

تغییرات فصلی ترکیب اسید چرب بافت ماهیچه و کبد ماهی حمری (*Barbus luteus* Heckel, 1843) در رودخانه کرخه

مهران جواهری بابلی^{۱*}، حسین اورجی^۲، شایان قبادی^۳

۱- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- گروه شیلات، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۶/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۲/۲۵

چکیده

در این تحقیق تغییرات فصلی ترکیب اسید چرب بافت کبد و عضله ماهی حمری *Barbus luteus* در رودخانه کرخه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۸۴ نمونه ماهی حمری وحشی، در طول ماه‌های میانی هر فصل سال صید شدند و ترکیب اسید چرب بافت کبد و ماهیچه به وسیله روش کروماتوگرافی گازی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بالاترین میزان مجموع اسیدهای چرب اشباع بافت کبد و عضله به ترتیب در فصل پاییز و بهار به دست آمد. مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دو گانه بافت کبد و عضله به ترتیب در فصل تابستان، پاییز و زمستان بالاترین مقدار را نشان دادند. کمترین میزان اسیدهای چرب امگا ۳ در بافت کبد و عضله در فصل پاییز بوده است. بالاترین میزان نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶، اسیدهای چرب DHA و EPA بافت عضله در فصل بهار بدست آمد.

کلمات کلیدی: ماهی حمری *Barbus luteus*، کبد، عضله، ترکیب اسید چرب، فصل.

مقدمه

ماهیان و بی مهرگان آبرزی تنوع نامحدودی از اسیدهای چرب سودمند را برای سلامت انسان فراهم می کنند (Ackman, 2000). اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا ۳ به سهولت توسط بدن انسان ساخته نمی شوند و اغلب از طریق جیره غذایی تأمین می شوند (Alasalval et al., 2002). اثرات کلی مصرف ماهیان و روغن های ماهی در کاهش خطر بیماری های قلبی - عروقی ظهور پیدا می کند (Kris- Etherton et al., 2002). دیگر اثرات مفید سلامت مصرف ماهی و روغن ماهی به اسیدهای چرب چند غیراشباع به خصوص امگا ۳ وابسته هست (Sidhu, 2003). اسیدهای چرب چند غیراشباع سری ۳ نقش حیاتی در پیشگیری و معالجه بیماری های قلبی - عروقی، التهابی، پرخاشگری، افسردگی، فشارخون، بیماری های خود ایمنی، دیابت، بیماری های کلیه، ورم مفاصل رماتیسمی، آلرژی و سرطان دارد (Atkinson et al., 1997; Candela et al., 1997; Hibbeln, Pike, 1999; Connor, 2000; Belluzzi, 1998; 2001; Holm et al., 2001; Cleland et al., 2003; Hu et al., 2003; Rennie et al., 2003; Gottrand, 2008).

اسید دوکوزاهگزانوئیک یک اسید چرب غالب در ماده خاکستری مغز و سلول های شبکه چشم هست و نقش مهمی در نمو مغز و چشم دارد (Holub, 2001). ترکیب اسید چرب ماهی به وسیله رژیم غذایی، دوره تولیدمثلی، درجه حرارت، فصل و مکان جغرافیایی تحت تأثیر هست (Leger et al., 1977; Henderson and Tocher, 1987; Shiraiet al., 2002; Celik et al., 2005; Uysal and Aksoylar, 2005; Uysal et al., 2006).

انجمن قلب آمریکا (AHA) توصیه کرده است که هر شخص حداقل دو بار در هفته ماهی به همراه غذاهای غنی از اسید آلفا لینولنیک مصرف کند. به علاوه افرادی که قبلاً بیماری قلبی داشته اند حدوداً یک گرم در روز اسیدهای چرب DHA و EPA مصرف کنند و بیمارانی که نیاز دارند تا سطح بالا رفته تری گلیسیرید خون را پایین بیاورند پیشنهاد شده است که ۲-۴ گرم DHA + EPA روزانه تحت نظر پزشک مصرف کنند (Kris- Etherton et al., 2002). ماهیان علفخوار که از جلبک ها تغذیه می کنند دارای مقادیر بالا اسیدهای چرب چند غیراشباع ۱۸ کربنه می باشند اما مقادیر اسیدهای چرب چند غیراشباع ۲۰ و ۲۲ کربنه در آن ها کم است (Hendersoon and Tocher, 1987). این ماهیان در اسیدهای چرب چند غیراشباع سری ۶ و اسیدهای چرب چند غیراشباع سری ۳ زنجیره کوتاه تر غنی هستند (Brown et al., 1989). ماهیان گوشت خوار بسته به مصرف ماهیانی که توانایی اشباع زدایی و طویل سازی زنجیره اسید چرب را دارند، از لحاظ اسیدهای چرب چند غیراشباع بلند زنجیره سری ۳ غنی می باشند اما در اسید آلفا لینولنیک کمتر غنی می باشند. ماهیان همه چیزخوار سهم بالاتری از اسید چرب لینولنیک را دارا می باشند اما سهم کمتری از اسیدهای چرب چند غیراشباع بلند زنجیره سری ۳ دارند (Brown et al., 1989). اختلافات فصلی بیشترین تأثیر را بر ترکیب اسید چرب در بین گونه های آبرزی دارد (Rasoarahona et al., 2005). درجه حرارت آب ترکیب اسید چرب چربی ها را تأثیر می گذارد. در درجه حرارت پایین تر، به طور عمومی افزایش در اسیدهای چرب چند غیراشباع بلند زنجیره وجود دارد (Farkas and Herodek, 1964; Henderson and Tocher,

تحقیق تعیین تغییرات اسید چرب در بافت ماهیچه و کبد ماهی حمری در طول یک سال در منطقه صید رودخانه کرخه است.

۱- تهیه ماهیان و نمونه‌های ماهیچه و کبد:

ماهیان حمری که در این پژوهش استفاده شدند از رودخانه کرخه در ماه میانی هر فصل (اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن) به دست آمدند. صید ماهیان به وسیله تور گوش گیر با اندازه‌ی چشمه ۳۰ میلی‌متر پایین‌تر از سد تنظیمی حمیدیه در دو ایستگاه که هر ایستگاه تقریباً ۱ تا ۱/۵ کیلومتر طول داشت انجام گردید. مشخصات جغرافیایی ایستگاه اول (31°33'30.10"N 48°26'56.09"E) تا (31°33'15.45"N 48°26'33.22"E) و مشخصات جغرافیایی ایستگاه دوم (31°29'48.95"N) تا (48°26'2.38"E) تا (31°29'8.82"N 48°25'45.56"E) بود. فاصله بین دو ایستگاه تقریباً ۱۲ کیلومتر است. بعد صید نمونه‌ها در یخ به آزمایشگاه انتقال پیدا نمود سر و دم زده شدند و بعد از تخلیه امعاء و احشاء فیله شدند. نمونه‌های کبد هم برداشت شد. فیله و کبد ۲۱ ماهی صیدشده در هر فصل به گروه‌های هفت‌تایی تقسیم شدند و بوسیله همزن مخلوط شدند و ۳ نمونه جهت انجام آزمایش‌ها تعیین اسید چرب تهیه گردیدند.

۲- شرایط آنالیز اسیدهای چرب

بعد از هموژن نمودن نمونه‌ها در هاون، آن‌ها را به‌دقت وزن کرده (۰/۵ گرم) و به لوله‌آزمایش درب پیچ‌دار منتقل شد و حلال استخراج‌کننده (متانول: کلر فرم به نسبت حجمی ۲:۱) اضافه گردید (Folch et al., 1957). بعد از مخلوط نمودن حلال و نمونه، سانتریفیوژ

(1987). چون که در درجه حرارت پایین درجه بالاتری از اسیدهای چرب غیراشباع در فسفولیپیدهای غشاء سلول مورد نیاز است تا انعطاف‌پذیری و قابلیت نفوذ سلول را نگهداری کند (جیحون و جواهری، ۱۳۹۶; Lovell, 1991). تغییر مهم در چربی کل و ترکیب اسید چرب ماهیان در طول دوره تولیدمثلی مشاهده شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). در این دوره چربی‌های ذخیره همانند دیگر ترکیبات مغذی همانند پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و موادمعدنی در ماهیچه و کبد به طرف گنادها جهت رسیدگی حرکت می‌کنند (Agren et al., 1987; Cejas et al., 2003). رودخانه کرخه از مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس در نواحی غرب و شمال غرب کشور سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شمال به جنوب، سرانجام در مرز مشترک ایران و عراق به مرداب هورالعظیم می‌رسد. این رودخانه دارای تنوعی از ماهیان است که بعضی از آن‌ها گونه‌های بومی ایران می‌باشند. یکی از این گونه‌ها ماهی حمری بانام علمی (*Barbus luteus* (Heckel, 1843) که در ایران در حوزه رودخانه دجله که شامل هورالعظیم، در حوزه خلیج فارس که شامل رودخانه‌های حله، دالکی، شاپور، ماند و دشت پلنگ، حوزه دریاچه مهارلو، حوزه هرمزگان و حوزه رودخانه کور یافت می‌شود. ماهی حمری دارای رژیم غذایی همه‌چیزخواری است و تمایل بیشتری به حشرات آبی دارد (پذیرا و وطن‌دوست، ۱۳۸۷). در منطقه بین‌النهرین این ماهی ارزش اقتصادی بالایی به‌عنوان غذا دارد (Gokcek and Akyurt, 2008; Al Hazzaa, 2005) و در منطقه خوزستان و مناطق صید ماهی جزء ماهیان اقتصادی و مورد مصرف مردم منطقه است. هدف از انجام این

تنظیم شد. پردازش داده‌های دستگاه با استفاده از نرم‌افزار Chemstation در محیط ویندوز انجام شد.

در بررسی ترکیب اسید چرب ماهیان، علاوه بر شاخص‌های معمول نظیر اسیدهای چرب اشباع، غیراشباع و نسبت‌های آن‌ها شاخص‌های آتروژنیک و ترمبوژنیک بر طبق روش Ulbricht و Soutaghe

در سال ۱۹۹۱ بررسی گردید

$$AI = (4 \times C14:0) + C16:0 + C18:0 / \Sigma MUFA + \Sigma n-6 PUFA + \Sigma n-3 PUFA$$

$$TI = C14:0 + C16:0 + C18:0 / (0.5 \times \Sigma MUFA) + (0.5 \times \Sigma n-6 PUFA) + (3 \times \Sigma n-3 PUFA) + (\Sigma n-3 PUFA / \Sigma n-6 PUFA)$$

- طرح آماری:

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ویرایش هفده) صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده با استفاده از آنالیز

واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA)

تجزیه و تحلیل شدند. برای تعیین همگنی واریانس‌ها از آزمون Leven statistic استفاده شد. مقایسه میانگین تیمارها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت و وجود و عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد تعیین شد.

نتایج

نتایج ترکیب اسید چرب بافت عضله و کبد ماهی حمیری در فصول مختلف در جدول ۱ و ۲ آمده است. نتایج نشان داد میزان مجموع اسیدهای چرب اشباع (SFA) بافت عضله و کبد در برخی از فصول دارای اختلاف معنی‌دار بود و کمترین مقدار آن در بافت ماهیچه از فصل زمستان $37 \pm 30/61$ و در بافت کبد از فصل بهار $15 \pm 19/32$ درصد از کل اسید چرب بوده

انجام گردید و حلال حاوی چربی را به داخل لوله آزمایشی که وزن آن قبلاً اندازه‌گیری شده بود منتقل نمودند و مرحله فوق یک‌بار دیگر تکرار گردید. سپس توسط گاز نیتروژن حلال را تبخیر کرده و وزن لوله حاوی چربی را اندازه‌گیری و از اختلاف آن‌ها درصد چربی محاسبه شد. چربی استخراج‌شده از نمونه‌ها به با افزودن ۳ میلی‌لیتر هیدروکسید پتاسیم متانولی (۲ مولار) صابونی شد و بعد با افزودن ۵ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک متانولی (۲ مولار) به متیل استر تبدیل گردید (Carvalho and Malcata, 2005). متیل استر اسیدهای چربی در یک میلی‌لیتر هپتان نرمال استخراج و جهت آنالیز پروفیل اسیدهای چرب یک میکرو لیتر از فاز هپتان نرمال را به دستگاه کروماتوگرافی گازی تزریق شد. جهت شناسایی تک‌تک اسیدهای چرب از مخلوط استاندارد اسیدهای چرب ساخت شرکت سیگما با مقایسه زمان‌های بازداری استفاده گردید.

دستگاه کروماتوگراف گازی مدل Agilent-6890 ساخت کمپانی Agilent آمریکا، مجهز به دریچه تزریق کاپیلاری، ستون کاپیلاری ویژه تجزیه اسیدهای چرب (DB-225 MS) به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر با فاز ساکن پلی‌اتیلن گلیکول به ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر، دتکتور یونش شعله‌ای (FID) بود. دمای اولیه آون در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک دقیقه نگه‌داشته شد و بعد با سرعت ۲۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و ۱۲ دقیقه در همان دما ماند. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل به ترتیب با سرعت جریان ۱ و ۴۵ میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده گردید. دمای دریچه تزریق در ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز در ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد

است (نتایج جدول ۱ و ۲). میزان اسیدهای چرب ۱۶:۰ بافت کبد ماهی دارای بیشترین مقدار در فصل پاییز بود که در کلیه فصول دارای اختلاف معنی داری باهم بودند ($P < 0.05$). نتایج نشان داد میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) بافت عضله در فصول پاییز و زمستان اختلاف معنی داری باهم نداشتند و بیشترین مقدار در فصل پاییز $45/60 \pm 0/57$ بود. همچنین میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه (MUFA) بافت کبد در فصول تابستان و پاییز اختلاف معنی داری باهم نداشتند و بیشترین مقدار در فصل پاییز $29/49 \pm 1/69$ بود ($P < 0.05$) (نتایج جدول ۱ و ۲). بیشترین میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع ۷- n: ۱۶ (در فصل تابستان $7/44 \pm 0/32$ درصد از کل اسید چرب)، ۹- n: ۱۸ (در فصل پاییز $56/42 \pm 1/15$ درصد از کل اسید چرب) در بافت عضله به دست آمد. بیشترین میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع ۷- n: ۱۶ (در فصل پاییز $13/23 \pm 0/24$ درصد از کل اسید چرب)، ۹- n: ۱۸ (در فصل زمستان $28/41 \pm 0/2$ درصد از کل اسید چرب) در بافت عضله به دست آمد. نتایج نشان داد میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) بافت عضله در فصول زمستان و بهار اختلاف معنی داری باهم داشتند و بیشترین مقدار در

فصل زمستان $22/69 \pm 0/64$ بود. همچنین میزان مجموع اسیدهای چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه (PUFA) بافت کبد در فصول بهار اختلاف معنی داری با دیگر فصول داشت و مقدار آن $49/23 \pm 1/02$ بود (نتایج جدول ۱ و ۲). بیشترین میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع ۶- n: ۱۸ (در فصل زمستان $7/04 \pm 0/06$ درصد از کل اسید چرب)، ۳- n: ۱۸ (در فصل زمستان $5/35 \pm 0/0$ درصد از کل اسید چرب) و ۳- n: ۵ (در فصل بهار $6/65 \pm 0/07$ درصد از کل اسید چرب) و ۳- n: ۲۲ (در فصل بهار $6/87 \pm 0/03$ درصد از کل اسید چرب) در بافت عضله به دست آمد. بیشترین میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع ۶- n: ۱۸ (در فصل پاییز $3/84 \pm 0/06$ درصد از کل اسید چرب)، ۳- n: ۱۸ (در فصل تابستان $0/56 \pm 0/01$ درصد از کل اسید چرب) و ۳- n: ۵ (در فصل بهار $9/53 \pm 0/49$ درصد از کل اسید چرب) و ۳- n: ۲۲ (در فصل زمستان و بهار در بافت کبد به دست آمد. بیشترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ (در فصل بهار $17/34 \pm 0/1$ درصد از کل اسید چرب)، امگا ۶ (در فصل زمستان $10/79 \pm 0/41$ درصد از کل اسید چرب) و نسبت امگا ۳ به امگا ۶ (در فصل بهار $1/03 \pm 0/01$) در بافت عضله به دست آمد.

جدول ۱: میانگین ترکیب اسید چرب (درصد از کل اسید چرب) بافت عضله ماهی حمیری *B. luteus* در فصول سال

بهار	تابستان	پاییز	زمستان	
C14:0	۲/۵۸±۰/۰۳ ^d	۴/۵۸±۰/۴۶ ^b	۰/۴۸±۰/۰۱ ^c	
C14:1n-5	۰/۴۵±۰/۰۱ ^c	۱/۵۳±۰/۰۲ ^b	۱/۴۴±۰/۰۳ ^b	
C16:0	۲۷/۶۷±۰/۰۲ ^d	۳۲/۶۳±۰/۰۱ ^b	۲۳/۴۱±۰/۰۲ ^c	
C16:1n-7	۵/۸۲±۰/۰۱ ^d	۱۳/۲۳±۰/۰۲ ^b	۹/۷۶±۰/۰۱ ^c	
C18:0	۱۳/۶۰±۰/۰۳ ^d	۳/۱۷±۰/۰۲ ^b	۵/۱۰±۰/۰۱ ^c	
C18:1n-9	۱۰/۲۶±۰/۰۲ ^d	۲۷/۶۳±۰/۰۱ ^b	۲۸/۴۱±۰/۰۲ ^c	
C18:1n-7	۳/۸۱±۰/۰۱ ^d	۲/۸۷±۰/۰۰ ^b	۵/۵۹±۰/۰۰ ^c	
C18:2n-6	۱/۷۴±۰/۰۰ ^d	۲/۷۲±۰/۰۱ ^b	۷/۰۴±۰/۰۰ ^c	
C18:3n-3	۱/۰۶±۰/۰۰ ^d	۰/۱۷±۰/۰۰ ^b	۵/۳۵±۰ ^c	
C20:0	۰/۶۴±۰/۰۰ ^c	۰/۴±۰ ^b	۰/۶۳±۰/۰۰ ^c	
C18:3n-6	۰/۲۷±۰/۰۰ ^d	۰/۳۷±۰/۰۰ ^b	۰/۴۷±۰/۰۰ ^c	
C18:4n-3	۰/۶۶±۰/۰۰ ^c	۰/۵۸±۰ ^b	۰/۶۴±۰/۰۰ ^c	
C22:0	۱/۹±۰/۰۰ ^d	۰/۱۳±۰/۰۰ ^b	۰/۹۸±۰/۰۰ ^c	
C20:3n-6	۰/۶۷±۰/۰۰ ^d	۰/۰۶±۰/۰۰ ^b	۰/۵۳±۰/۰۰ ^c	
C20:3n-3	۰/۶۳±۰ ^d	۰/۰۵±۰ ^b	۰/۱۸±۰/۰۰ ^c	
C20:4n-6	۱/۴۴±۰/۰۱ ^c	۰/۴۳± ^a	۲/۲۰±۰/۰۱ ^b	
C20:5n-3	۶/۶۵±۰/۰۰ ^d	۰/۵۷±۰/۰۰ ^b	۰/۹۵±۰/۰۰ ^c	
C22:5n-6	۰/۷۹±۰/۰۰ ^d	۰/۰۷±۰/۰۰ ^b	۰/۵۲±۰/۰۰ ^c	
C22:5n-3	۱/۴۴±۰/۰۱ ^b	۰/۴۵±۰/۰۰ ^a	۱/۵۴±۰/۰۰ ^b	
C22:6n-3	۶/۸۷±۰/۰۰ ^d	۱/۷۹±۰/۰۰ ^a	۳/۴۹±۰/۰۰ ^c	
ΣSFA	۴۶/۴۱±۰/۰۴ ^d	۳۵/۱۱±۰/۰۲ ^a	۳۰/۶۲±۰/۰۳ ^c	
ΣMUFA	۲۰/۳۵±۰/۰۴ ^c	۴۰/۵۴±۰/۰۰ ^a	۴۵/۲۶±۰/۰۲ ^b	
ΣPUFA	۲۲/۲۸±۰/۰۳ ^c	۱۳/۰۳±۰/۰۰ ^a	۲۲/۶۹±۰/۰۶ ^c	
Σn-6	۴/۹۴±۰/۰۲ ^d	۶/۸۵±۰/۰۰ ^a	۱۰/۷۹±۰/۰۴ ^c	
Σn-3	۱۷/۳۴±۰/۰۱ ^d	۶/۱۸±۰/۰۰ ^a	۱۲/۱۷±۰/۰۲ ^c	
(Σn-3/Σn-6)	۳/۵۱±۰/۰۱ ^d	۰/۹±۰ ^a	۱/۱۲±۰/۰۰ ^c	
DHA/EPA	۱/۰۳±۰/۰۰ ^b	۷/۲۶±۰/۰۵ ^a	۳/۶۶±۰/۰۰ ^c	
ΣPUFA/ΣSFA	۰/۴۸±۰ ^d	۰/۳۷± ^a	۰/۷۴± ^c	
IA	۰/۸۹±۰/۰۰ ^a	۰/۸۸±۰/۰۰ ^a	۰/۳۷± ^b	
IT	۰/۶۷± ^d	۰/۷۹± ^a	۰/۴۴± ^c	

*اعداد دارای حروف مشابه، اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۲: میانگین ترکیب اسید چرب (درصد از کل اسید چرب) بافت کبد ماهی حمری *B. luteus* در فصول سال

بهار	تابستان	پاییز	زمستان	
C14:0	۰/۲۱±۰/۰ ^c	۱۷/۳۰±۰/۰۸ ^a	۳/۵۷±۰/۰۲ ^b	۰/۲۱±۰/۰۳ ^c
C14:1n-5	۰/۰۸±۰/۰۰ ^c	۲/۱۳±۰/۱۵ ^a	۲/۴۳±۰/۱۸ ^b	۰/۰۷±۰/۰۱ ^c
C16:0	۱۵/۳۷±۰/۲۴ ^d	۱۵/۸۳±۰/۱۱ ^a	۲۹/۵۰±۰/۱۹ ^b	۱۳/۳۰±۰/۱۹ ^c
C16:1n-7	۰/۳۶±۰/۰۲ ^c	۴/۰۸±۰/۰۱ ^a	۰/۷۵±۰/۳۹ ^b	۰/۳۴±۰/۰۲ ^c
C18:0	۰/۱۸±۰/۰۱ ^c	۴/۲۳±۰/۰۱ ^a	۴/۸۲±۰/۲۳ ^b	۰/۱۷±۰/۰۱ ^c
C18:1n-9	۱۳/۵۵±۰/۱۱ ^c	۲۱/۲۹±۰/۲۱ ^a	۲۲/۹۷±۱/۵۳ ^b	۲۳/۶۷±۰/۱۶ ^b
C18:1n-7	۰/۱۱±۰/۰۲ ^c	۱/۳۲±۰/۰۲ ^a	۲/۵۰±۰/۱ ^b	۰/۰۹±۰/۰۱ ^c
C18:2n-6	۱/۷۰±۰/۰۴ ^d	۲/۲۵±۰/۰۴ ^a	۳/۸۴±۰/۰۶ ^b	۱/۶۰±۰/۰۵ ^c
C18:3n-3	۰/۱۳±۰/۰۰ ^c	۰/۵۶±۰/۰۱ ^a	۰/۴۶±۰/۰۱ ^b	۰/۱۳±۰/۰۱ ^c
C20:0	۰/۶۵±۰/۰۲ ^c	۲/۸۹±۰/۰۰ ^a	۳/۸۶±۰/۰۲ ^b	۰/۶۳±۰/۰۵ ^c
C18:3n-6	۰/۳±۰/۰۴ ^c	۱/۶۱±۰/۰۳ ^a	۳/۱۷±۰/۰۱ ^b	۰/۲۶±۰/۰۱ ^c
C18:4n-3	۹/۱۱±۱/۳۶ ^c	۰/۴±۰/۰۰ ^a	۰/۷۷±۰/۰۳ ^a	۹/۵۲±۰/۴۳ ^b
C22:0	۲/۸۹±۰/۲۳ ^b	۰/۸۷±۰/۰۲ ^a	۰/۸۵±۰/۰۲ ^a	۲/۸۵±۰/۰۶ ^b
C20:3n-6	۱/۴۱±۰/۴۱ ^b	۰/۴۵±۰/۰۲ ^a	۰/۰۸±۰/۰۷ ^a	۱/۱۳±۰/۰۵ ^b
C20:3n-3	۵/۸۲±۰/۴۴ ^c	۱/۲۹±۰/۰۱ ^a	۰/۲±۰/۱۸ ^b	۵/۶۱±۰/۰۴ ^c
C20:4n-6	۰/۳۱±۰/۵۵ ^b	۱/۳۹±۰/۰۱ ^a	۰/۵۲±۰/۰۲ ^b	۰±۰ ^b
C20:5n-3	۹/۵۳±۰/۴۹ ^d	۱/۶۶±۰/۰۲ ^a	۰/۷۷±۰/۰۲ ^b	۸/۴۵±۰/۱۸ ^c
C22:5n-6	۶/۴۷±۰/۱۶ ^c	۰/۱۱±۰/۰۱ ^a	۰/۰۱±۰/۰۱ ^a	۵/۹۸±۰/۰۷ ^b
C22:5n-3	۱۰/۷۹±۰/۴۷ ^d	۰/۵۶±۰/۰۲ ^a	۰/۰۱±۰/۰۱ ^b	۹/۸۳±۰/۲ ^c
C22:6n-3	۳/۶۳±۰/۱۸ ^c	۱/۸۹±۰/۰۱ ^a	۱/۴۵±۰/۲۴ ^b	۳/۴۲±۰/۱۲ ^c
ΣSFA	۱۹/۳۲±۰/۱۵ ^d	۴۱/۱۴±۰/۲۱ ^a	۴۲/۶۲±۰/۱۵ ^b	۱۷/۱۹±۰/۲۵ ^c
ΣMUFA	۱۴/۱۰±۰/۱۴ ^d	۲۷±۰/۲۶ ^a	۲۹/۴۹±۱/۶۹ ^a	۲۴/۲۰±۰/۱۹ ^c
ΣPUFA	۴۹/۲۳±۱/۰۲ ^c	۱۲/۲۳±۰/۰۷ ^a	۱۱/۳۱±۰/۵۸ ^a	۴۵/۹۸±۰/۱۵ ^b
Σn-6	۱۰/۲۱±۰/۶۲ ^d	۵/۸۳±۰/۰۵ ^a	۷/۶۳±۰/۱ ^b	۸/۹۸±۰/۰۷ ^c
Σn-3	۳۹/۰۲±۰/۶۸ ^d	۶/۳۹±۰/۰۲ ^a	۳/۶۷±۰/۴۷ ^b	۳۶/۹۹±۰/۰۸ ^c
(Σn-3/Σn-6)	۳/۸۲±۰/۲۳ ^d	۱/۰۹±۰ ^a	۰/۴۸±۰/۰۵ ^b	۴/۱۱±۰/۰۲ ^c
DHA/EPA	۰/۳۸±۰/۰۱ ^c	۱/۱۴±۰/۰۲ ^a	۱/۸۹±۰/۳۴ ^b	۰/۴±۰/۰۲ ^c
ΣPUFA/ΣSFA	۹/۲۴±۰/۲ ^d	۰/۲۹±۰ ^a	۰/۲۶±۰/۰۱ ^b	۹/۰۷±۰/۳۷ ^c
IA	۰/۰۴±۰/۰۱ ^c	۲/۰۴±۰/۰ ^a	۱/۰۷±۰/۰۴ ^b	۰/۰۴±۰ ^c
IT	۰/۰۱±۰ ^c	۰/۹۹±۰ ^a	۱/۱۹±۰/۰۳ ^b	۰/۰۱±۰ ^c

*اعداد دارای حروف مشابه، اختلاف معنی داری ندارند

بحث

در شناسایی اسیدهای چرب، اسید چرب ۱۶:۰ غالب‌ترین اسید چرب اشباع در بافت کبد و ماهیچه بود. میزان این اسید چرب در فصل پاییز در بافت کبد و عضله بیشترین مقدار را به‌طور معنی‌داری نشان داد. این اسید چرب در هر دو بافت کاهش معنی‌داری را در فصل زمستان داشته و سپس در فصل بهار افزایش داشت. بالاترین میزان مجموع اسید چرب اشباع در بافت کبد و عضله به ترتیب در پاییز بهار و پایین‌ترین مقدار در فصل زمستان مشاهده شد. غالب بودن اسیدهای چرب ۱۶:۰ و ۱۸:۰ در اسیدهای چرب اشباع بافت‌های ماهی بنی *Mesopotamichthys sharpeyi* دست‌آمد (جواهری بابلی و حسینی نجد گرامی، ۱۳۹۶). مطالعات انجام‌گرفته بر فیله ماهی *Sander lucioperca* (Guler et al., 2007) و کپور معمولی (Guler et al., 2008) در دریاچه Beysehir اسید چرب ۱۶:۰ را به‌عنوان غالب‌ترین اسید چرب اشباع معرفی کردند. Ö Zyurt و همکاران در سال (۲۰۰۵) کاهش سطح مجموع اسیدهای چرب اشباع بافت ماهیچه ماهی سیم سر طلایی را در فصل زمستان مشاهده کردند که به دلیل کاتابولیسم SFA برای جبران انرژی متابولیکی اضافی موردنیاز برای این دوره است. در این مطالعه اسید چرب ۹-۱۸:۱ غالب‌ترین اسید چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در بافت کبد و عضله بوده است. بالاترین سطح این اسید چرب در بافت عضله و کبد در فصل زمستان در هر دو بافت به دست‌آمد. اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه غالب دیگر در هر دو بافت ۷-۱۸:۱، ۷-۱۸:۱ n و ۱۶-۵ n:۱ تعیین گردید. بالاترین مقدار اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در بافت عضله و کبد به

ترتیب در پاییز، زمستان و تابستان، پاییز به دست‌آمد. همچنین کمترین مقدار اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در بافت ماهیچه و کبد در فصل بهار به دست‌آمد. جواهری بابلی و حسینی نجد گرامی در سال (۱۳۹۶) گزارش کردند که اسیدهای چرب ۹-۱۸:۱ n و ۷-۱۶:۱ جزء غالب‌ترین اسیدهای چرب تک غیراشباع در ماهیچه ماهی بنی *Mesopotamichthys sharpeyi* بودند. Görgün و Akpınar بالاترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در بافت کبد و عضله ماهی *Alburnus chalcoides* را در فصل پاییز و زمستان به ترتیب گزارش دادند. Guler و همکاران افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه را در بافت ماهیچه ماهی *Sander lucioperca* از فصل تابستان تا زمستان گزارش دادند و بالاترین میزان را در فصل زمستان به دست‌آوردند. Dal Bosco و همکاران در سال (۲۰۱۲) بالاترین میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه در بافت عضله ماهی حوض دریاچه Trasimeno در فصل زمستان به دست‌آورد. Guler و همکاران در سال (۲۰۰۸) افزایش میزان اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دوگانه را در بافت ماهیچه ماهی کپور دریاچه Beysehir گزارش دادند و بالاترین مقدار در فصل زمستان به دست‌آوردند. اسید چرب لینولنیک ۶-۲۰ n:۲ و آراشیدونیک ۶-۲۰:۴ n:۲ اسید چرب غالب امگا ۶ در بافت ماهیچه بوده‌اند در صورتی که ۶-۲۰:۲ n:۲، ۶-۱۸:۶ n:۵ و ۶-۲۲:۳ n:۳ جزء اسیدهای چرب غالب امگا ۶ در بافت کبد بوده‌اند. بالاترین مقدار اسید چرب عضله ۶-۱۸:۲ n:۲ در فصل زمستان و در بافت کبد در فصل پاییز به دست‌آمد. اسید چرب ۶-۲۲:۵ n:۵ از فصل پاییز تا بهار روند افزایشی را در هر دو بافت نشان داد. میزان

اسیدهای چرب امگا ۶ در بافت عضله بیشترین مقدار را در فصل زمستان و در بافت کبد در فصل بهار نشان داد. Akpinar و Görgün روند افزایش مقدار اسید چرب امگا ۶ را در بافت کبد و ماهیچه ماهی *Alburnus chalcoides* در فصل زمستان و بهار گزارش کردند. آن‌ها همچنین اسیدهای چرب غالب امگا ۶ بافت عضله و کبد را ۶-۲ n : ۱۸-۶ و ۴ n : ۲۰-۶ عنوان کردند. Basco و همکاران در سال ۲۰۱۲ اسید چرب ۶-۲ n : ۱۸ را به عنوان اسید چرب غالب امگا ۶ بافت عضله و روند افزایش آن را در فصل زمستان و بهار گزارش کردند. Guler و همکاران در سال ۲۰۰۸ اسید چرب ۶-۲ n : ۱۸، ۶-۴ n : ۲۰ و ۶-۳ n : ۱۸ را جزء اسیدهای چرب غالب بافت عضله ماهی کپور دانستند. Kalyoncu و همکاران در سال (۲۰۰۹) اسید چرب ۶-۴ n : ۲۰ و ۶-۲ n : ۱۸ را جزء اسیدهای چرب غالب عضله عنوان نمودند و بیشترین مقدار آن‌ها را در عضله لای ماهی *Vimba vimba* در فصل بهار گزارش کردند. Satar و همکاران در سال (۲۰۱۲) اسیدهای چرب ۶-۴ n : ۲۰ و ۶-۲ n : ۱۸ را جزء اسیدهای چرب غالب بافت عضله ماهی *Capoeta trutta* و بیشترین مقدار اسید چرب را در فصل پاییز و زمستان گزارش دادند. اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (HUFA) به عنوان یک منبع انرژی برای تولید مثل می‌باشند (Henderson et al., 1984). اسید چرب EPA و DHA به طور نسبی در مقایسه با MUFA در طول نمو گنادها نگهداری می‌شوند. Huynh و همکاران در سال (۲۰۰۷) نشان دادند که اسید اولئیک ۹-۱ n : ۱۸ به طور انتخابی برای سوخت متابولیکی برای تخم‌ریزی ماهی هرینگ *Clupea harengus pallasi* مصرف می‌شوند که سطح پایین تر ۹-۱ n : ۱۸ و سطوح بالاتر DHA را در نمونه‌های ماهی

تخم‌ریزی کرده گزارش دادند. آن‌ها سطوح بالاتر ۶-۴ n : ۲۰ در چربی گوشت، کبد و روده ماهی هرینگ تخم‌ریزی کرده در مقایسه با تخم‌ریزی نکرده گزارش کردند همچنین تخم و منی ماهی سطوح قابل توجه ۶-۴ n : ۲۰ را داشتند. اسید آراشیدونیک ۶-۴ n : ۲۰ همانند EPA و DHA در حفظ نقش و ساختار غشاء سلولی و همچنین در پیشرفت رشد در ماهی نقش بازی می‌کنند (Cejas et al., 2004; Sargent et al., 1995). Javaheri Baboli و همکاران در سال ۲۰۱۲ تخم‌ریزی ماهی حمیری در رودخانه کرخه رابین ماه‌های آوریل تا می گزارش کردند. در این مطالعه اسید چرب ۳-۵ n : ۳، ۳-۲۲، ۴ n : ۳، ۳-۲۰، ۴ n : ۳، ۳-۱۸، ۳-۲۰ و ۳-۶ n : ۲۲ غالب‌ترین اسید چرب امگا ۶ غیراشباع با چند پیوند دو گانه در بافت کبد بوده است. همچنین در بافت ماهیچه اسید چرب ۳-۶ n : ۲۲ اسید چرب غالب امگا ۳ بوده است. بالاترین سطح این اسید چرب امگا ۳ در بافت عضله و کبد در فصل بهار و زمستان در هر دو بافت به دست آمد. همچنین کمترین مقدار اسیدهای چرب غیراشباع با یک پیوند دو گانه در بافت ماهیچه و کبد در فصل پاییز به دست آمد. Akpinar و Görgün روند افزایش مقدار اسید چرب امگا ۳ را در بافت کبد و ماهیچه ماهی *Alburnus chalcoides* در فصل بهار و تابستان گزارش کردند. آن‌ها همچنین اسیدهای چرب غالب امگا ۳ بافت عضله و کبد را ۳-۶ n : ۲۲ و ۳-۵ n : ۲۰ عنوان کردند. Guler و همکاران در سال (۲۰۰۸) اسید چرب ۳-۶ n : ۲۲ و ۳-۵ n : ۲۰ را جزء اسیدهای چرب غالب بافت عضله ماهی کپور دانستند. Kalyoncu و همکاران در سال (۲۰۰۹) اسید چرب ۳-۶ n : ۲۲ و ۳-۵ n : ۲۰ را جزء اسیدهای چرب غالب عضله

and Khotimchenko, 2000; Logue *et al.*, 2000; Uysal *et al.*, 2008).

بالا تر بودن میزان اسیدهای چرب PUFA، DHA، EPA و اسید آراشیدونیک در بافت کبد گربه ماهی ژاپنی ماهی *Silurus asotus* بعد تخم‌ریزی نسبت به در حال تخم‌ریزی گزارش شد (Shira *et al.*, 2001). اگرچه ۶-۴ n : ۲۰ اهمیت بیولوژیکی مشابهی همانند EPA و DHA دارد اما اغلب در ماهیان نادیده گرفته می‌شود چون که در غلظت‌های پایین یافت می‌شوند، با این وجود عملکردهای حیاتی به‌عنوان یک زمینه‌ساز اصلی ایکوزانوئیدهای اصلی که نقش‌های فیزیولوژیکی شامل اسمو رو گلکیشن، نقش‌های قلبی - عروقی و نقش‌های دستگاه‌های تولیدمثل با اثبات رسیده است (Cejas *et al.*, 2004). Guler و همکاران در سال ۲۰۰۷ گزارش دادند که ماهی Zander در دوره تغذیه‌ای تا حدودی ترجیح می‌دهد که اسیدهای چرب PUFA را بیشتر از SFA و MUFA در بدن تجمع دهد. در این مطالعه بیان شد که اسیدهای چرب PUFA در ترکیب اسید چرب ماهی Zander در زمستان پایین بوده است در صورتی که آن‌ها انتظار افزایش این اسید چرب را در فصل زمستان داشتند و کاهش اسیدهای چرب PUFA را احتمالاً برای مصرف نمو گناد دانستند. نسبت ۳-۶ n-3 را شاخص خوبی برای مقایسه ارزش تغذیه‌ای نسبی روغن‌های ماهی است (Pigott & Tucker, 1990). در مطالعه حاضر نسبت ۳-۶ n-3 در فصل بهار ۳/۸۲، در فصل تابستان ۱/۰۹، در فصل پاییز ۰/۴۸ و در فصل زمستان ۴/۱۱ به دست آمد. در چندین مطالعه بالاتر بودن نسبت ۳-۶ n-3 در فصل زمستان نسبت به سایر فصول و فصل تابستان گزارش شده است (Guler *et al.*, 2007; Guler *et al.*, 2008; Guler *et al.*, 2011).

عنوان نمودند و بیشترین مقدار آن‌ها را در عضله لای ماهی *Vimba vimba* در فصل بهار گزارش کردند. Satar و همکاران در سال (۲۰۱۲) اسیدهای چرب ۳-۶ n : ۲۲ و ۳-۵ n : ۲۰ و ۳-۵ n : ۲۲ و ۳-۳ n : ۱۸ را جزء اسیدهای چرب غالب بافت عضله ماهی *Capoeta trutta* و بیشترین مقدار اسید چرب را در فصل بهار گزارش دادند. Gökce و همکاران در سال (۲۰۰۴) اشاره کردند که عواملی با منشأ داخلی و خارجی می‌توانند ترکیب شیمیایی بدن ماهی را تغییر دهند. عوامل داخلی به‌طور ژنتیکی کنترل می‌شوند و با دوره زندگی ماهی پیوسته شده‌اند. عوامل خارجی متنوعی همچون تغییرات محیطی و نوسانات در دستیابی و ترکیبات غذایی می‌توانند ترکیب شیمیایی ماهیچه ماهی را مورد تغییر قرار دهند (Olsson *et al.*, 2002; Gökce *et al.*, 2004). با این وجود عواملی همچون درجه حرارت و شوری نیز می‌توانند بر ترکیب اسید چرب و ترکیب شیمیایی بدن در ماهی تأثیرگذار باشند. Liu و همکاران ۲۰۱۹ نسبت‌های افزایش یافته ۶-۴ n : ۲۰ و ۳-۶ n : ۲۲ را به‌عنوان یک نتیجه آدپتاسیون (انطباق) با درجه حرارت سرد پیدا کردند. بدون شک افزایش در مقدار PUFA فسفو لیپیدها در طول آدپتاسیون به درجه حرارت پایین تر رخ می‌دهد. خواص فیزیکی غشاء به‌وسیله فسفو لیپیدها و ترکیب اسید چرب فسفو لیپید تعیین می‌شوند. درجه اشباعیت اسیدهای چرب در تعیین سیالیت غشای در فراهم کردن محیط مناسب برای نقش و عملکردهای غشایی سلول است. در ماهی و دیگر جانوران خونسرد درجه غیر اشباعیت غشاء سلولی نقش مهمی در مراحل سازگاری با درجات حرارت مختلف محیطی را دارد (Kozlova

Hypophthalmichthys nobilis، توسعه

آبزی پروری، ۱۱، ۱۱-۱

۳. مرادی، آ. خدادادی، م. جواهری بابلی، م. ۱۳۹۵.

اثر فصل تخم ریزی بر ترکیب اسیدهای چرب فیله ماهی مید *Liza klunzingeri* در منطقه

هندیجان، توسعه آبزی پروری، ۱۰، ۹۲-۸۳

4. Ackman, RG., 2000. Fish is more than a brain food, Proceedings of the IIFET 2000 Conference, Corvallis, Oregon, International Institute of Fisheries Economics & Trade. 1-6.
5. Agren, J., Muje, P., Hanninen, O., Herranen, J., & Penttila, I., 1987. Seasonal variations of lipid fatty acids of Boreal freshwater fish species. Comparative Biochemistry and Physiology, 88, 905-909.
6. Akpinar, M.A., Gorgun, S. and Akpinar, A.E., 2009. A comparative analysis of the fatty acid profiles in the liver and muscles of male and female *Salmo trutta macrostigma*. Food Chemistry, 112(1): 6-8.
7. Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Zubcov, E., Shahidi, F., & Alexis, M., 2002. Differentiation of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. Food Chemistry, 79(2), 145-150.
8. Al Hazzaa, R., 2005. Some biological aspects of the himri barbel, *Barbusluteus*, in the intermediate reaches of the Euphrates River. Turkish Journal Zoology, 29: 311-315.
9. Atkinson, TG., Barker, HJ., Meckling-Gill, KA., 1997. Incorporation of long chain n-3 fatty acids in tissues and enhanced bone marrow cellularity with docosahexaenoic acid feeding postweanling Fischer 344 rats. Lipids, 32:293-302.
10. Belluzzi, A., 2001. N-3 and n-6 fatty acids for the treatment of autoimmune diseases. European Journal of Lipid Science and Technology, 103:399-407.
11. Brown, A. J., Roberts, D. C. K., & Truswell, A. S., 1989. Fatty acid composition of Australian marine

FAO/WHO پیشنهاد کرده‌اند که نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ رژیم غذایی انسان حداقل باید بین ۰/۲ - ۰/۱ باشد و نسبت‌های بالاتر از ۰/۲ اثرات مفید بیشتری برای سلامت انسان دارد (FAO/WHO, 1994).

در مجموع بالاترین میزان اسید چرب غیراشباع با چند پیوند دوگانه در بافت کبد و ماهیچه به ترتیب در زمستان و بهار به ترتیب به دست آمد که می‌تواند در رابطه با درجه حرارت آب و فصل تولیدمثل باشد. همچنین نقش انرژی‌زایی اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه در دوره تولیدمثل ماهی نشان داده شده است. بافت ماهیچه ماهی حمیری رودخانه کرخه با توجه به شاخص امگا ۳ به امگا ۶ در تغذیه انسان مناسب است.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از طرح پژوهشی مصوب در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز است. از کلیه کسانی که در انجام این پروژه همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. جواهری بابلی، م. حسینی نجد گرامی، ۱۳۹۶. بررسی تغییرات فصلی ترکیب اسید چرب بافت ماهیچه و کبد ماهی بنی *sharpeyi* *Mesopotamichthys* در تالاب شادگان، اکو بیولوژی تالاب، ۳۴، ۳۴-۲۳
۲. جیحون، م. جواهری بابلی، م. ۱۳۹۶. تغییرات ترکیب اسیدهای چرب در طول نمو جنینی و لاروی ماهی کپور سر گنده

20. FAO/WHO., 1994. Fats and oils in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, 19 to 26 October 1993, Rome, 168 pp.
21. Farkas, T., Herodek, S., 1964. The effect of environmental temperature on the fatty acid composition of crustacean plankton. *Journal Lipid Research*, 5:369–73.
22. Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biology Chemistry*, 226, 497-509
23. Gökcü, M.A., Tasbozan, O., Celik, M. & Tabakoglu, S.S., 2004. Seasonal variations in proximate and fatty acid composition of female common sole (*Solea solea*). *Food Chemistry*, 88, 419–423.
24. Gokcek, C.K., and Akyurt, I., 2008. Age and growth characteristics of Himri barbel (*Barbus luteus* Heckel, 1843) in Orontes river, Turkey. *Turkish Journal Zoology*, 32: 461-467
25. Görgün, S. and Akpınar, M. A., 2012. Effect of season on the fatty acid composition of the liver and muscle of *Alburnus chalcoides* (Guldenstadt, 1772) from Todurge Lake (Sivas, Turkey), *Turkish Journal Zoology*, 36(5): 691-698
26. Gottrand, F., 2008. Long-chain polyunsaturated fatty acids influence the immune system of infants. *The Journal of Nutrition*, 138(9), 1807S-1812S.
27. Guler, G.O., Aktumsek, A., Cıtil, O.B., Arslan, A., Torlak, E., 2007. Seasonal variations on total fatty acid composition of fillets of zander (*Sander lucioperca*) in Beyşehir Lake (Turkey). *Food Chemistry*, 103, 1241-1246
28. Guler, G.O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Cıtil, O.B., Özparlak, H., 2008. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and 3/6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) Muscle lipids in Beyşehir Lake (Turkey). *Food Chemistry*, 108, 689-694.
29. Guler, G.O., Aktumsek, A., Cakmak, Y.S., Zengin, G., Cıtil, O.B., 2011. Effect of Season on Fatty Acid Composition and n-3/n-6 Ratios of Zander and Carp Muscle finfish: A review. *Food Australia*, 41(3), 655–666.
12. Candela, M., Astiasaran, I., Bello J., 1997. Effects of frying and warmholding on fatty acids and cholesterol of sole (*Solea solea*), codfish (*Gadus morrhua*) and hake (*Merluccius merluccius*). *Food Chemistry*, 58(3):227–31.
13. Carvalho, A.P. Malcata, F.X. (2005). Preparation of Fatty Acid Methyl Esters for Gas-Chromatographic Analysis of Marine Lipids: Insight Studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(13), 5049–5059
14. Cejas, J. R., Almansa, E., Villamandos, J. E., Badia, P., Bolanos, A., & Lorenzo, A., 2003. Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture*, 216(1–4), 299–313.
15. Cejas, J.R., Almansa, E., Jerez, S., Bolanos, A., Smaper, M., Lorenzo, A., 2004. Lipid and fatty acid composition of muscle and liver from wild and captive mature female broodstocks of white seabream, *Diplodus sargus*. *Comparative Biochemistry & Physiology*, 138, 91–102.
16. Celik, M., 2008. Seasonal changes in the proximate chemical compositions and fatty acids of chub mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the north eastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Science and Technology*, 43: 933-938
17. Cleland, L.G., James, M.J. & Proudman, S.M., 2003. The role of fish oils in the treatment of rheumatoid arthritis. *Drugs*, 63, 845–853
18. Connor, W.E., 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71:171S-5S.
19. Dal Bosco, A., Mugnai, C., Mourvaki, E., Castellini, C., 2012. Seasonal changes in the fillet fatty acid profile and nutritional characteristics of wild Trasimeno Lake goldfish (*Carassius auratus* L.), *Food Chemistry*, 132, 830–834

- omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation* 106:2747–57.
39. Leger, C., Bergot, P., Luquet, P., Flanzy, J., Meurot, J., 1977. Specific distribution of fatty acids in the triglycerides of rainbow trout adipose tissue. Influence of temperature. *Lipids*, 12:538–43.
 40. Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1987. The lipid composition and biochemistry of fresh-water fish. *Prog Lipid Res* 26:281–347.
 41. Liu, C., Dong, S., Zhou, Y., Shi, K., Pan, Z., Sun, D., Gao, Q. 2019. Temperature-Dependent Fatty Acid Composition Change of Phospholipid in Steelhead Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Tissues. *Journal of Ocean University of China*, 18(2), 519–527
 42. Huynh, M.D. – 2007. Comparison of fatty acid profiles of spawning and non-spawning Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*. *Comparative Biochemistry & Physiology*, 146B: 504–511.
 43. Logue, J.A., de Vries, A.L., Fodor, E. Cossins, A.R., 2000. Lipid compositional correlates of temperature-adaptive interspecific differences in membrane physical structure. *Journal of Experimental Biology*, 203: 2105–2115.
 44. Lovell, R.T., 1991. Nutrition of aquaculture species. *Journal of Animal Science*, 69:4193–200.
 45. Olsson, G.B., Olsen, R.L., Carlehög, M., Ofstad, R., 2002. Seasonal variation in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 217, 191–205.
 46. Özyurt, G., Polat, A., Özkütük, S., 2005. Seasonal changes in the fatty acids of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and white seabream (*Diplodus sargus*) captured in Iskenderun Bay, eastern Mediterranean coast of Turkey. *European Food Research and Technology*, 220, 120–124.
 47. Pigott, G.M., Tucker, B.W., 1990. Effects of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker, 32–65
 48. Pike H.I. 1999. Health benefits from feeding fish oil and fish meal. UK: International Lipids in Altinapa Dam Lake. *Journal of Food Science*, 76, 594–597
 30. Hibbeln, J.R., 1998. Fish consumption and major depression (letter). *Lancet* 351(9110):1213.
 31. Henderson, R.J., Sargent, J.R., Hopkins, C.C.E., 1984. Changes in the content and fatty acid composition of lipid in an isolated population of the capelin, *Mallotus villosus*, during sexual maturation and spawning. *Marine Biology*, 78, 255–263
 32. Henderson, R.J., Tocher, D.R., 1987. The lipid composition and biochemistry of fresh-water fish. *Prog Lipid Research*, 26:281–347.
 33. Holm, T., Andreassen, A.K., Aukrust, P., Andersen, K., Geiran, O. R., Kjekshus, J., Simonsen, S., Gullestad, L., 2001. Omega-3 fatty acids improve blood pressure control and preserve renal function in hypertensive heart transplant recipients. *European Heart Journal*, 22, 428–436.
 34. Holub, B.J., 2001. Docosahexaenoic acid in human health. In Shahidi F., Finley J.W (editors.). Omega-3 fatty acids, chemistry, nutrition and health effects. ACS Symposium series 788 ACS Press. p. 54–65.
 35. Hu, F.B., Cho, E.Y., Rexrode, K.M., Albert, C.M., Manson, J.E., 2003. Fish and long-chain omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease and total mortality in diabetic women. *Circulation* 107(14):1852–7.
 36. Kalyoncu, L., Kıssal, S., Aktümsek, A., 2009. Seasonal changes in the total fatty acid composition of *Vimba vimba tenella* (Nordmann, 1840) in Eiridir Lake, Turkey. *Food Chemistry*. 116: 728–730.
 37. Kozlova, T.A., Khotimchenko, S.V., 2000. Lipids and fatty acids of two pelagic cottoid fishes (*Comephorus spp.*) endemic to Lake Baikal. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 126(4): 477–485.
 38. Kris-Etherton, P.M., Harris, W.S., Appel, L.J., 2002. Fish consumption, fish oil,

53. Sidhu, K.S., 2003. Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38(3):336–44.
54. Shirai, N., Suzuki, H., Tokairin, S., Wada S., 2001. Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 129:185-195
55. Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338: 985- 992.
56. Uysal, K., Aksoylar, MY., 2005. Seasonal variations in fatty acid composition and the n-6/n-3 fatty acid ratio of pikeperch (*Sander lucioperca*) muscle lipids. *Ecology of Food and Nutrition*, 44:23–35.
57. Uysal, K., Yerlikaya, A., Aksoylar, MY., Yontem, M., Ulupinar, M., 2006. Variations in fatty acids composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) liver with respect to gonad maturation. *Ecology of Freshwater Fish*, 15:441–5.
- Fishmeal and Oil Manufacturers Association.
49. Rennie, KL., Hughes, J., Lang, R., Jebb, SA., 2003. Nutritional management of rheumatoid arthritis: a review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 16:97–109.
50. Rasoarahona J.R.E., Barnathan G., Bianchini J-P., Gaydou E. M., Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. *Food Chemistry*, 2005, 91, 683–694.
51. Sargent, J.R., 1995. Origins and functions of egg lipids: nutritional implications. In bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds), *Broodstock management and eggs and larval quality*. Blackwell science, London, 353-372.
52. SATAR, I.E., UYSAL, E., ÜNLÜ, E., BAŞHAN, M., SATAR, A., 2012. The effects of seasonal variation on the fatty acid composition of total lipid, phospholipid, and triacylglycerol in the dorsalmuscle of *Capoeta trutta* found in the Tigris River (Turkey), *Turkish Journal of Biology*, 36 : 113-123