب اسید چرب را به نحو مطلوبی تغییر داد. البته جنبه اقتصادی چنین عملی باید از قبل بررسی شود (Jobling and leknes, 2010).

اسیدهای چرب $6n-2n$ در روغن های گیاهی به مقدار زیاد یافت می‌شوند و بالاترین درصدهای $6n-2n: 18$ (در عضله میگوهای پنائیده ای مشاهده شد که از غذاهایی تغذیه کردند که روغن های گیاهی نظیر سویا، بادام زمینی و بذر کتان منبع اصلی چربی روزانه آن‌ها بوده است. با این حال بر پایه نتایج، رابطه قوی بین درصد اسیدلینولئیک در عضله میگوی پرورشی و درصد اسید لینولئیک در جیره غذایی یافت نشد.

از طرف دیگر نتایج به دست آمده نشان می دهد که اسید اولئیک n-9: 1 در جیره های حاوی کانولا (Ouraji *et al.*, 2009) به مقدار زیاد یافت می شود و میگوهای تغذیه شده با آن به طور کلی اسیدهای چرب تک غیر اشباع بیش تری دارند.

منابع

حبیب پور گتابی، ک. و صفری، ر.، ۱۳۸۸. راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی، تهران: لویه.

Bourre, J. M., 2005. Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived product for human: what is actually useful?. *Journal of Nutrition Health and Aging* 9, 232- 242

Browdy, C., seaborn, G., Atwood, H., Davis, D. A., Bullis, R. A., Samocha, T. M., Wirth, E. and Leffler, J. W., 2006. Comparison of Pond Production Efficiency, Fatty Acid Profiles, and Contaminants in *Litopenaeus vannamei* Fed Organic Plant-based and Fish-meal-based Diets. *World aquaculture society* 37, 437-450

Connor, W. E., 2000. The importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 71, 171-175

Foster, I. P., Dominy, W. G., Obaldo, L. G., Hartnell, G. F., Sanders, E. F., Hickman, T. C. and Ruebelt, M. C., 2009. The effect of soybean oil containing stearidonic acid on growth performance, n-3 fatty acid deposition and sensory characteristics of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), aquaculture nutrition.

González-Félix, M. L., Perez-Velazquez, M. and Quintero-Alvarez, J. M., 2009. Effect of Various Dietary Levels of Docosahexaenoic and Arachidonic Acids and Different n-3/n-6 Ratios on Biological Performance of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Raised in Low Salinity, 40, 194-206.

González-Félix, M. L., da Silva, F. S., Davis, D. A., Samoch, T. M., Morris, T. C., Wilkenfeld, J. S. and Perez-Velazqueza, M., 2010. Replacement of fish oil in plant based diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*).

González-Félix, M. L., GatlinIII, D. M., Lawrence, A. L. and Perez-Velazquez, M. M., 2002. Effect of Various Dietary Lipid Levels on Quantitative Essential Fatty Acid Requirements of Juvenile Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*, *world Aquaculture society* 3, 330-340.

González-Félix, M. L., GatlinIII, D. M., Lawrence, A. L. and Perez-Velazquez, M., 2002. Effect of dietary phospholipid on essential fatty acid requirements and tissue lipid composition of *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquaculture* 207, 151-167

González-Félix, M. L., Lawrence, A. L., GatlinIII, D. M. and Perez-Velazquez, M., 2003. Nutritional evaluation of fatty acids for the open thelycum shrimp, *Litopenaeus vannamei*: I. Effect of dietary linoleic and linolenic acids at different concentrations and ratios on juvenile shrimp growth, survival and fatty acid composition, *Aquaculture nutrition* 9, 105-113.

González-Félix, M. L., Lawrence, A. L., GatlinIII, D. M. and Perez-Velazquez, M., 2002. Growth, survival and fatty acid composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* fed different oils in the presence and absence of phospholipids. *Aquaculture* 205, 325-343.

Hua, K. and Bureau, D. P., 2009. Development of a model to estimate digestible lipid content of salmonid fish feeds. *Aquaculture* 286, 271-276.

Izquierdo, M., Forster, I., Divakaran, S., Conquest, L., Decamp, O. and Tacon, A., 2006. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, *Aquaculture nutrition* 12, 192-202.

Jobling, M. and Leknes, O., 2010. Cod liver oil: feed oil influences on fatty acid composition. *Aquaculture international* 18, 223-230.

Ju, Z. Y., Forster, I. P. and Dominy, W. G., 2009. Effects of supplementing two species of marine algae or their fractions to a formulated diet on growth, survival and composition of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 292, 237-243.

- Ouraji, H., Abedian Kenari, A. M., Shapanpour, B., Shabani, A., Nnzami, S. A., Sodagar, M., Khalili, K. J. and Faghani, S., 2010.** Growth response and muscle lipid quality of Indian white shrimp fed different oils at two dietary lipid levels. *Journal of Food Quality* 33, 405-423.
- Ouraji, H., Shabanpour, B., Abdian Kenari, A. M., Shabani, A., Nezami, S., Sudagar, M. and Faghani, S., 2009.** Total lipid, fatty acid composition and lipid oxidation of Indian white shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) fed diets containing different lipid sources. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89, 993-997.
- Sales, J., 2009.** Linear models to predict the digestible lipid content of fish diets, *Aquaculture nutrition* 15, 537-549.
- Williams, C. M., 2000.** Dietary fatty acids and human health. *Ann Zootech* 49, 165-180.
- Zhou, G. C., Li, C. C., Liu, C. W., Chi, S. Y. and Yang, Q. H., 2007.** Effect of dietary lipid sources on growth and fatty acid composition of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture nutrition* 13, 222-229.