

مقایسه پروفایل اسید چرب عضله و کبد در دو جنسیت نر و ماده ماهی خواجه (*Schizothorax zarudnyi*)

❖ اسحق زکی پور رحیم آبادی* : دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی پروفایل اسید چرب عضله و کبد ماهی خواجه در دو جنسیت نر و ماده انجام شد. تعداد ۱۸ نوع اسید چرب از انواع اسیدهای چرب اشباع (Saturated fatty acids)، تک‌غیراشباعی (Mono-unsaturated fatty acids) و چندغیراشباعی (Poly-unsaturated fatty acids) در دو جنسیت نر و ماده ماهی خواجه شناسایی شدند. اسید پالمیتیک (C16:0)، اسید پالمیتولئیک (C16:1) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (C22:6) به ترتیب فراوان‌ترین اسیدهای چرب از گروه SFA، MUFA و PUFA در عضله و کبد ماهی بودند. تفاوت معنی‌داری در محتوای SFAs (با محتوای ۳۵/۴۴ و ۳۵/۴۲ گرم در ۱۰۰ گرم اسید چرب به ترتیب در عضله ماهی نر و ماده)، MUFAs (با محتوای ۴۲/۵۶ و ۴۲/۹۴) و PUFAs (با محتوای ۲۲/۰۰ و ۲۱/۶۸) به ترتیب در عضله جنسیت نر و ماده ماهی خواجه ملاحظه نشد ($P > 0.05$). محتوای اسیدهای چرب SFA، MUFA و PUFA در کبد ماهیان نر و ماده به ترتیب ۳۴/۵۱ و ۳۷/۰۴، ۴۲/۹۵ و ۴۴/۳۱ همچنین ۲۲/۵۵ و ۱۸/۶۲ بوده است. نسبت اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ به اسیدهای چرب امگا-۶ در گوشت و کبد جنسیت‌های نر و ماده ماهی خواجه به ترتیب ۳/۹۱، ۲/۹۹، ۴/۹۶ و ۴/۴۳ محاسبه شد.

واژگان کلیدی: اسیدهای چرب چند غیراشباعی، اسیدهای چرب امگا-۳، اسیدهای چرب امگا-۶ ترکیب اسید چرب، ماهی خواجه (*Schizothorax zarudnyi*).

۱. مقدمه

است (Akpınar et al., 2009; Rodríguez et al., 2004). کبد از جمله بافت‌هایی است که نقش حیاتی در جنبه‌های مختلف متابولیسم چربی نظیر جذب، اکسیداسیون و تبدیل اسیدهای چرب و فراهم کردن اسیدهای چرب چند غیراشباعی بلندزنجیره برای سایر بافت‌ها دارد (Rodríguez et al., 2004) همچنین به منزله ذخیره چربی خصوصاً در ماهیان کم‌چرب شناخته می‌شود (Guil-Guerrero et al., 2011).

بررسی ترکیب اسید چرب بافت کبد، علاوه بر این که می‌تواند اطلاعاتی بسیار باارزش در خصوص ذخایر اسیدهای چرب چند غیراشباعی بلندزنجیره در این بافت (که معمولاً در خلال عمل‌آوری ماهی دور ریخته می‌شود) فراهم آورد، می‌تواند نیازهای تغذیه‌ای ماهی را به اسیدهای چرب مختلف مشخص کند (Rodríguez et al., 2004).

بررسی پروفایل عضله به‌منزله بافت اصلی خوراکی و بافت کبد به‌منزله بافت فعال در متابولیسم چربی در جنسیت‌های مختلف ماهی خواجه می‌تواند اطلاعات ارزشمندی از این ماهی در اختیار گذارد. اطلاعات درباره ترکیبات شیمیایی بدن خصوصاً پروفایل اسید چرب عضله و کبد در جنسیت‌های مختلف ماهی خواجه، که از گونه‌های مهم و باارزش در منطقه سیستان است، بسیار کم است. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی پروفایل اسید چرب عضله و کبد ماهی خواجه در دو جنسیت نر و ماده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. مواد و دستگاه‌های مورد استفاده

کلروفرم، متانول، سدیم متوکساید، هگزان، BF_3 ، نمک Na_2SO_4 (مرک، آلمان)، آب مقطر، کاغذ صافی

ماهی خواجه (شیرماهی یا سفیدک با نام علمی *Schizothorax zarudnyi*) متعلق به خانواده کپورماهیان و از ماهیان آب شیرین و بومی منطقه سیستان در جنوب شرق ایران است (Gharaei et al., 2011). این ماهی از مقبولیت بالایی بین مصرف‌کنندگان بومی در منطقه سیستان برخوردار است. ماهی منبعی بسیار مناسب و باارزش از پروتئین با کیفیت بالا، چربی حاوی اسیدهای چرب متنوع خصوصاً از انواع اسیدهای چرب بلندزنجیره چند غیراشباعی، مواد معدنی و ویتامین‌هاست. تأثیرات مثبت استفاده از ماهی یا مکمل‌های روغنی آبیان در جلوگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها به واسطه اسیدهای چرب بلندزنجیره خانواده امگا-۳ به‌خوبی مشخص شده است (Block and Pearson, 2006).

مطالعات نشان داده‌اند که محتوای چربی و ترکیب اسید چرب در ماهیان گوناگون متفاوت است و تحت تأثیر فاکتورهای مختلف محیطی (رژیم غذایی، فصل و دما) و بیولوژیکی (سن، جنسیت و اندازه بدن) قرار دارد (Sigurgisladóttir and Pálmadóttir, 1993). تفاوت‌هایی بین دو جنسیت نر و ماده در ذخیره‌سازی چربی در گوشت و کبد ماهی گوبی (*Gobius melanostomus*) گزارش شده است. این تفاوت‌ها خصوصاً در ماهیان بالغ با توجه به تغییرات گنادی مشخص‌تر بوده است (Love, 1997). تفاوت در پروفایل اسید چرب عضله و کبد بین دو جنسیت نر و ماده *Salmo trutta macrostigma* نیز گزارش شده است (Akpınar et al., 2009).

مطالعات نشان داده‌اند که محتوای چربی و پروفایل اسید چرب در بافت‌های مختلف بدن ماهی نیز متفاوت

در داخل دکانتر ریخته شد و پس از جداسدن لایه‌ها، لایهٔ زیرین که حاوی کلروفرم و چربی است استفاده شد. در صورت غیرشفاف بودن از مقداری نمک Na_2SO_4 استفاده شد. تبدیل چربی استخراج شده به متیل استر اسیدهای چرب مطابق روش *Metcalf et al.* (1966) انجام گرفت. در این روش، پس از اضافه کردن سود متانولی، استاندارد داخلی و هگزان به لولهٔ آزمایش حاوی نمونهٔ روغن، لولهٔ آزمایش به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار می‌گیرد. سپس، محلول بور تری فلورید متانولی به آن اضافه می‌شود و مجدداً در حمام آب جوش قرار می‌گیرد و پس از خنک شدن هگزان و نمک طعام اشباع به آن اضافه می‌شود و به شدت تکان داده می‌شود؛ سپس بدون حرکت گذاشته می‌شود تا محلول به دو فاز تقسیم شود. از فاز بالایی برای تزریق به دستگاه گاز کروماتوگراف استفاده می‌شود.

۲.۴. آنالیز اسیدهای چرب با دستگاه گاز

کروماتوگراف

آنالیز متیل استرهای اسیدهای چرب با دستگاه گاز کروماتوگرافی دارای ستون کاپیلاری bp X 70 (طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر) و دستگاه دتکتور FID با شرایط زیر انجام گرفت. نرخ اسپلیت ۱۰ به ۱ بود. دمای قسمت تزریق نمونه ۳۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد و دمای دتکتور ۳۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد بود. برنامهٔ دمایی آون دستگاه به قرار زیر بوده است: دمای اولیه ۱۶۰ درجه برای مدت ۶ دقیقه، افزایش دما به ۱۸۰ درجه با نرخ ۲۰ درجه در دقیقه و حفظ دما به مدت ۹ دقیقه در این دما سپس، افزایش مجدد دما به ۱۹۰ درجه با نرخ ۲۰ درجه در دقیقه و حفظ دما برای مدت ۱۴ دقیقه. از گاز هلیوم به‌منزلهٔ گاز حامل

واتمن شمارهٔ ۱، پارافیلیم (ANC، امریکا)، دکانتر ۲۵۰ cc (ISOLAB، آلمان)، دستگاه چرخ‌گوش (پارس خزر، M.G.1400، ایران)، دستگاه هم‌زن برقی (پاناسونیک، ایران)، ستون کاپیلاری (bp X 70, 30) (am, 0.25 mm، ژاپن)، دستگاه گاز کروماتوگرافی (Unicam, 4600، امریکا).

۲.۲. تهیهٔ ماهی و آماده‌سازی نمونه‌ها

۲۵ عدد ماهی تازهٔ خواجه (با وزن متوسط ۱۰۵ گرم و طول متوسط ۲۳/۵ سانتی‌متر) در زمستان ۱۳۸۹ از بازار محلی در زابل خریداری شد. ماهیان در داخل یونولیت و همراه با یخ طی مدت کمتر از ۱۲ ساعت (از زمان صید) به آزمایشگاه گروه شیلات دانشگاه زابل منتقل شدند. پس از تعیین جنسیت (*Gharaei et al.*, 2011)، عملیات شست‌وشو، تخلیهٔ شکمی، جداکردن کبد ماهی، شست‌وشوی مجدد، پوست‌کنی و جداکردن گوشت، هم‌وزن کردن نمونه‌های گوشت و کبد به ترتیب با دستگاه چرخ‌گوش و به صورت دستی برای دو جنسیت انجام شد. ۱۱ عدد ماهی نر و ۱۴ عدد ماهی ماده بررسی شدند.

۲.۳. روش استخراج چربی و متیل استر کردن

نمونه‌ها

برای استخراج چربی از متد به‌کار گرفته‌شدهٔ *Bakar et al.* (2008) استفاده شد. برای این منظور مقدار ۲۰ گرم گوشت یا کبد ماهی به همراه ۲۰ میلی‌لیتر کلروفرم و ۴۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند. سپس، مخلوط با ۲۰ میلی‌لیتر کلروفرم و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط شد. مخلوط به‌دست‌آمده با استفاده از کاغذ صافی و در شرایط تحت خلأ فیلتر شد. فاز مایع به‌دست‌آمده

استفاده شد. نتایج داده‌ها با ۳ تکرار به صورت میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده است.

۳. نتایج

تعداد ۱۸ نوع اسید چرب مختلف از انواع اسیدهای چرب اشباع (Saturated fatty acids, SFA)، اسیدهای چرب تک غیراشباعی (Monounsaturated fatty acids, MUFA) و اسیدهای چرب چند غیراشباعی (Polyunsaturated fatty acids, PUFA) در دو جنسیت نر و ماده ماهی خواجه شناسایی شد (جدول ۱).

با سرعت حرکت ۱/۹ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. مقدار ۰/۱ میکرولیتر نمونه به دستگاه تزریق شد. برای شناسایی اسیدهای چرب از زمان نگهداری (Retention time) اسیدهای چرب استاندارد شناخته شده استفاده شد.

۲. ۵. آنالیز آماری

این مطالعه در قالب طرحی کاملاً تصادفی انجام گرفت. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها برای آنالیز آماری داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) در نرم‌افزار مینی‌تب استفاده شد. برای بررسی معنی‌دار بودن اختلافات بین تیمارها از تست توکی در سطح ۵ درصد

جدول ۱. ترکیب اسید چرب (گرم در صد گرم اسید چرب) در عضله و کبد در جنسیت نر و ماده ماهی خواجه *S. zarudnyi*

ماهی خواجه				اسیدهای چرب
جنسیت ماده		جنسیت نر		
کبد	عضله	کبد	عضله	
۴/۲۵ \pm ۰/۰۲ ^a	۳/۶۶ \pm ۰/۰۲ ^b	۴/۳۱ \pm ۰/۰۴ ^a	۳/۵۳ \pm ۰/۰۴ ^c	C14:0
۲۲/۹۷ \pm ۰/۲۰ ^a	۲۲/۸۶ \pm ۰/۲۷ ^a	۲۱/۷۱ \pm ۰/۳۰ ^b	۲۲/۶۸ \pm ۰/۳۲ ^a	C16:0
۲۳/۰۳ \pm ۰/۳۵ ^a	۱۹/۳۱ \pm ۰/۴۵ ^b	۲۳/۳۷ \pm ۰/۸۰ ^a	۱۹/۰۰ \pm ۰/۸۵ ^b	C16:1
۱/۵۸ \pm ۰/۰۱ ^c	۲/۲۴ \pm ۰/۰۲ ^a	۰/۷۲ \pm ۰/۱۰ ^d	۱/۸۵ \pm ۰/۱۴ ^b	C17:0
۰/۶۶ \pm ۰/۰۱ ^a	۰/۷۵ \pm ۰/۰۰ ^a	۰/۶۸ \pm ۰/۱۰ ^a	۰/۶۸ \pm ۰/۱۱ ^a	C17:1
۴/۸۴ \pm ۰/۰۵ ^a	۳/۱۳ \pm ۰/۰۵ ^d	۴/۱۲ \pm ۰/۱۴ ^b	۳/۴۳ \pm ۰/۱۳ ^c	C18:0
۱۴/۷۱ \pm ۰/۲۹ ^b	۱۸/۳۲ \pm ۰/۳۰ ^a	۱۳/۴۵ \pm ۰/۲۴ ^c	۱۸/۰۶ \pm ۰/۲۰ ^a	C18:1 c
۴/۶۷ \pm ۰/۰۴ ^a	۳/۱۲ \pm ۰/۰۳ ^b	۴/۵۱ \pm ۰/۱۹ ^a	۳/۴۸ \pm ۰/۲۰ ^b	C18:1 t
۱/۴۸ \pm ۰/۰۲ ^b	۰/۹۷ \pm ۰/۰۲ ^c	۳/۱۶ \pm ۰/۲۰ ^a	۱/۸۲ \pm ۰/۲۲ ^b	C18:2 n-6
۱/۳۷ \pm ۰/۰۶ ^c	۱/۷۴ \pm ۰/۰۷ ^b	۲/۰۷ \pm ۰/۰۲ ^a	۱/۲۲ \pm ۰/۰۳ ^d	C18:3 n-3
۱/۲۷ \pm ۰/۰۵ ^a	۰/۶۵ \pm ۰/۰۴ ^c	۱/۱۳ \pm ۰/۰۴ ^b	۰/۶۷ \pm ۰/۰۴ ^c	C20:0
۱/۲۴ \pm ۰/۰۳ ^c	۱/۴۴ \pm ۰/۰۳ ^a	۰/۹۴ \pm ۰/۰۲ ^d	۱/۳۴ \pm ۰/۰۳ ^b	C20:1
۰/۲۱ \pm ۰/۰۱ ^c	۱/۰۰ \pm ۰/۰۰ ^a	۰/۰۱ \pm ۰/۰۰ ^d	۰/۴۴ \pm ۰/۰۱ ^b	C20:2
۱/۹۱ \pm ۰/۰۲ ^b	۲/۵۰ \pm ۰/۰۳ ^a	۲/۴۹ \pm ۰/۰۶ ^a	۲/۵۷ \pm ۰/۰۵ ^a	C20:4 n-6
۵/۶۱ \pm ۰/۱۵ ^d	۷/۲۷ \pm ۰/۱۲ ^a	۶/۳۸ \pm ۰/۱۰ ^b	۶/۵۲ \pm ۰/۱۱ ^b	C20:5 n-3
۰/۱۹ \pm ۰/۰۰ ^a	۰/۱۲ \pm ۰/۰۱ ^c	۰/۱۵ \pm ۰/۰۱ ^b	۰/۱۹ \pm ۰/۰۱ ^a	C23:0
۱/۹۴ \pm ۰/۰۵ ^d	۲/۷۶ \pm ۰/۰۴ ^b	۲/۳۷ \pm ۰/۰۳ ^c	۳/۰۹ \pm ۰/۰۴ ^a	C24:0
۸/۰۴ \pm ۰/۱۰ ^b	۸/۲۰ \pm ۰/۱۵ ^b	۸/۴۴ \pm ۰/۴۰ ^b	۹/۴۳ \pm ۰/۳۹ ^a	C22:6 n-3

اعداد داخل جدول میانگین و انحراف معیار ۳ تکرارند. اعداد دارای حروف کوچک مختلف اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارند.

جدول ۲. ترکیب گروه‌های اسید چرب (گرم در صد گرم اسید چرب) در گوشت و کبد در جنسیت نر و مادهٔ ماهی خواجه

ماهی خواجه				اسیدهای چرب
جنسیت ماده		جنسیت نر		
کبد	عضله	کبد	عضله	
۳۷/۰	۳۵/۴	۳۴/۵	۳۵/۴	∑ SFA
۴۴/۳	۴۲/۹	۴۲/۹	۴۲/۶	∑ MUFA
۱۸/۶	۲۱/۷	۲۲/۵	۲۲/۰	∑ PUFA
۱۵/۰	۱۷/۲	۱۶/۹	۱۷/۲	∑ PUFA n-3
۳/۴	۳/۸	۵/۶	۴/۴	∑ PUFA n-6
۴/۴۳	۴/۹۶	۲/۹۹	۳/۹۱	n-3/n-6

- اسیدهای چرب شناسایی شده در گروه SFA: C14:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0, C23:0 و C24:0 بودند.

- اسیدهای چرب شناسایی شده در گروه MUFA: C16:1, C17:1, C18:1 c, C18:1 t و C20:1 بودند.

- اسیدهای چرب شناسایی شده در گروه PUFA: C18:2 n-6, C18:3 n-3, C20:2, C20:4 n-6, C20:5 n-3 و C22:6 n-3 بودند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعهٔ حاضر نشان داد که در ترکیب اسید چرب ماهی خواجه، در جنسیت‌های نر و ماده و در بافت‌های مختلف (عضله و کبد)، اسیدهای چرب MUFAs بیشترین نسبت را به خود اختصاص دادند و به دنبال آن SFAs و PUFAs قرار داشتند. نتایج حاضر با نتایج (Türkkan et al. 2008) و (Rahimabadi et al. 2009) به ترتیب برای ماهی *Schizothorax zarudnyi* و *Dicentrarchus labrax* مطابقت دارد.

تفاوت معنی‌داری در محتوای SFAs، MUFAs و PUFAs عضله بین جنسیت نر و مادهٔ ماهی خواجه ملاحظه نشد. (Usydu et al. 2012) نتایج مشابهی را از نبود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های مختلف اسید چرب خصوصاً مجموع اسیدهای چرب EPA و DHA بین جنسیت نر و ماده در گوشت ماهی *Sprattus sprattus* گزارش کرده‌اند. محتوای

فراوان‌ترین اسید چرب SFA در گوشت و کبد ماهی خواجه در دو جنسیت نر و ماده اسید پالمیتیک (C16:0) بود. پالمیتولیک اسید (C16:1) و اولئیک اسید (C18:1) فراوان‌ترین اسید چرب تک غیراشباعی بودند. در بین اسیدهای چرب PUFA فراوان‌ترین اسیدهای چرب را به ترتیب دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) و ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) تشکیل می‌دادند (جدول ۱).

اسیدهای چرب تک غیراشباعی به ترتیب با ۴۲/۶، ۴۲/۹، ۴۲/۹ و ۴۴/۳ درصد در گوشت و کبد جنسیت نر و مادهٔ ماهی خواجه بیشترین ترکیب گروهی را به خود اختصاص دادند و پس از آن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان‌ترین گروه بودند (جدول ۲).

نسبت اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-۳ به اسیدهای چرب امگا-۶ (n-3/n-6 ratio) در گوشت و کبد جنسیت‌های نر و مادهٔ ماهی خواجه به ترتیب ۳/۹۱، ۲/۹۹، ۴/۹۶ و ۴/۴۳ بوده است.

اسیدهای چرب عضله همچنین مقادیر کمتر اسیدهای چرب PUFAs در کبد جنسیت ماده می تواند مربوط به تغییرات جنسی در سیکل تولیدمثلی و به کارگیری از ذخایر چربی در تولیدات جنسی باشد (Görgün and Akpınar, 2012).

به رغم کمتر بودن محتوای اسیدهای چرب PUFAs در جنسیت ماده ماهی خواجه، نسبت اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ (n-3/n-6) در عضله و کبد جنسیت ماده در مقایسه با جنسیت نر بیشتر است. این بدان معنی است که نسبت بالاتری از اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ در مقایسه با اسیدهای چرب خانواده امگا-۶ در افراد جنسیت ماده ماهی خواجه وجود دارد.

از فاکتورهای مهم تعیین کننده کیفیت و ارزش غذایی روغن ماهی، نسبت مناسب اسیدهای چرب خانواده امگا-۳ در مقایسه با اسیدهای چرب خانواده امگا-۶ است (Zuraini et al., 2006). این نسبت در گوشت و کبد افراد نر و ماده ماهی خواجه به ترتیب ۳/۹۱، ۲/۹۹، ۴/۹۶ و ۴/۴۳ تعیین شد. Nikoo et al. (2010) درباره ماهی سفید دریای خزر همچنین (2003) García-Arias et al. درباره ماهی ساردین نتایج مشابهی را گزارش کرده اند. مقادیر n-3/n-6 به دست آمده برای ماهی خواجه در مطالعه حاضر بیشتر از مقادیر گزارش شده در مطالعه Memon et al. (2011) برای *Cirrhinus Labeo rohita* و *Catla catla* پرورشی به ترتیب به میزان ۱/۸۷، ۱/۹۱ و ۱/۶۹ است. نسبت مناسب اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶ در جیره غذایی انسان سالم بین ۱ به ۱ تا ۱ به ۵ است (Zuraini et al., 2006). امروزه به سبب افزایش استفاده از روغن های گیاهی

اسیدهای چرب SFAs و MUFAs در کبد ماهی ماده از سایر نمونه ها بیشتر و در عوض محتوای اسیدهای چرب PUFAs در آن ها کمتر بود (جدول ۲). Abdi et al. (2011) محتوای بیشتر اسیدهای چرب SFAs و محتوای کمتر اسیدهای چرب PUFAs را در کبد ماهی ماده در مقایسه با ماهی نر در ماهی *Hemibagrus nemurus* گزارش کرده اند. این در حالی است که Satue and Lopez (1996) محتوای بالاتری از PUFAs خصوصاً محتوای EPA و DHA را در کبد جنسیت نر قزل آلابی رنگین کمان در مقایسه با جنسیت ماده آن گزارش کرده و علت این امر را با توسعه تخمک ها در جنسیت ماده مربوط دانسته اند.

همان طور که بیان شد محتوای چربی و ترکیب اسید چرب در ماهیان تحت تأثیر فاکتورهای مختلف محیطی (رژیم غذایی، فصل و دما) و بیولوژیکی (سن، جنسیت و اندازه بدن) قرار دارد (Sigurgisladóttir and Pálmadóttir, 1993; Love, 1997). مطالعات Ibarz et al. (2005) بیانگر تأثیر دمای محیط و شرایط تغذیه ای در ترکیب اسید چرب گوشت و اندام های دیگر نظیر کبد در دو بخش تری گلیسرید و فسفولیپیدها بوده است. این تحقیقات بیانگر تأثیرات عوامل مختلف محیطی و بیولوژیکی در محتوا و ترکیب چربی در اندام های مختلف بدن است. مطالعات Akpınar et al. (2009) بیانگر اختلاف معنی دار در پروفایل اسید چرب در بافت های عضله و کبد در دو جنسیت نر و ماده *Salmo trutta* بوده است. تغییر در پروفایل اسید چرب بافت کبد در ماهی *Alburnus chalcoides* به واسطه تغییرات فصلی نیز به خوبی بررسی شده است (Görgün and Akpınar, 2012). اختلافات ناچیز در ترکیب

مناسب بین اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-۶، از منابع بسیار خوب چربی مفید برای حفظ سلامت و جلوگیری از بروز بیماری‌های مختلف در انسان‌اند. با توجه به تأثیرات منفی ناشی از سرخ کردن ماهی در کیفیت چربی و ترکیب اسید چرب ماهی (Bakar et al., 2008)، به منظور حفظ ارزش تغذیه‌ای و بهره‌گیری از تأثیرات مفید چربی این ماهی می‌توان از شیوهٔ مرسوم پخت ماهی در منطقهٔ سیستان (پخت ماهی در دوغ) بهره گرفت.

همچنین تغییر در جیرهٔ غذایی خصوصاً در جوامع غربی، محتوای اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-۶ در مقایسه با اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-۳ در بدن افراد افزایش چشمگیری داشته است. این مسئله مسبب بسیاری از امراض و مشکلات پزشکی در این جوامع بوده است (Block and Pearson, 2006). مطالعهٔ حاضر نشان داد که افراد جنسیت نر و مادهٔ ماهی خواجه به سبب دارا بودن محتوای بالای اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیره خصوصاً مجموع محتوای EPA و DHA همچنین، نسبت

References

- [1]. Abdi, H., Christianus, A., Ramezani-Fard, E., Saad, C.R., Hosseini, S.A. 2011. Proximate and fatty acid composition of the liver of cultured Asian redbtail catfish (*Hemibagrus nemurus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6(7), 840-845.
- [2]. Akpinar, M.A., Görgün, S., 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, 6–8.
- [3]. Bakar, J., Zakipour Rahimabadi, E., Cheman, Y.B., 2008. Lipid characteristics in cooked-chill-reheated fillets of Indo-Pacific King Mackerel (*Scomberomorous guttatus*). *LWT- Food Science and Technology* 41, 2144-2150.
- [4]. Block, R.C., Pearson, T.A., 2006. The cardiovascular implication of omega-3 fatty acids. *Cardiology Journal Formerly Folia Cardiologica* 13 (7), 557-569.
- [5]. García-Arias, M.T., Alvarez Pontes, E., García-Linares, M.C., García-Fernández, M.C., Sánchez-Muniz, F.J., 2003. Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillet. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. *Food Chemistry* 83, 349-356.
- [6]. Gharaei, A., Rahdari, A., Ghaffari, M., 2011. Induced spawning of *Schizothorax zarudnyi* (Cyprinidae) by using synthetic hormones (Ovaprim and HCG). *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3 (6), 518-522.
- [7]. Görgün, S., Akpinar, M.A., 2012. Effect of season on the fatty acid composition of the liver and muscle of *Alburnus chalcoides* (Güldenstädt, 1772) from Tödürge Lake (Sivas, Turkey). *Turkish Journal of Zoology* 36 (5), 691-698.
- [8]. Guil-Guerrero, J.L., Venegas-Venegas, E., Rincón-Cervera, M.Á., Suárez, M.D., 2011. Fatty acid profiles of livers from selected marine fish species. *Journal of Food Composition and Analysis* 24, 217–222.
- [9]. Ibarz, A., Blasco, j., Beltrán, M., Gallardo, M.A., Sánchez, J., Sala, R., Fernández-Borràs, J., 2005. Cold-induced alterations on proximate composition and fatty acid profiles of several tissues in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 249, 477-486.
- [10]. Love, R.M., 1997. Biochemical dynamics and the quality of fresh and frozen fish. In: Hall, G. M. (Eds.), *Fish processing technology*. Blackie Academic and Professional, London, UK, pp. 1-31.
- [11]. Metcalf, I.C., Schmirz, A.A., Pelka, J.R., 1966. Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography. *Analytical Chemistry* 38, 514-515.
- [12]. Memon, N.N., Talpur, F.N., Bhangar, M.I., Blouch, A., 2011. Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. *Food Chemistry* 126, 405-410.
- [13]. Nikoo, M., Ghomi, M.R., Zakipour Rahimabadi, E., Benjakul, S., Javadian, B., 2010. The effects of deep-frying, refrigerated storage and reheating on the fat content, oxidation and fatty acid composition of the fish *Rutilus frisii kutum*. *Journal of Food Processing and Technology* 1 (1), 1000103.
- [14]. Rahimabadi, E.Z., Mirdar, J., Elahi, M.Y., Arshadi, A., Haidari, M.R., 2009. The lipid quality

- assessment of *Schizothorax zarudnyi* and *Schizocypris altidorsalis* by fatty acid analysis. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 12 (15), 1090-1093.
- [15]. Rodríguez, C., Acosta, C., Badía, P., Cejas, J.R., Santamaría, F.J., Lorenzo, A., 2004. Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 139, 619–629.
- [16]. Satue, M.T., Lopez, M.C., 1996. Sex-linked differences in fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver oil. *Food Chemistry* 57 (3), 359-363.
- [17]. Sigurgisladóttir, S., Pálmadóttir, H., 1993. Fatty acid composition of thirty-five Icelandic fish species. *Journal of American Oil Chemist's* 70 (11), 1081-1087.
- [18]. Türkkán, A.U., Cakli, S., Kilinc, B., 2008. Effect of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Process* 86, 163-166.
- [19]. Usydus, Z., Szlifder-Richert, J., Adamczyk, M., 2012. Variation in proximate composition and fatty acid profiles of Baltic sprat (*Sprattus sprattus balticus*). *Food Chemistry* 130, 97-103.
- [20]. Zuraini, A., Somchit, M.N., Solihah, M.H., Goh, Y.M., Arifah, A.K., Zakaria, M.S., Somchit, N., Rajion, M.A., Zakaria, Z.A., Mat Jais, A.M., 2006. Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian channa spp. *Fish. Food Chemistry* 97, 674-678.