شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۵

ص۵۳۳-۵۴۵

بررسی محتوای اسیدهای چرب و مواد معدنی در استخوان ماهی ساردین پهلوطلایی (*Sardinella gibbosa*)، کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) و موتوماهی (*Stolephorus indicus*)

❖ **ندا سرحدی:** مربی گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، ایران
❖ **علی طاهری*:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران و استادیار گروه زیست‌فناوری دریایی، مرکز تحقیقات علوم زیستی دریای عمان، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، ایران
❖ **علی معتمدزادگان:** استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

چکیده

در مطالعهٔ حاضر محتوای مواد معدنی و اسیدهای چرب استخوان ماهی ساردین پهلوطلایی (*Sardinella gibbosa*)، کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) و موتوماهی (*Stolephorus indicus*) بررسی شد. اسیدهای چرب اشباع در استخوان ماهی‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع در موتوماهی و ساردین پهلوطلایی فاقد اختلاف معنی‌دار بود، ولی کیلکا کمترین میزان را نشان داد ($P<0/05$). بیشترین میزان مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباعی در ساردین و کمترین آن در موتوماهی دیده شد. بیشترین میزان نسبت اسیدهای چرب n۳ به n۶ در ساردین و کمترین در موتوماهی دیده شد و هر سه گونه اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. کلسیم، آهن، فسفر و روی در ساردین بیشترین مقدار و در ماهی کیلکا کمترین میزان را دارا بود. بیشترین میزان مس و کروم در ماهی کیلکا و بیشترین میزان پتاسیم و فلوئور در ماهی ساردین دیده شد ($P<0/05$). بر اساس نتایج، ترکیب استخوان هر سه گونه ماهی مورد مطالعه کیفیت خوبی را از نظر تغذیه‌ای نشان داد. بهترین ترکیب مشاهده‌شده در ساردین پهلوطلایی بود. در نتیجه به نظر می‌رسد استفاده از پودر استخوان این ماهیان به‌منزلهٔ مکمل غذایی در صنایع غذایی توجیه‌پذیر باشد.

واژگان کلیدی: اسید چرب اشباع، اسید چرب تک غیراشباع، اسید چرب چند غیراشباعی، پودر استخوان، مواد معدنی.

* نویسندهٔ مسئول : ۰۹۱۲۶۴۸۷۴۱۷
Email: taheri@cmu.ac.ir

۱.مقدمه

ماهی منبع باارزشی از پروتئین است و در نتیجه می‌تواند به دلیل منفعت اقتصادی و ویژگی‌های تغذیه‌ای مشکل کمبود منبع پروتئینی را حل کند (Waseem, 2007). ماهی به دلیل ارزش غذایی بالای آن امروزه شناخته شده است و علاوه بر پروتئین، فسفولیپید، اسیدهای چرب غیراشباع و مواد معدنی ضروری با ترکیب مناسب، نسبت میزان مواد مغذی توصیه‌شده برای بدن انسان به مقدار قابل جذب آن بسیار مفید و سلامتی‌بخش است (Simopoulos, 2002). با این حال ترکیب شیمیایی اجزای مختلف بدن با توجه به نوع گونه و عوامل دیگری مانند منطقهٔ صید، فصل، جنسیت و سن ماهی تغییر می‌کند (Liu *et al.*, 2003).

در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری دربارهٔ متابولیسم و عملکرد اسیدهای چرب بلندزنجیرهٔ غیراشباع و تأثیر نسبت اسیدهای چرب امگا ۳ به امگا ۶ در جیرهٔ غذایی انسان شده است. همچنین مشخص شده است که نسبت امگا ۳ به امگا ۶ در رشد نرمال بسیار مهم است و ممکن است نقش مهمی در جلوگیری و درمان بیماری‌های عروق کرونری قلب، دیابت، فشار خون و سرطان بازی کند. اسیدهای چرب در رشد و توسعهٔ عصب‌ها در نوزادان، کنترل گلیسمیک (افزایش قند خون به ازای مصرف مقدار مشخصی از مادهٔ غذایی)، قدرت یادگیری و فعالیت‌های بینایی انسان مهم‌اند (Gökce *et al.*, 2004). بنابراین استفاده از ماهی و فرآورده‌های آن مهم است که از اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ غنی‌اند (Sargent, 1997).

استخوان ماهی یکی از اجزای بدن ماهی است که حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد کل زی‌توده را تشکیل می‌دهد و کمتر به آن توجه شده است. استخوان ماهی دارای مقادیر مشخص از اسیدهای چرب و مواد معدنی است که منبعی بالقوه مفید برای مصارف گوناگون است.

بافت استخوان منبع مهم ذخیرهٔ کلسیم و فسفر است و در تنظیم غلظت مواد معدنی پلاسما اهمیت انکارناپذیری دارد. با توجه به اهمیت فیزیولوژیکی کلسیم و فسفر، زمانی که رژیم غذایی قادر به تأمین نیازمندی‌های بافت نرم نباشد، کلسیم و فسفات در استخوان‌ها می‌توانند این کمبودها را جبران کنند.

آرد ماهی تهیه‌شده از ماهیان مختلف اغلب حاوی حدود ۱۰ درصد مواد معدنی است که در تغذیهٔ دام و طیور و آبزیان به کار می‌رود. در برخی نقاط نیز ماهیان و به‌ویژه ماهیان سطح‌زی ریز به صورت کامل همراه با استخوان مصرف می‌شوند (Toppe *et al.*, 2007). از سویی استخوان یکی از اضافات صنایع فیله‌کنی ماهی است که یافتن راهی برای فرآوری و تغذیهٔ آن در سال‌های اخیر مورد توجه بوده است. بنابراین یافتن اطلاعاتی دربارهٔ ترکیب شیمیایی استخوان ماهی به دلایل متفاوت اهمیت دارد. استخوان ماهی کامل یا استخوان حاصل از صنایع فیله‌کنی می‌تواند به‌منزلهٔ مادهٔ خام برای تولید ترکیبات سلامتی‌بخش انسانی یا جزئی از غذای آبزی‌پروری به کار رود (Toppe *et al.*, 2006).

به این ترتیب، کسب اطلاعات کافی دربارهٔ جزئیات ترکیب شیمیایی استخوان و اهمیت فیزیولوژیک این مواد می‌تواند در ارزیابی قابلیت‌ها و پتانسیل فراوری استخوان‌های خوراکی حاصل از صنایع فراوری ماهی مؤثر باشد.

از سوی دیگر، تولید جهانی ماهیان سطح‌زی ریز (ساردین، شگ ماهی[1]، گرگ‌شگ ماهی[2]، ماکرل[3]، ماکرل اسبی[4]) به بیش از ۲۰ میلیون تن در سال می‌رسد (Fishstate-plus, 2011) و سهم ایران از صید سطح‌زیان ریز در خلیج‌فارس به ۲۳۷۴۰ تن بالغ می‌شود؛ همچنین در خلیج‌فارس ذخایر عظیمی از فانوس‌ماهیان موجود است که در چند سال اخیر به منظور بهره‌برداری صید صنعتی به آن توجه شده است و میزان صید آن بر طبق آخرین گزارش‌ها بالغ بر ۹۸۹۷ تن است. در آب‌های دریای خزر نیز صید کیلکاماهیان و به‌ویژه کیلکای آنچوی با صید به میزان ۲۷۱۱۰ تن در سال انجام می‌پذیرد (I.F.O, 2012). قسمت اعظم این صید از ساردین پهلوطلایی، موتوماهی و کیلکای آنچوی به مصرف تهیهٔ آرد ماهی می‌رسد، اما بخشی نیز به مصرف تغذیهٔ انسانی اختصاص دارد به شکلی که استخوان آن‌ها در محصولاتشان به میزان قابل توجهی وجود دارد و عملاً خورده می‌شود و چندین کارخانهٔ بسته‌بندی به تهیهٔ آن در شمال و جنوب کشور مبادرت می‌ورزند. بر این اساس، هدف این مطالعه تعیین محتوای اسید چرب و برخی مواد معدنی بافت استخوان این سه گونه ماهی ریز سطح‌زی برای به‌دست‌آوردن اطلاعاتی به منظور برنامه‌ریزی آتی تغذیه‌ای است.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. مواد اولیه

تعداد ۱۵۰ عدد ماهی ساردین پهلوطلایی (*Sardinella gibbosa*) (با میانگین وزن ۷±۶۴ گرم و میانگین طول کل ۰/۸±۱۲۹ میلی‌متر) و ۳۰۰ عدد موتوماهی (*Stolephorus indicus*) (با میانگین وزن ۰/۰۲± ۰/۴۴گرم و میانگین طول کل۰/۳۲ ±۳۹/۴۳ میلی‌متر) از صیدگاه‌های بندر جاسک و ۱۵۰ عدد ماهی کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis*) (با میانگین وزن ۰/۹±۱۶ گرم و میانگین طول کل ۱/۰۲±۱۰۳ میلی‌متر) از بندر صید بابلسر در شمال کشور به صورت کاملاً تصادفی در فصل پاییز تهیه شد و تا زمان انجام‌دادن آزمایش‌ها در ۲۰°C- نگهداری شد. نمونه‌های منجمد طی شب در دمای ۴°C رفع انجماد شدند سپس تخلیهٔ شکمی شدند و فیله‌ها و آبشش‌ها و گوشت‌های باقی‌مانده با عمل خراشیدن استخوان به وسیلهٔ چاقوی کوچک حذف شدند. به منظور حذف کامل گوشت و بافت پیوندی از استخوان و جلوگیری از حذف املاح و جلوگیری از تبدیل کلاژن به ژلاتین با تغییراتی از غوطه‌وری استخوان در محلول آنزیمی تریپسین (Merk) در دمای محیط استفاده شد. پی اچ محلول تغییر داده نشد (۶/۹) و غلظت ۱٪ آنزیم به مدت ۳ ساعت به کار رفت (Malde *et al.*, 2010). استخوان‌های به‌دست‌آمده شسته شدند سپس در دمای ۲۰°C- تا زمان تجزیه نگهداری شدند.

۲. ۲. آنالیز تقریبی

آنالیز تقریبی ترکیب استخوان سه گونه ماهی بر اساس روش استاندارد انجام شد (AOAC, 2004). آنالیز چربی به روش Bligh و Dyer انجام شد (Bligh and Dyer, 1959). به منظور آنالیز محتوای پروتئین از دستگاه کلدال (Foss, Rellingen, Germany) استفاده شد.

1. Clupeidae
2. (Wolf herring) Chirocentridae
3. (Mackerel) Scombridae
4. (Horse mackerel) Carangidae

۲. ۳. آنالیز اسید چرب

چربی کل به وسیلهٔ کلروفرم/ متانول (۱:۲) استخراج شد و اسیدهای چرب با تری فلورایـد بـور BF_3 ۱۲٪ در متانول متیله و اسیدهای چرب متیل استر به وسیلهٔ n- هگزان بازیافت شدند (Moss *et al.*, 1974). برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب نمونـه از دسـتگاه گاز کروماتوگراف (GC) فیلیـپس (هلنـد) مجهـز بـه ستون کاپیلاری از نوع (SGE BPX70) و آشکارسـاز نوع FID استفاده شد. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب ۲۸۰°C و ۲۴۰°C تنظیم شـد. دمـای سـتون بین ۱۸۰ تا ۲۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد برنامه‌ریزی شد (بـا شـیب دمـایی ۴°C در دقیقـه). در ایـن روش از گـاز هلیوم به‌منزلهٔ گاز حامـل بـا سـرعت ۱ میلـی‌لیتـر در دقیقه و گاز هیدروژن به‌منزلهٔ سوخت، ازت بـه‌منزلـهٔ گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. مقـادیر اسـید چرب به صورت درصد سطح زیر پیـک از کـل بیـان شد. محاسبهٔ شاخص ترومبـوژنز[1] بـه‌منزلـهٔ شـاخص کیفیـت چربـی بـر اسـاس فرمـول زیـر انجـام شـد (Ulbritch and Southgate, 1991):

$$TI = [C14:0 + C16:0 + C18:0] / [0.5MUFA + 0.5(PUFA\text{-} n\text{-}6) + 3(PUFA\text{-} n\text{-}3) + (PUFA\text{-} n\text{-}3/ PUFA\text{-} n\text{-}6)]$$

۲. ۴. آنالیز مواد معدنی

نمونـــه‌هـــا در کـــورهٔ الکتریکـــی (Nabertherm, Lilienthal, Bremen, Germany) به خاکستر تبـدیل شدند. برای ازدست‌ندادن مواد معدنی نخست، دمـا از ۹۰°C طـی ۲ سـاعت بـه دمـای ۲۵۰°C رسـید و ۲ ساعت نگهداری شد سپس، بـه مـدت ۵ سـاعت بـه دمای ۵۲۵°C رسید و ۷ ساعت نگهداری شد سـپس، به مدت ۲ سـاعت بـه ۱۰۰°C رسـانده شـد. پـس از سردشدن نمونه‌ها در ۲ میلی‌لیتـر اسـید نیتریـک ۶۵٪ غلـیظ حـل شـدند و در آون خشـک شـدند. نمونـهٔ حاصل مجدداً در کورهٔ الکتریکی و در دمـای ۵۲۵°C به مدت ۱ ساعت قرار گرفت و خاکسـتر سـفیدرنگ حاصل مجدداً در ۲ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ غلیظ به همراه ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسـید هیـدروژن ۳۰٪ حـل شد و حجم آن با آب مقطر دیونایز بـه ۵۰ میلـی‌لیتـر رسانده شد و مواد معدنی بـا دسـتگاه اسـپکتروفتومتر جذب اتمی تحت شعلهٔ هـوا- اسـتیلن سـنجش شـد (Martinez-Valverde *et al.*, 2000). بـه منظـور سنجش کروم، یـد، کلـر و فلوئـور نیـز از پلاسـمای دوگانهٔ هـدایتی، مجهـز بـه اسـپکتروفتومتر تـوده‌ای[2] (Agilent, ICPMS7500) استفاده شد. فسـفر نیـز از طریق روش رنگ‌سنجی آمونیوم وانادات- مولیبـدات با یک اسپکتروفتومتر مرئی- فـرابنفش سـنجش شـد (AOAC, 2004).

۲. ۵. تجزیه و تحلیل داده‌ها

از آنالیز واریـانس یـک‌طرفـه (One way ANOVA) برای تمامی آنالیزهای آمـاری اسـتفاده شـد و آزمـون معنی‌داری با آزمون دانکن انجام پذیرفت. بـه منظـور آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۱۶ استفاده شد.

1. Thrombogenisity Index

2. ICP-MS

جدول ۱. آنالیز تقریبی استخوان ماهیان مورد مطالعه

	موتوماهی	ساردین پهلوطلایی	کیلکا
رطوبت	۱۰/۱۷±۰/۴۵[a]	۷/۰۳±۰/۲[b]	۶/۶۳±۰/۲۹[b]
چربی	۲۵/۲±۱/۴[a]	۲۷/۰۵±۱[a]	۳۱/۶±۱/۲۲[b]
پروتئین	۳۶/۳±۱/۲۳[a]	۳۴/۶۷±۰/۶۵[a]	۲۷/۵۳±۱/۸۵[b]
خاکستر	۲۳/۱۷±۱/۰۴[a]	۲۷/۲±۰/۹۶[b]	۳۱/۲۳±۱/۲۵[c]
مادهٔ خشک بدون چربی			
پروتئین	۵۷/۸۸ [a]	۵۳/۷۷[b]	۴۵/۴۴[c]
خاکستر	۳۶/۹۵[a]	۴۲/۱۸[b]	۵۱/۵۵[c]
خاکستر به پروتئین	۰/۶۴[a]	۰/۷۸[a]	۱/۱۳[b]

a,b,c اختلاف در هر ردیف را در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهند، نتایج بر حسب درصد و بر اساس انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است.

۳. نتایج

۳. ۱. آنالیز تقریبی

آنالیز تقریبی استخوان موتوماهی، ساردین پهلوطلایی و کیلکای آنچوی در جدول ۱ آورده شده است. بر این اساس، بالاترین میزان رطوبت و پروتئین در استخوان موتوماهی دیده شد و بالاترین میزان چربی و خاکستر نیز در کیلکای آنچوی. موتوماهی با ماهی کیلکا در تمامی فاکتورها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. چربی و پروتئین موتوماهی با ماهی ساردین پهلوطلایی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، اما میزان رطوبت و خاکستر آن‌ها تفاوت معنی‌داری داشت و ساردین پهلوطلایی رطوبت کمتر و خاکستر بالاتری را دارا بود. چربی، پروتئین و خاکستر ماهی کیلکا نیز اختلاف معنی‌داری را با ساردین پهلوطلایی نشان داد، اما میزان رطوبت در آن‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. در بررسی مادهٔ خشک بدون چربی نیز مشخص شد که پروتئین و خاکستر در هر سه گونهٔ مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری دارد و بیشترین نسبت خاکستر به پروتئین در کیلکای آنچوی دیده می‌شود.

۳. ۲. ترکیب اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای چرب موتوماهی، ساردین پهلوطلایی و کیلکای آنچوی در جدول ۲ آمده است. بر اساس نتایج میریستیک اسید، پالمیتیک اسید، لینولئیک اسید، لینولنیک اسید، ۲۰:۱n۹، آراشیدونیک اسید و ایکوزاپنتانوئیک اسید فاقد اختلاف معنی‌دار بین سه گونهٔ مورد مطالعه بودند. اسید چرب ۱۶:۱n۷ در ماهی کیلکا و موتوماهی فاقد اختلاف معنی‌دار بود، اما بین این دو گونه و ساردین پهلوطلایی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و کمترین میزان این اسید چرب در ساردین پهلوطلایی دیده شد. بیشترین میزان استئاریک اسید در موتوماهی و کمترین در ساردین پهلوطلایی دیده شد ($P<۰/۰۵$) و کیلکاماهی با دو گونهٔ دیگر فاقد اختلاف معنی‌دار بود. اولئیک اسید در موتوماهی بیشترین میزان را دارا بود و

کمترین آن در کیلکاماهی دیده شد (P<۰/۰۵). اولئیک اسید در ساردین پهلوطلایی اختلاف معنی‌داری با دو گونهٔ دیگر نداشت. بیشترین میزان اسید چرب دوکوزاهگزانوئیک اسید در ماهی ساردین پهلوطلایی و کمترین آن در موتوماهی دیده شد و هر سه گونه ماهی مورد مطالعه در این اسید چرب اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.

بر اساس نتایج جدول ۳، مجموع اسیدهای چرب اشباع در این ۳ گونه ماهی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع در موتوماهی و ساردین پهلوطلایی فاقد اختلاف معنی‌دار بود، ولی کیلکای آنچوی کمترین میزان اسیدهای چرب تک غیراشباعی را نشان داد و اختلاف معنی‌داری با دو گونهٔ دیگر داشت.

بیشترین میزان مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباعی در ساردین پهلوطلایی و کمترین آن در موتوماهی دیده شد. مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباعی در تمامی گونه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. این نتایج برای مجموع EPA+DHA نیز صادق بود. بیشترین میزان مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع n۶ در موتوماهی دیده شد که با دو گونهٔ دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین میزان مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع n۳ در ساردین پهلوطلایی و کمترین در موتوماهی دیده شد و هر سه گونه اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. این نتیجه برای نسبت n۳ به n۶ نیز صادق بود، اما نسبت n۶ به n۳ فاقد اختلاف معنی‌دار بود. همچنین در شاخص ترومبوز اختلاف معنی‌داری بین سه تیمار مورد مطالعه دیده نشد.

جدول ۲. ترکیب اسیدهای چرب (درصد)

اسید چرب	موتوماهی	ساردین پهلوطلایی	کیلکا
۱۴:۰۰(میریستیک اسید)	۲/۷۷±۰/۱۱[a]	۲/۷±۰/۱۷[a]	۲/۴۳±۰/۳۲[a]
۱۶:۰۰(پالمیتیک اسید)	۱۸/۸±۰/۲[a]	۱۹/۷±۰/۴۴[a]	۱۸/۸±۰/۵۶[a]
۱۶:۱n۷ (پالمیتولئیک اسید)	۳/۹۳±۰/۱۵[a]	۲/۱۷±۰/۱۷[b]	۳/۳۸±۰/۸۵[a]
۱۸:۰۰(استئاریک اسید)	۵/۶۷±۰/۴۲[a]	۴/۱۷±۰/۴[b]	۴/۸۴±۰/۴۶[ab]
۱۸:۱n۹(اولئیک اسید)	۱۹/۹±۱/۱[a]	۱۹/۴±۰/۴[ab]	۱۸/۳±۰/۴۴[b]
۱۸:۲n۶ (لینولئیک اسید)	۴/۵۳±۰/۳[a]	۳/۶۷±۰/۴۲[a]	۳/۷±۰/۲۶[a]
۱۸:۳n۳ (لینولنیک اسید)	۱/۰۳±۰/۱۵[a]	۰/۷۷±۰/۰۶[a]	۰/۹۴±۰/۰۶[a]
۲۰:۱n۹ (ایکوزنوئید اسید)	۱/۲۳±۰/۱۵[a]	۰/۸۳±۰/۰۶[a]	۱/۱۳±۰/۰۷[a]
۲۰:۴n۶ (آراشیدونیک اسید)	۱/۰۳±۰/۱۵[a]	۰/۸±۰/۱[a]	۰/۸۷±۰/۱۱[a]
۲۰:۵n۳ (ایکوزاپنتانوئیک اسید)	۵/۹±۰/۲[a]	۶/۶±۰/۴۶[a]	۶/۷±۰/۱۷[a]
۲۲:۶n۳ (دوکوزاهگزانوئیک اسید)	۲۰/۶۷±۰/۶۱[a]	۲۸/۲۷±۰/۳[c]	۲۴/۲۳±۰/۴۵[b]

نتایج به صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است

جدول ۳. برآورد مجموع انواع اسید چرب

	موتوماهی	ساردین پهلوطلایی	کیلکا
مجموع اسیدهای چرب اشباع	۲۷/۲۳±۰/۳^{a}	۲۶/۵۷±۰/۹^{a}	۲۶/۰۷±۰/۳۶^{a}
مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع	۲۵/۰۷±۱/۱۳^{a}	۲۴/۴۷±۰/۲۷^{a}	۲۲/۸۱±۱/۲۳^{b}
مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع	۳۳/۱۶±۰/۶۴^{a}	۴۰/۱±۰/۳۶^{c}	۳۶/۴۳±۰/۶۵^{b}
EPA+DHA	۲۶/۵۷±۰/۵^{a}	۳۴/۸۷±۰/۵۹^{c}	۳۰/۹۳±۰/۳۲^{b}
مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع n۶	۵/۵۷±۰/۱۵^{a}	۴/۴۷±۰/۳۲^{b}	۴/۵۷±۰/۳۲^{b}
مجموع اسیدهای چرب چند غیراشباع n۳	۲۷/۶±۰/۶۶^{a}	۳۵/۶۳±۰/۵۷^{c}	۳۱/۸۷±۰/۳۸^{b}
نسبت n۳ به n۶	۴/۹۶±۰/۱۹^{a}	۸/۰۱±۰/۷^{b}	۷±۰/۴۵^{c}
نسبت n۶ به n۳	۰/۲±۰/۰۰۸^{a}	۰/۱۲±۰/۰۱^{a}	۰/۱۴±۰/۰۰۹^{a}
شاخص ترومبوژنیک	۰/۲۶± ۰/۰۰ ^{a}	۰/۲۰±۰/۰۰ ^{a}	۰/۱۸±۰/ ۰۸ ^{a}

a,b,c اختلاف در هر ردیف را در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهند، نتایج بر اساس انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است.

جدول ۴. ترکیب مواد معدنی

مواد معدنی	موتوماهی	ساردین پهلوطلایی	کیلکا
کلسیم (g/kg)	۱۷۶/۳۳±۳/۵۱^{b}	۲۰۶/۶۷±۶/۸۱^{c}	۱۴۸/۶۷±۳/۰۵^{a}
فسفر (g/kg)	۸۲/۶۷±۴/۷۲^{b}	۹۲/۶۷±۳/۲۱^{c}	۷۶/۳۳±۳/۲۱^{a}
منیزیم (g/kg)	۲/۶۳±۰/۲۱^{a}	۳/۰۷±۰/۱۵^{a}	۲/۱±۰/۱^{a}
آهن (mg/kg)	۵۶±۲/۶۴^{b}	۶۹±۲/۶۴^{c}	۴۷/۳۳±۱/۵۳^{a}
روی (mg/kg)	۱۴۶/۳۳±۱/۵۳^{b}	۱۹۵±۷^{c}	۱۳۸/۳۳±۳/۵۱^{a}
مس (mg/kg)	۰/۸۷±۰/۵۸^{a}	۱/۰۷±۰/۰۶^{a}	۲/۸۷±۰/۱۵^{b}
کروم (mg/kg)	۵/۸±۰/۱^{a}	۶/۷۳±۰/۱۵^{a}	۹/۱۷±۰/۸^{b}
سدیم (g/kg)	۶/۵۷±۰/۳^{b}	۷/۶۷±۰/۰۶^{b}	۲/۶۷±۰/۳۲^{a}
پتاسیم (mg/kg)	۴/۵۳±۰/۱۱^{a}	۶/۳۷±۰/۱۵^{b}	۳/۵±۰/۲^{a}
ید (mg/kg)	۲/۶±۰/۲^{a}	۳/۶۷±۰/۱۱^{b}	۳/۲۳±۰/۳^{ab}
کلر (g/kg)	۴/۲±۰/۱^{b}	۴/۸۷±۰/۰۶^{b}	۲/۷±۰/۱^{a}
فلوئور (g/kg)	۰/۰۷±۰/۰۱^{a}	۰/۴±۰/۵۲^{b}	۰/۰۳±۰/۰۱^{a}

a,b,c اختلاف در هر ردیف را در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهند، نتایج بر اساس انحراف معیار ± میانگین گزارش شده است.

۳. ۳. ترکیب مواد معدنی

جدول ۴ ترکیب مواد معدنی در استخوان موتوماهی، ساردین پهلوطلایی و کیلکای آنچوی را نشان می‌دهد. کلسیم، آهن، فسفر و روی در ساردین پهلوطلایی بیشترین مقدار و در ماهی کیلکای آنچوی کمترین میزان را دارا بود و هر سه گونهٔ مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نشان دادند. منیزیم اختلاف معنی‌داری را در گونه‌های مورد مطالعه نشان نداد. مس و کروم در موتوماهی و ساردین پهلوطلایی اختلاف معنی‌داری نداشتند و بیشترین میزان در ماهی کیلکا دیده شد. سدیم و کلر در موتوماهی و ساردین پهلوطلایی اختلاف معنی‌داری نداشتند و کمترین میزان در ماهی کیلکا دیده شد ($P<۰/۰۵$). همچنین پتاسیم و فلوئور در موتوماهی و کیلکا اختلاف معنی‌داری نداشتند و بیشترین میزان در ماهی ساردین پهلوطلایی دیده شد ($P<۰/۰۵$) و کمترین میزان ید در موتوماهی و بیشترین میزان در ساردین پهلوطلایی دیده شد ($P<۰/۰۵$) و کیلکاماهی اختلافی با دو گونهٔ دیگر نشان نداد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعهٔ ترکیب شیمیایی ماهیان مختلف و قسمت‌های مختلف بدن ماهی برای دستیابی به ارزش تغذیه‌ای گونه‌های مختلف ماهیان ضروری است. در مطالعهٔ حاضر ترکیب شیمیایی محتوای اسیدهای چرب و مواد معدنی در ماهی ساردین پهلوطلایی، کیلکای آنچوی و موتوماهی، که در فصل پاییز صید شده بودند، بررسی شد.

اختلاف بین کیلکا و موتو، علاوه بر اختلافات ژنتیکی بین این دو گونه، شاید به دلیل زیستگاه این دو ماهی باشد. از سوی دیگر، شرایط زیست‌محیطی موتوماهی و ساردین پهلوطلایی در خلیج‌فارس قرابت بسیار بیشتری دارد و اختلافات موجود بیشتر به دلیل شرایط ژنتیکی تغذیه‌ای آن‌هاست و در نتیجه اختلافات بین این دو گونه کمترین است. بر اساس تحقیقات Johns میزان چربی در استخوان ماهی رنجی بین ۱ تا ۲۷ است (Johns, 1977). در تحقیق Toppe و همکاران در سال ۲۰۰۷ نیز میزان چربی استخوان ماهی بین ۲/۳ تا ۵۰/۹ گزارش شد.

اطلاعات اندکی از ترکیب شیمیایی استخوان ماهی موجود است. به دلیل تفاوت محتوای چربی در استخوان ماهیان مورد مطالعه، مقایسهٔ پروتئین و خاکستر ماهیان مورد مطالعه بر اساس سطح چربی و به صورت مادهٔ خشک بدون چربی انجام گرفت. نسبت خاکستر به چربی در موتوماهی و ساردین پهلوطلایی کمتر از کیلکای آنچوی بود و شاید بتوان گفت که این دو گونه قدرت شنای بالاتری در واحد زمان دارند و نسبت پایین خاکستر به پروتئین در استخوان لازمهٔ انعطاف‌پذیری بیشتر و حمایت از فعالیت‌های فیزیکی آن‌هاست (Toppe *et al.*, 2007).

دربارهٔ ترکیب اسید چرب باید گفت که تغییر در ترکیب اسید چرب ماهیان مختلف بر اساس جیرهٔ غذایی و همچنین اندازه، سن، شرایط تکثیر و شرایط محیطی به‌ویژه دمای آب است که می‌تواند محتوای چربی و اسیدهای چرب را تحت تأثیر قرار دهد. ارزش غذایی ماهی به میزان بسیاری به محتوای اسیدهای چرب آن بستگی دارد. ماهیان دریایی محتوای اندکی لینولئیک و لینولنیک اسید نسبت به میزان بالای اسیدهای چرب بلندزنجیر دارند (Steffens, 1997). چربی ماهی از نظر اسیدهای

چرب غیراشباع زنجیره‌بلند n-3 (PUFA n-3)، مخصوصاً ایکوزاپنتاتنوئیک اسید[1] و دوکوزاهگزانوئیک اسید[2] غنی است. اسیدهای چرب بلندزنجیر توانایی سنتز به دست انسان را ندارند و باید از طریق غذا دریافت شوند (Alasalvar *et al.*, 2002). اسیدهای چرب ω_3 برای توسعهٔ سیستم عصبی در انسان و مراحل جنینی آن همچنین طی سال‌های اولیه بعد از تولد بسیار بااهمیت است (Montaño *et al.*, 2001). این اسیدهای چرب برای درمان بیماری‌های عروق کرونری قلب، فشار خون بالا، بی‌نظمی قلبی، خشم، استرس، تخریب سیستم ایمنی و سرطان‌ها بسیار مفید است (Pike, 1999).

در مطالعهٔ حاضر بر اساس بررسی مجموع اسیدهای چرب تک غیراشباع، چند غیراشباع، مجموع ایکوزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید مشخص شد که ترکیب اسید چرب در ماهی ساردین پهلوطلایی از بهترین ترکیب برخوردار است، اما باید گفت که چربی استخوان دو گونهٔ دیگر نیز از ترکیب باارزشی برخوردار است. در هر سه گونهٔ مورد مطالعه میزان اسیدهای چرب اشباع کمتر از مجموع اسیدهای چرب غیراشباع است.

نسبت اسیدهای چرب غیراشباع ω_3 به ω_6 یکی از شاخص‌های ارزش‌گذاری غذایی ماهی است. نسبت اسیدهای چرب ω_3 به ω_6 در مجموع لیپیدهای ماهی‌های آب شیرین معمولاً در دامنهٔ ۰/۵ تا ۳/۸ قرار دارد. در حالی که این شاخص در ماهیان دریایی در دامنهٔ ۴/۷ تا ۱۴/۴ قرار دارد. معمولاً نسبت ۱:۱ تا ۱:۵ می‌تواند یک غذای سالم را برای انسان ایجاد کند (Kleimenov, 1971).

به دلیل این‌که جیره‌های معمول غذایی امروزه مقادیر کمتری اسیدهای چرب ω_3 نسبت به ω_6 دارند بنابراین یک جیرهٔ غذایی حاوی ماهی با نسبت بالای n-3/n-6 باید مصرف شود. نسبت n-3 به n-6 شاخص بسیار خوبی برای مقایسهٔ ارزش غذایی نسبی روغن ماهی گونه‌های مختلف است و نسبت بالاتر از این به‌منزلهٔ شاخص غذایی بهتر سنجیده می‌شود. در مطالعهٔ حاضر نیز هر سه گونهٔ مورد مطالعه از نسبت بسیار خوب و بالای نسبت n-3/n-6 برخوردارند به شکلی که ساردین پهلوطلایی (۸/۰۱±۰/۷٪)، کیلکای آنچوی (۷±۰/۴۵٪) و موتوماهی (۴/۹۶±۰/۱۹٪) اختلافات معنی‌داری را نشان دادند. اسیدهای چرب غیراشباع زنجیره‌بلند ω_3 در ماهیان دریایی بیشتر از ماهیان آب شیرین گزارش شده است (Steffens, 1997). نیاز روزانهٔ انسان به این ترکیبات در حدود ۵۰۰-۴۵۰ میلی‌گرم تخمین زده می‌شود (ISSFAL, 2013). همچنین نسبت n-6/n-3 در ساردین پهلوطلایی (۰/۱۲±۰/۰۱٪)، کیلکای آنچوی (۰/۱۴±۰/۰۰۹٪) و موتوماهی (۰/۲±۰/۰۰۸٪) اختلافات معنی‌داری را نشان ندادند و میزان آن‌ها بسیار کمتر از سطح خطرناک توصیه‌شده است، زیرا بالاترین سطح مجاز نسبت n-6/3-n که دپارتمان بهداشت انگلستان پیشنهاد کرده حداکثر ۴ است و مقدار بالاتر آن برای سلامتی مضر است و باعث بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود (Moreira *et al.*, 2001). در مطالعهٔ حاضر شاخص ترومبوز در هر سه ماهی بسیار کم و فاقد اختلاف معنی‌دار بود. این شاخص تأثیر اسیدهای چرب را بر قلب انسان نشان می‌دهد و احتمال افزایش بیماری‌زایی مثل تشکیل ترومبوز را در مصرف‌کننده برآورد می‌کند. با توجه به بالابودن مقدار اسیدهای

1. EPA
2. DHA

چرب ω_3 در ماهیان مورد مطالعه نقش چندبرابری این اسید چرب در ممانعت از بیماری ترومبوز دیده می‌شود. در نتیجه چربی ماهیان مورد مطالعه در این تحقیق از اهمیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است. طبق تحقیقات ترکیبات اسیدهای چرب، به‌خصوص اسیدهای چرب غیراشباع بلندزنجیرهٔ ω_3 بیشتر تحت تأثیر غذا قرار می‌گیرند و توانایی تبدیل اسیدهای چرب ω_3 زنجیره‌کوتاه به زنجیره‌بلند به شوری آب بستگی دارد (Haliloglu *et al.*, 2003).

میزان بالای اسیدهای چرب بلندزنجیرهٔ چند غیراشباع مانند دوکوزاهگزانوئیک اسید را می‌توان این گونه بیان کرد که هر سه گونه ماهی مورد مطالعه در این تحقیق از زنجیرهٔ اول و دوم غذایی تغذیه می‌کنند و موجودات مورد تغذیهٔ آن‌ها به دلیل دارابودن آنزیم‌های طویل‌کنندهٔ زنجیره[1] و غیراشباع‌کنندهٔ زنجیرهٔ اسید چرب[2] قادر به تولید و تجمع اسیدهای چرب بلندزنجیر در بدن خودند. برای مثال کپه‌پوداها به منظور تأمین نیازهای فیزیولوژیک خود قادرند اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره را به اسیدهای چرب بلندزنجیره مانند ایکزاپنتانوئیک اسید و دوکوزاهگزانوئیک اسید تبدیل کنند. سهم بالای زئوپلانکتون در تغذیهٔ کیلکای آنچوی می‌تواند غلظت بالای این اسیدهای چرب را در این گونه توجیه کند و این مسئله دربارهٔ دو گونهٔ دیگر نیز صادق است.

در تحقیق حاضر میزان آراشیدونیک اسید در سه گونهٔ مورد مطالعه اندک بود. آراشیدونیک اسید پیش‌ساز سنتز پروستاگلندین و ترومبوکسان‌هاست و ممکن است طی پروسهٔ لخته‌شدن خون و چسبیدن به سلول‌های اندوتلیال در التیام زخم دخالت کند (Abd-Rahman *et al.*, 1995). تحقیقات Osibona دربارهٔ گونه‌های *Clarias gariepinus* و *Tilapia zillii* نیز نشان می‌دهد که میزان آراشیدونیک اسید (C20:4) اندک است (Osibona *et al.*, 2009).

اما علاوه بر پروتئین و اسید چرب، میزان مواد معدنی استخوان نیز با اهمیت و قابل توجه است، زیرا استخوان به‌منزلهٔ اسکلت نگهدارندهٔ چارچوب بدن ماهی باید از استحکام برخوردار باشد و برای استحکام خود از میزان قابل توجهی مواد معدنی بهره می‌برد.

مشخص شده که کلسیم، فسفر و منیزیم در سلامت استخوان بسیار مهم است. در مطالعهٔ حاضر میزان کلسیم، فسفر، سدیم و کلر در ساردین پهلوطلایی و موتوماهی میزان بالاتری نسبت به ماهی کیلکا داشت که معنی‌دار بود. تحقیقات نشان داده است که میزان مواد معدنی اصلی[3] شامل کلسیم، منیزیم و فسفر به میزان خاکستر در استخوان‌ها وابسته است (Toppe *et al.*, 2006). باید توجه داشت که شوری آب خلیج‌فارس ۳۶ تا ۳۸ قسمت در هزار است و شوری آب دریای خزر ۱۰ تا ۱۲ قسمت در هزار است. این بدین معنی است که آبزیان خلیج‌فارس از مواد معدنی در دسترس بیشتری برای ساخت و ساز بدنی خود بهره می‌برند و شاید علاوه بر مشخصات ژنتیکی، این دو محیط زیست متفاوت تأثیر معنی‌داری در میزان این ماکرو المان‌ها داشته باشد. میزان سدیم و کلر در سه گونهٔ حاضر در رنج گزارش‌شده برای سایر گونه‌هاست (سدیم: ۳/۳ تا

1. Elongase
2. Desaturase
3. Macrominerals

۷/۸ گرم بر کیلوگرم، کلر: ۱/۴ تا ۴/۸ گرم بر کیلوگرم) (Toppe *et al.*, 2006).

از سوی دیگر، میزان مس و کروم در کیلکای آنچوی بالاترین میزان را داراست. از آن‌جا که ورود آلاینده‌های مختلف به دریاچهٔ خزر بالاست و محتوای فلزات سنگینی چون مس در این دریاچه زیاد است، شاید افزایش این عناصر باعث تجمع در بدن کیلکای آنچوی و از جمله در بافت استخوان آن شده باشد که البته این مورد نیاز به بررسی و تحقیق بیشتر دارد.

محققان دیگری در تحقیقات خود نشان دادند آرد ماهی حاصل از ضایعات ماهی و ماهی کامل محتوی حدود ۱۰ درصد مواد معدنی به‌خصوص کلسیم و فسفر است و می‌تواند یک منبع مهم مواد معدنی در غذا باشد (Nordum *et al.*, 1997). قابلیت هضم و جذب مواد معدنی در آرد ماهی متفاوت و پایین بود. در عین حال، مشخص شده است که حضور اسید فیتیک موجود در پروتئین سبزیجات این مقادیر را بیشتر کاهش می‌دهد. میزان فسفر در دسترس در رژیم غذایی آبزیان به‌منزلهٔ یک عامل محدودکنندهٔ رشد بهینه و سلامتی ماهی شناخته شده است (Nordum *et al.*, 1997). استفاده از استخوان‌های خشک‌شدهٔ ماهی به‌منزلهٔ مکمل غذایی در غذای ماهی کاد اثر مثبت در رشد و بازدهی غذا در مقایسه با غذاهای سنتی داشت (Toppe *et al.*, 2006).

بررسی‌ها نشان داد که برخی مواد معدنی (نیکل، کروم، منگنز، مس، روی، منیزیم و آهن) در قسمت‌های مختلف بدن با توجه به فعالیت‌های متابولیک ماهی تجمع متفاوتی دارند (Kuznetsova *et al.*, 2002). تحقیقات Meimaroglou و همکاران دربارهٔ گونهٔ *Pagrus pagrus* نشان داد که نیکل عمدتاً در ناحیهٔ سر و سایر مواد معدنی معمولاً در هپاتوپانکراس تجمع پیدا می‌کنند (Miniadis-Meimaroglou *et al.*, 2007).

در تحقیق حاضر ماهی ساردین پهلوطلایی بالاترین میزان آهن، روی و ید را دارا بود. کمبود آهن در رژیم‌های غذایی مسئله‌ای جهانی است. کمبود آهن بیشترین میزان کمبود مواد معدنی در جهان است که باعث کم‌خونی می‌شود. امروزه حدود ۹۰ درصد جمعیت دنیا دچار کمبود آهن‌اند که در کشورهای توسعه‌یافته زندگی می‌کنند. زنان، کودکان زیر ۵ سال، انسان‌های بالای ۶۰ سال و مردمی که در روستاها زندگی می‌کنند، بیشتر در معرض مخاطرات ناشی از کمبود آهن قرار دارند (FAO, 2010). به کمبود روی به‌منزلهٔ مشکلی در سوء تغذیه همانند آهن، ید و ویتامین A رسماً توجهی نشده است. نبود اطلاعات کافی دربارهٔ میزان روی مورد نیاز بدن باعث شده است که به حساسیت‌های ناشی از کمبود و اختلالات حاصل کمتر توجه شود. بر اساس نظریات گروه بین‌المللی مشورتی تغذیه‌ای روی (IZNCG, 2013) مطالعات اندکی مستقیماً دربارهٔ تأثیرات ناشی از کمبود روی فعالیت کرده‌اند. با این حال IZINCG در سال ۲۰۰۴ حدس زده است که حدود ۳۵/۷ ٪ مردم دنیا در معرض مخاطرات ناشی از کمبود روی قرار دارند. بر اساس نتایج تحقیق حاضر در جمع‌بندی می‌توان گفت ماهی ساردین پهلوطلایی از میزان مناسبی چربی و عناصر معدنی در بافت استخوان خود برخوردار است که می‌تواند به‌منزلهٔ مکمل تغذیهٔ انسانی استفاده شود.

References

[1]. Abd-Rahman, S., S HTeh , Osman, H., Daud, N., 1995. Fatty acid composition of some Malaysian fresh water fish. Food Chemistry 54, 45-49.

[2]. Alasalvar, C., Taylor, K.D., Zubcov, E., Shahidi, F., Alexis, B., 2002. Differentiation of cultured and wild sea bass(*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. Food Chemistry 79, 145-150.

[3]. AOAC, 2004. Official Methods of Analysis of AOAC International. Arlington, VA, USA, p.

[4]. Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 37, 911-917.

[5]. FAO, 2010. Food and agriculture organization of the united nations. http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e.pdf. Accessed

[6]. Gökce, M.A., bozan, O.T ,.Celik, M., Tabakoğlu, S.S., 2004. Seasonal variations in proximate and fatty acid compositions of female common sole (*Solea solea*). Food Chemistry 88, 419–423.

[7]. Haliloglu, H.I., Bayir, A., Sirkecioglu, N.A., Aras, M.N., Atamanalp, M., 2003. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) living in seawater and freshwater. Journal of Food Chemistry 86, 55–59.

[8]. I.F.O, 2012. Annual Statistical Report. Iranian Fisheries Organization, Tehran, 60 p.

[9]. ISSFAL, 2013 .International society for the study of fatty acids and lipids. Accessed

[10]. IZNCG, 2013. International Zinc Nutrition Consultative Group, Available at: http://www.izincg.org/. Accessed

[11]. Johns, P., 1977. The structure and components of collagen containing tissues. In: Ward, A.G., Cours, A. (Eds.) (Eds.), The Science and Technology of Gelatin. Academic Press, London, pp. 31–72.

[12]. Kleimenov, I.Y., 1971. Importance of fish as food. Moscow, Nauka, p.

[13]. Kuznetsova, A.I., Zarubina, O.V., Leonova, G.A., 2002. Comparison of Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Sn, Mo concentrations in tissues of fish (Roach and Perch) from lake Baikal and Bratsk reservoir. Russia. Environ. Geochem. Health 4, 205–212.

[14]. Liu, Z., Minkler, P.E., Sayre, L.M., 2003. Mass spectroscopic characterization of protein modification by 4-hydroxy-2-(E)-nonenal and 4-oxo-2-(E)-nonenal. Chem. Chemical Research in Toxicology 16, 901–911.

[15]. Malde, M.K., Graff, I.E., Siljander-Rasi, H., Venäläinen, E., Julshamn, K., Pedersen, J.I., Valaja, J., 2010. Fish bones – a highly available calcium source for growing pigs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 94, 66-76.

[16]. Martinez-Valverde, A., M J Periago, Santanella, M., Ros, G., 2000. The content and nutritional significance of minerals on fish flesh in the presence and absence of bone. Food Chemistry 71, 503– 509.

[17]. Miniadis-Meimaroglou, S., Dimizas, C., Loukas, V., Moukas, A., Vlachos, A., Thomaidis, N., Paraskevopoulou, V., Dasenakis, M., 2007. Proximate composition, fatty acids, cholesterol, minerals in frozen red porgy. Chemistry and Physics of Lipids 146, 104–110.

[18]. Montaño, N., Gavino, G., Gavino, V.C., 2001. Polyunsaturated fatty acid contents of some traditional fish and shrimp waste condiments of the Philippines. Food Chemistry 75, 155–158.

[19]. Moreira, A.B., Visentainer, J.V., Souza, N.E., Matsushita, M., 2001. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon Freshwater fishes. Journal of Food Composition and Analysis 14, 565–574.

[20]. Moss, C.W., Lambert, M.A., Mervin, W.H., 1974. Comparison of rapid methods for analysis of bacterial fatty acids. Applied Microbiology 28, 80–85.

[21]. Nordum, S., Åsgård, T., Shearer, K.D., Arnessen, P., 1997. Availability of phosphorus in fish bone meal and inorganic salts to Atlantic salmon (*Salmo salar*) as determined by retention. Aquaculture 157, 51–61.

[22]. Osibona, A.O., Kusemiju, K., Akande, G.R., 2009. Proximate composition and fatty acids profile of the AfricanCatfish(Clarias gariepinus). acta SATECH 3, 85 – 89.

[23]. Sargent, J.R., 1997. Fish oils and human diet. British Journal of Nutrition 78, 5-13.

[24]. Simopoulos, A.P., 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. Journal of the American College of Nutrition 21, 495–505.

[25]. Steffens, W., 1997. Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. Journal of Aquaculture 151, 97– 119.

[26]. Toppe, J., Aksnes, A., Hope, B., Albrektsen, S., 2006. Inclusion of fish bone and crab by-products in diets for Atlantic cod, Gadus morhua. Aquaculture 253, 636–645.

[27]. Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B., Aksnes, A., 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B 146, 395– 401.

[28]. Ulbritch, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary Heart Disease: Seven Dietary Factors. Lancet 338, 985-992.

[29]. Waseem, M.P., 2007. Issues, growth and instability of inland fish production in Sindh (Pakistan) spatial–temporal analysis. Pakistan Economic and Social Review 45, 203-230.