

ارزیابی بازده تولید، زائادات و ارزش تغذیه‌ای فراورده‌های مختلف طی فراوری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

مهدی عبدللهی^{۱*}، مسعود رضایی^۲، البکا جعفری^۳، الناز غفاری^۳ و ساحل سلطان کریمی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه فراوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
- ۲- استاد، گروه فراوری آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور
- ۳- دانشجوی کارشناسی، گروه شیلات، مجتمع آموزش عالی علامه محدث نوری، نور
- ۴- دانشجوی دکتری، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۱۱

دریافت: ۱۳۹۲/۷/۱۱

*نویسنده مسئول مقاله: abdollahi.mkh@gmail.com

چکیده:

بازده تولید محصولات مختلف، میزان فراورده‌های جانبی و ارزش تغذیه‌ای آن‌ها و نیز روابط بین وزن عرضه ماهی به بازار و بازده محصول در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که پس از ماهی کامل، حداکثر بازده در ماهی تخلیه شکمی شده و به میزان $87/56 \pm 3/43$ درصد بود که در خصوص فیله با پوست و بدون پوست به ترتیب به $56/69 \pm 3/21$ درصد و $45/36 \pm 2/37$ کاهش یافت. بیش‌ترین میزان فراورده‌های جانبی مربوط به سر و امعا و احشا بود که به ترتیب $15/52$ درصد و $12/62$ درصد از وزن بدن ماهی را تشکیل می‌دادند. همبستگی مثبت و معناداری ($p < 0/01$) بین وزن ماهی کامل و بازده محصول سرزده و تخلیه شکمی شده مشاهده شد و با افزایش وزن ماهی کامل در زمان عرضه به بازار، بازده محصول سر زده و تخلیه شکمی شده بیش‌تر خواهد بود. در میان فراورده‌های جانبی، امعا و احشا و سر بیش‌ترین میزان چربی (به ترتیب $17/43$ و $13/01$ درصد وزن تر) را داشتند که می‌توانند منابع مناسبی برای استخراج چربی باشند، اما بیش‌ترین میزان پروتئین در پوست ($24/11$ درصد وزن تر) مشاهده شد. مقادیر قابل ملاحظه‌ای از اسیدهای چرب مفید و سلامتی بخش چند غیراشباع ω_3 در ترکیب اسیدهای چرب امعا و احشا و سر به دست آمد. همچنین امعا و احشا و استخوان به عنوان منابع غنی از ریزمغذی آهن شناسایی شدند.

کلید واژگان: ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، بازده تولید، فراورده‌های جانبی، ارزش تغذیه‌ای

مقدمه:

قرل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی آب شیرین در جهان و ایران به‌حساب می‌آید. پرورش این گونه در سال ۱۸۸۰ در آمریکای شمالی آغاز شد و تولید جهانی این گونه در سال ۲۰۱۱ به بیش از ۰/۷ میلیون تن رسیده است و هم‌اکنون سومین گونه پر تولید مهاجر پرورشی جهان به‌حساب می‌آید (FAO, 2012). همچنین این گونه در سال ۱۳۴۰ به‌عنوان یک گونه پرورشی وارد ایران شد و به‌سرعت تولید آن در منابع آب شیرین ایران افزایش یافت، به گونه‌ای که به مهم‌ترین گونه پرورشی سردآبی در ایران تبدیل شده و تولید آن در سال ۱۳۹۰ به بیش از ۱۰۰ هزار تن افزایش یافت (Iran Annual Fisheries Statistics, 2011). در حال حاضر محصولات مختلفی از این گونه شامل ماهی زنده، کامل، تخلیه شکمی شده و فیله به شکل تازه و منجمد و نیز دودی و پوشش‌دار در سرتاسر جهان عرضه می‌شود. این در حالی است که این گونه در کشور ما تا کنون بیش‌تر به شکل زنده، ماهی کامل و تازه عرضه می‌شود. افزایش تولید این گونه در کشور و نیز نیاز و تمایل جامعه به محصولات متنوع، با کیفیت و سهولت مصرف (Mosavi Dehmordi, 2013)، سبب افزایش توجه به فراوری این گونه در کشور شده است. فراوری صنعتی این گونه نیازمند اطلاعات دقیق پیرامون بازده تولید محصولات مختلف و ارتباط بازده تولید با وزن عرضه است تا بتوان به‌طور مناسبی برای فراوری و عرضه محصولات مختلف برنامه‌ریزی کرد.

از سوی دیگر، اگرچه مجموع تولیدهای آبزیان در جهان به ۱۵۴ میلیون تن رسیده است، اما تولید از طریق صید روند ثابت و یا حتی نزولی را طی سال‌های اخیر

تجربه می‌کند. این در حالی است که از مجموع تولید جهانی حدود ۳۰ درصد به‌طور مستقیم به‌عنوان صید ضمنی بوده و از دسترس خارج می‌شود (FAO, 2012). از مجموع ۱۳۰ میلیون تنی که به‌عنوان محصول قابل مصرف به جمعیت ۷ میلیاردی جهان عرضه می‌شود، بیش از ۵۰ درصد آن طی فراوری به‌صورت محصولات جانبی از دسترس خارج می‌شود، به گونه‌ای که طی فراوری برخی از گونه‌های سخت‌پوستان مانند کریل تا ۹۰ درصد و طی تولید فیله ماهی می‌تواند تا ۷۰ درصد پسماند یا فراورده‌های جانبی تولید گردد (Torres, 2007). با توجه به کاهش ذخایر آبزیان در جهان و افزایش هزینه‌های تولید از یک سو و نیز توسعه آبی‌پروری و نیاز آن به آرد و روغن ماهی روز به‌روز بر توجهات به ضایعات و فراورده‌های جانبی صنعت فراوری آبزیان افزوده می‌شود (Shahidi, 1994).

این ضایعات که طی فراوری و فیله کردن ماهی بیش‌تر شامل سر، امعاواحشا، پوست، استخوان و خرده گوشت است، منابعی ارزشمند برای تولید محصولات ارزش افزوده و استخراج ریزمغذی‌هاست (Torres, 2007). این ضایعات می‌تواند منبع اسیدهای چرب چند غیراشباع، آنزیم‌ها، ژلاتین، کلسیم و سایر ترکیبات پروتئینی و پپتیدی باشد (Kim and Mendis, 2006). از سوی دیگر ضایعات منابع حاصل از آبی‌پروری به‌دلیل تازگی بیش‌تر و نیز قابلیت بیش‌تر برای مدیریت و نگهداری با کیفیت بالاتر، از اولویت ویژه‌ای برای بهره‌برداری برخوردار است (Rustad, 2007). اما برای بهره‌برداری سودآور از این منابع نخست باید مقادیر دقیق در دسترس هریک از این ضایعات برای برنامه‌ریزی در راستای نگهداری و نیز استفاده از آنها صورت گیرد. همچنین مقادیر ترکیبات مغذی و ارزش

تغذیه این منابع نیز از اهمیت ویژه‌ای برای اولویت‌بندی این منابع برای استخراج ترکیبی خاص برخوردار است. اگرچه تحقیقاتی پیش از این به مطالعه تغییرات گونه‌ای (Falch et al., 2006a)، فصلی (Falch et al., 2006b) و جغرافیایی (Falch et al., 2006b) میزان ضایعات و ترکیب آن‌ها در برخی گونه‌های روغن ماهیان به‌عنوان منابع صید دریایی پرداخته‌اند، اما تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ماهیان پرورشی و به‌ویژه گونه پرتولید قزل‌آلا صورت نگرفته است.

بنابراین تحقیق حاضر برای ارزیابی بازده تولید محصولات مختلف، ارزیابی میزان زائادات مختلف، ارزش تغذیه‌ای این زائادات و در نهایت ارتباط بین وزن عرضه و بازده تولید در ماهی قزل‌آلا رنگین کمان صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه و فراوری ماهی

تعداد ۱۵ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تازه (صید روز) از بازار ماهی شهرستان نور خریداری و در کوتاه‌ترین زمان ممکن و در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل گردید. ماهیان تا زمان فراوری، منجمد و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس ماهیان در محیط آزمایشگاه رفع انجماد و پس از توزین و سنجش طول، اقدام به تخلیه شکمی و سر زنی آن‌ها شد. طی این فرایند محصولات مختلف شامل ماهی تخلیه شکمی شده، ماهی تخلیه شکمی و سرزنی شده، فیله با پوست و بدون پوست به‌صورت دستی تهیه و توزین گردید.

همچنین محصولات جانبی مختلف شامل سر، امعا و احشا، استخوان، پوست و خرده‌های گوشت نیز جداسازی و توزین شد و برای سنجش ترکیبات مغذی نگهداری شد.

سنجش میزان پروتئین و چربی

پروتئین نمونه‌ها به روش کلدال، با ضریب تبدیل ۶/۲۵ محاسبه شد (AOAC, 2005). مقدار چربی به کمک سوکسله ماشینی و با حلال کلروفرم محاسبه گردید (AOAC, 2005).

سنجش ترکیب اسیدهای چرب

استخراج چربی مطابق روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) با اندکی تغییرات صورت گرفت. به این منظور، مقدار ۳ گرم نمونه به درون بالن ژوژه انتقال یافت، سپس ۵ میلی‌لیتر متانول به نمونه اضافه شد. دکانتور به مدت ۱ دقیقه به شدت تکان داده شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر محلول کلروفرم به آن اضافه گردید و دوباره به مدت ۱ دقیقه به‌شدت تکان داده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یک مکان ساکن و تاریک قرار داده شد. در مرحله بعد به آن ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شده و سپس نمونه‌ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در یک مکان آرام گذاشته شد تا ۳ مرحله مجزا تشکیل شود. در ادامه محتوای بالن ژوژه به دکانتور انتقال یافت و فاز چربی و حلال که در قسمت زیرین دکانتور قرار گرفته بود، به یک ظرف شیشه‌ای منتقل شد. برای جداسازی چربی از حلال، ظرف‌هایی شیشه‌ای که محتوای چربی و حلال بودند در حمام آب قرار گرفت و گاز ازت به درون لوله‌ها وارد شد. به این ترتیب پس از چند دقیقه حلال تبخیر و از ظرف خارج گردید و در نهایت چربی باقی ماند (Folch et al., 1957). برای استری کردن چربی ۵ میلی‌لیتر سود متانولی ۲ درصد (۲) گرم NaOH در ۱۰۰ گرم متانول) به آن اضافه شد. سپس درب ظرف بسته و به‌شدت تکان داده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. ۲/۲ میلی‌لیتر محلول BF3 (تری‌بورفلوراید) به ترکیبات فوق اضافه شد

سنجش میزان ریزمغذی آهن

بافت عضله ماهی به وسیله فریز درایر خشک شده و پس از خشک شدن به وسیله آسیاب برقی کاملاً نرم و همگن شدند. برای هضم اسیدی به طور جداگانه از هر بافت پودر شده ۱ گرم را با ۱۰ میلی لیتر مخلوط اسید نیتریک در داخل لوله های پلی اتیلینی ریخته شدند و یک ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و سه ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد برای آنکه هضم کامل انجام شود در داخل ترموراتور گرما داده شدند. پس از هضم اسیدی نمونه ها از صافی گذرانده و سپس با آب دیونایز به حجم ۲۵ میلی-لیتر رسانده شدند. در نهایت پس از آماده سازی نمونه ها، عنصر آهن با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله شیمادزو مدل (670G) قرائت شد (Doraghi et al., 2009).

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. ابتدا بررسی طبعی بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیروویک (Shapiro-wilk) و سپس همگنی واریانس داده ها با آزمون لون (Leven) انجام گردید. نتایج این آزمون ها برای آنالیز آماری داده های مربوط به تیمارهای آزمایش استفاده شد. برای مقایسه گروه ها از تجزیه واریانس یکطرفه در قالب آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. همچنین برای بررسی ارتباط بین وزن عرضه و بازده تولید و سایر فراورده ها از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

نتایج

میانگین وزن و بازده تولید محصولات مختلف قابل تهیه از ماهی قزل آلا در جدول ۱ نشان داده شده است. مطابق نتایج ارائه شده، ماهیان استفاده شده در تحقیق حاضر دارای میانگین وزن ۴۸۰/۵۰ گرم و طول ۳۴/۱۱ سانتی متر

و به مدت ۲-۳ دقیقه در حمام آب جوش قرار گرفت. به مواد حاصل ۱ میلی لیتر هگزان نرمال اضافه شد و پس از تکان دادن مواد، به آن ۱ میلی لیتر محلول نمک اشباع (۳۰۰ گرم NaCl در ۱ لیتر آب مقطر) اضافه گردید. محلول به دست آمده به شدت تکان داده شد و در جایی ساکن، مستقر گردید. پس از پدیداری دو فاز جداگانه، فاز بالایی به دقت جدا گردید (AOAC, 2005).

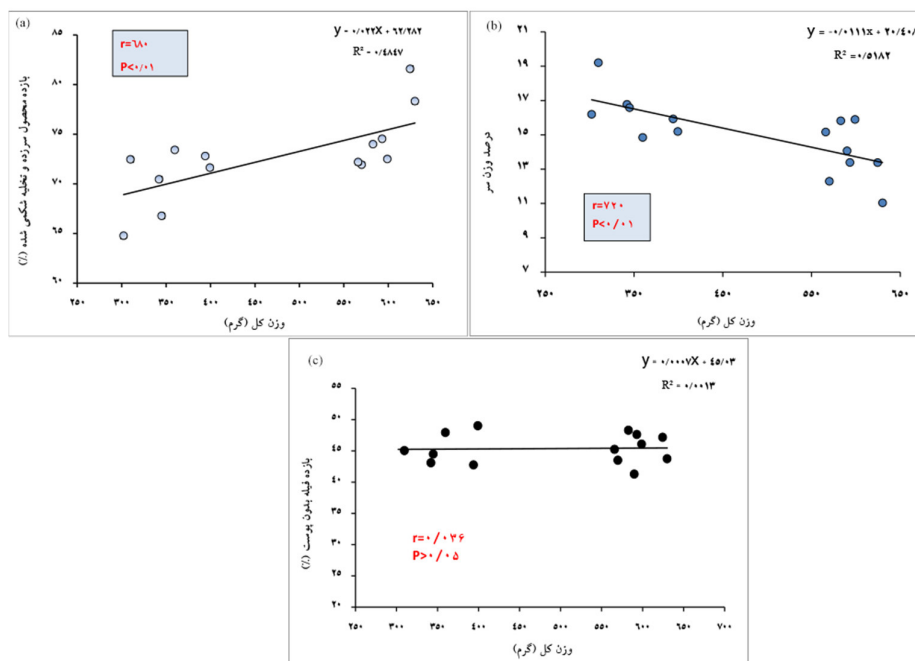
برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب موجود در نمونه از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) VARIAN (مدل CP3800 Walnut Creek) استفاده گردید. دمای آشکارساز و محل تزریق به ترتیب روی ۲۸۰ و ۲۴۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد. ۰/۲ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ ۱ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم شد و پس از مدت ۵ دقیقه، دمای ستون با سرعت ۲۰ درجه سانتی گراد در دقیقه به دمای ۱۸۰ درجه رسید، بعد از ۱۰ دقیقه دما در این درجه باقی مانده و پس از آن با سرعت ۱ درجه سانتی گراد در دقیقه به دمای ۲۰۰ درجه رسید. پس از یک دقیقه با سرعت ۳۰ درجه سانتی گراد در دقیقه تا دمای ۲۳۰ افزایش یافت. در انتها ستون به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۳۰ باقی ماند تا تمام ترکیبات از آن خارج شود. در این روش از گاز هلیوم (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به عنوان گاز حامل و گاز هیدروژن به عنوان سوخت، ازت (با خلوص ۹۹/۹۹۹۹ درصد) به عنوان گاز کمکی و هوای خشک استفاده شد. از مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام های نمونه مجهول با کروماتوگرام های به دست آمده در محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استر، اسیدهای چرب موجود روغن ماهی شناسایی و نتایج به صورت درصد سطح زیر پیک از کل بیان شد.

جدول ۱ مقایسه وزن و بازده تولید محصولات مختلف طی فراوری ماهی قزل آلائی رنگین کمان

^{a-e}: حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنادار ($p < 0.05$) است.

جدول ۲ مقایسه وزن و درصد فرآورده‌های جانبی (بسماند) مختلف طی فرآوری ماهی قزل‌آلا رنگین کمان

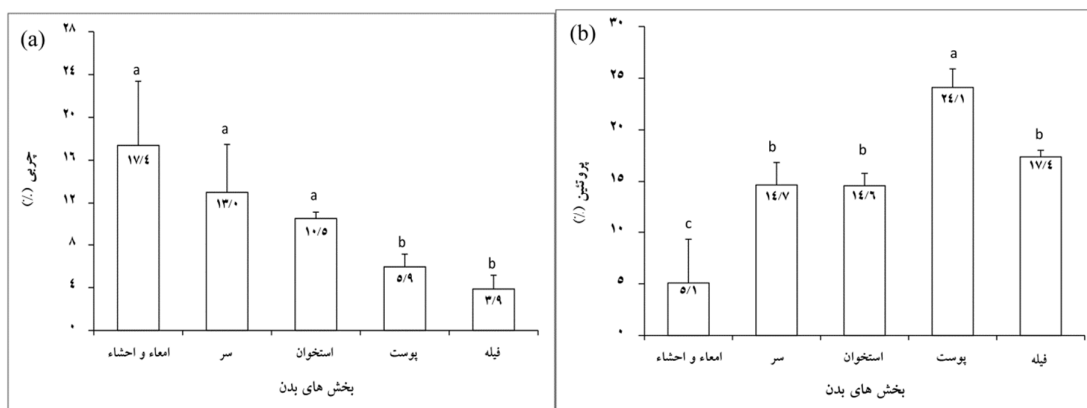
^{a-e}: حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنادار ($p < 0.05$) است



شکل ۱ ارتباط میان وزن عرضه ماهی و بازده محصول و ضایعات در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

زده و تخلیه شکمی شده بیش تر خواهد بود. همبستگی معکوس معناداری بین وزن ماهی و درصد وزن سر ($r = 0.72$ و $p < 0.01$) مشاهده شد که می‌تواند افزایش بازده محصول سرزده و تخلیه شکمی شده را با افزایش وزن ماهی نیز توجیه کند. اما هیچ ارتباطی بین وزن عرضه ماهی و بازده فیله ماهی یافت نشد (شکل ۱c).

برخی روابط میان بازده محصول و فراورده‌های جانبی به‌عنوان نمونه به‌صورت خط و معادله رگرسیونی ساده و نیز همبستگی پیرسون در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که همبستگی مثبت و معناداری ($r = 0.80$ و $p < 0.01$) بین وزن ماهی کامل و بازده محصول سرزده و تخلیه شکمی شده وجود دارد (شکل ۱a). یعنی با افزایش وزن ماهی کامل در زمان عرضه به بازار بازده محصول سر



شکل ۲ مقایسه مقادیر درصد چربی (a) و پروتئین (b) در فراورده‌های جانبی مختلف و فیله ماهی قزل‌آلا

به‌طورمعناداری بیش‌تر از مقدار چربی پوست و عضله بود ($p < 0/05$). مقدار پروتئین در پوست (۲۴/۱ درصد) به‌طور معناداری بیش‌تر از سایر بخش‌ها بود ($p < 0/05$), اما اختلاف معناداری بین مقدار پروتئین در سر، استخوان پستی و فیله مشاهده نشد ($p > 0/05$). کم‌ترین میزان پروتئین در امعاواحشا (۵/۱ درصد) بود که به‌طور معناداری کم‌تر از سایر بخش‌ها بود (شکل ۲b).

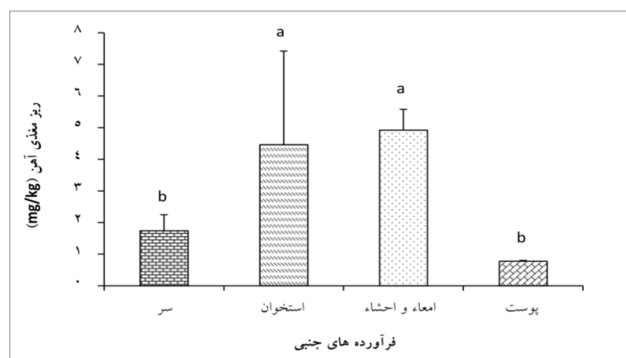
مقادیر چربی و پروتئین موجود در زائادات اصلی طی فراوری ماهی قزل‌آلا شامل سر، امعا و احشا، استخوان و پوست و عضله (فیله) برحسب درصد وزن تر در شکل ۲ گزارش و با یکدیگر مقایسه شده است. همان‌طور که در شکل ۲a مشاهده می‌شود، امعاواحشا با بیش‌ترین میزان (۱۷/۴ درصد) چربی و و فیله دارای کم‌ترین مقدار (۳/۹ درصد) بود. اختلاف معناداری بین مقادیر چربی در امعاواحشا، سر و استخوان پستی دیده نشد، اما مقدار آن

جدول ۳ مقایسه ترکیب اسیدهای چرب (درصد) در امعاواحشا، سر و عضله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

اسیدهای چرب اشباع	اسیدهای چرب غیراشباع	اشباع/غیراشباع	ω_3	ω_1	ω_2, ω_4
امعاواحشا	۲۳/۱۴±۰/۴۲	۷۶/۸۵±۰/۳۹	۰/۳۰	۴/۵۱±۱/۳۹	۴/۴۹±۰/۶۲
سر	۲۲/۸۳±۰/۵۸	۷۷/۲۱±۰/۶۱	۰/۲۹	۴/۳۶±۱/۵۱	۴/۴۸±۰/۵۸
فیله	۲۲/۱۸±۰/۷۰	۷۷/۸۱±۰/۳۷	۰/۲۸	۵/۴۵±۱/۸۱	۷/۳۱±۱/۰۰

غیراشباع و اشباع مشاهده نشد. میزان اسیدهای چرب غیر اشباع در امعاواحشا و سر به‌ترتیب ۷۶ و ۷۷ درصد ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن آن‌ها بود که آن‌ها را به‌عنوان منابع غنی از این اسیدها معرفی می‌کند. نسبت ω_1/ω_3 نیز در امعاواحشا و سر به‌ترتیب ۱/۰۰ و ۰/۹۷ بود.

تغییرات در میزان درصد اسیدهای چرب اشباع، غیراشباع، امگا-۳ و امگا-۶ و نسبت‌های آن‌ها در منبع اصلی چربی شناسایی شده در مرحله پیشین در جدول ۳ مشاهده می‌شود. اسیدهای چرب چند غیراشباع در هر سه بخش بیش‌ترین میزان را دارا بود و تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سه فراورده بررسی شده از نظر مقادیر اسیدهای چرب



شکل ۳ مقایسه مقادیر ریزمغذی آهن در محصولات جانبی مختلف طی عمل‌آوری ماهی قزل‌آلا

مقادیر ریز مغذی آهن در امعاواحشا، سر، استخوان پشتی و پوست به عنوان مهم ترین فراورده های جانبی حاصل شده طی فراوری ماهی قزل آلا در شکل ۳ خلاصه شده است. بیش ترین مقادیر آهن در امعاواحشا و استخوان به ترتیب $4/93$ و $4/46$ میلی گرم در کیلوگرم بود که به طور معناداری ($p < 0/05$) بیش تر از مقادیر آهن در سر ($1/75$ میلی گرم در کیلوگرم) و پوست ($0/78$ میلی گرم در کیلوگرم) بود.

بحث

برای اقتصادی بودن فرایند فراوری یک گونه، باید اطلاعات دقیقی از بازده محصولات مختلف قابل تهیه از آن داشته باشیم زیرا بازده محصول می تواند به طور مستقیم تعیین کننده قیمت فرآورده نهایی محصول باشد. در تحقیق حاضر، میانگین وزن فیله با پوست قابل تهیه از ماهی قزل آلا $257/98$ گرم به دست آمد و بازده درباره فیله با پوست و بدون پوست به ترتیب به $56/69 \pm 3/21$ درصد و $45/36 \pm 2/37$ کاهش یافت (جدول ۱). به طور کلی بازده فیله بسته به گونه تغییر می کند و در خصوص گونه های پرورشی تجاری کم ترین مقدار آن درباره تیلاپیا (۳۳ درصد) و بیش ترین آن در مارماهی آب شیرین (۶۰ درصد) گزارش شده است (Venugopal, 2009). بازده فیله در ماهی سالمون > 50 درصد، در ماهی کپور بازده فیله با پوست $49-41$ و در ماهی سوف صورتی $64-52$ گزارش شده است. به طور کلی بازده فیله به نوع گونه به دلیل وابستگی به آناتومی ساختاری گونه، جنس، اندازه و شرایط تغذیه ماهی بستگی دارد (Venugopal, 2009). برای مثال Messina و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که بازده فیله در ماهی باس دریایی وحشی به طور معناداری بیش تر از ماهی باس دریایی پرورشی است. نکته قابل تأمل دیگر آن است

که اگر چه در برخی از گونه های دیگر تجاری مهم دنیا نظیر تیلاپیا و گربه ماهی، جدا کردن پوست از فیله موجب افزایش قابل ملاحظه بازار پسندی آن ها می شود، اما چنانچه مشاهده می شود جدا کردن پوست تقریباً موجب کاهش ۱۰ درصدی بازده در فیله قزل آلا می شود. با توجه به اینکه فیله با پوست قزل آلا نیز از بازار پسندی خوبی برخوردار است و نیز پوست نازک و نرم دارد، به نظر می رسد عرضه فیله با پوست آن از ارجعیت بالاتر به دلیل قیمت پایین تر برخوردار باشد.

فراورده های جانبی تولید شده طی فراوری ماهی می تواند منابعی ارزشمند از ترکیبات مغذی باشد که بهره گیری اقتصادی از آن ها به آگاهی از حجم دقیق در دسترس، کیفیت و قابلیت نگهداری آن ها بستگی دارد. در تحقیق حاضر، براساس نتایج به دست آمده تولید فیله از ماهی قزل آلامی تواند 45 تا 55 درصد فراورده های جانبی را تولید کند. در این میان سر با $15/52$ درصد از وزن بدن ماهی و پس از آن امعاواحشا و استخوان پشتی به ترتیب با $12/62$ و $10/78$ درصد، بیش ترین مقادیر را در میان ضایعات نسبت به وزن بدن دارا بودند (جدول ۲). میزان درصد زائدات طی فراوری ماهی نیز می تواند بسته به گونه، فصل و روش فراوری متفاوت باشد. Falch و همکاران (۲۰۰۶a) در بررسی چهار گونه روغن ماهی نشان دادند که تولید فیله از این ماهیان، $2/3$ تولید حجم اولیه محصولات جانبی می کند. نتایج آن ها همچنین نشان داد که سر $15-20$ درصد، امعاواحشا $12-15$ درصد و استخوان پشتی و خورده های گوشت $18-30$ درصد وزن بدن در روغن ماهیان مورد مطالعه را نشان می دهد. آن ها همچنین در مطالعه ای دیگر نشان دادند که درصد این فراورده های جانبی بسته به محل صید و فصل صید می تواند متغیر باشد (Falch et al., 2006b). درباره ماهی سالمون فراورده های

جانبی طی تولید فیله آن به میزان ۱۰ درصد سر، ۱۳ درصد امعاواحشا و ۱۴ درصد استخوان پشتی و خورده گوشت گزارش شده است (Rustad, 2007). با کمک این نتایج می‌توان برای استفاده از این فراورده‌ها برنامه‌ریزی کرد. برای مثال در کشور ما سالیانه بیش از ۱۰۰ هزار تن (آخرین آمار سال ۹۰ معادل ۱۰۶۴۰۹ تن است)، ماهی قزل‌آلا تولید می‌شود. اگر چه همه این حجم فراوری نمی‌شود اما به‌طور بالقوه می‌تواند منبع تولید بیش از ۱۵ هزار تن سر ماهی قزل‌آلا کند. در مقیاس کوچک‌تر اگر یک کارخانه در روز ۵ تن ماهی قزل‌آلا را فراوری کند، به‌میزان ۶۰۰ کیلوگرم امعا و احشا خواهد داشت که می‌تواند به‌طور دقیق برای استفاده و یا نگهداری آن برنامه‌ریزی نماید.

نتایج آنالیز تقریبی نشان داد که (شکل ۲a) امعاواحشا با بیش‌ترین میزان (۱۷/۴ درصد) چربی و فیله دارای کم‌ترین مقدار (۳/۹ درصد) بود. اختلاف معناداری بین مقادیر چربی در امعاواحشا، سر و استخوان پشتی دیده نشد، اما مقدار آن به‌طور معناداری بیش‌تر از مقدار چربی پوست و عضله بود ($p < 0.05$). مقدار پروتئین در پوست (۲۴/۱ درصد) به‌طور معناداری بیش‌تر از سایر بخش‌ها بود ($p < 0.05$). تفاوت در میزان چربی در میان افراد یک گونه بیش‌تر ناشی از تفاوت در نوع تغذیه، فصل صید، جنس، اندازه ماهی و شرایط محیطی زندگی ماهی است (Gonzalez-Fandos, 2005). براساس نتایج به‌دست آمده فراورده‌های جانبی حاصل را می‌توان به دو دسته منابع چربی و پروتئین تقسیم کرد. امعاواحشا و سر به‌دلیل دارا بودن مقادیر زیادی از چربی می‌توانند منابع مناسبی برای استخراج چربی باشند و پوست و استخوان می‌توانند منابع قابل ملاحظه‌ای برای استخراج پروتئین از جمله کلاژن و ژلاتین باشند. درباره بسیاری از گونه‌های دیگر نظیر الاسکا

پولاک (Olivera and Bechtel, 2005)، ماهی تن (Selmi et al., 2008)، باس دریایی (Messina et al., 2013) و روغن ماهیان (Falch et al., 2006a)، به‌عنوان منابع مناسب برای استخراج روغن معرفی شدند. نتایج این تحقیق می‌تواند در محاسبه دقیق مقادیر چربی و پروتئین قابل استحصال صنعت را یاری رساند. از سوی دیگر، منابعی نظیر امعاواحشا و سر، که مقادیر بالایی چربی دارند، به شرایط کنترل شده‌تر دمایی برای حفظ کیفیت مناسب طی حمل‌ونقل، نگهداری و فراوری بیش‌تر نیازمند هستند.

اهمیت اسیدهای چرب چند غیراشباع ω_3 در سلامت انسان و تغذیه حیوانات و نیز در حفظ سلامت و ممانعت از بیماری‌ها به‌خوبی شناسایی شده است (Sahena و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش علاقه‌مندی به اسیدهای چرب چند غیراشباع و کاهش منابع طبیعی دریایی آن‌ها موجب افزایش تحقیقات برای یافتن منابع جایگزین شیلاتی نظیر فراورده‌های جانبی صنعت فراوری آبزیان شده است (Kim and Mendis, 2006). در این میان به‌منظور ارزیابی پتانسیل یک گونه برای معرفی به‌عنوان منبع جدید استخراج اسیدهای چرب چند غیراشباع، شناسایی ترکیب اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده چربی موجود در بخش‌های مختلف بدن آن گونه ضروری است (Fiori et al., 2012). در تحقیق حاضر اسیدهای چرب چند غیراشباع در هر سه بخش بیش‌ترین میزان را دارا بود و تفاوت قابل ملاحظه‌ای در سه فراورده بررسی شده از نظر مقادیر اسیدهای چرب غیراشباع و اشباع مشاهده نشد (جدول ۳). میزان اسیدهای چرب غیراشباع در امعاواحشا و سر، به‌ترتیب ۷۶ و ۷۷ درصد ترکیب اسیدهای چرب موجود در روغن آن‌ها بود که آن‌ها را به‌عنوان منابع غنی از این اسیدها معرفی می‌کند. نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتایج به‌دست آمده درباره گونه‌های پرورشی مانند گربه ماهی (Sathivel

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به‌منظور ارزیابی بازده تولید و ارزیابی پتانسیل کاربرد و ارزش تغذیه‌ای فراورده‌های جانبی حاصل از فراوری ماهی قزل‌آلا صورت پذیرفت. نتایج نشان داد تولید فیله از ماهی قزل‌آلا می‌تواند بیش از ۵۰ درصد فراورده‌های جانبی تولید کند. بیش‌ترین درصد پسماندهای تولیدی مربوط به سر و امعا و احشا است. ارزیابی ارزش تغذیه‌ای این پسماندها نشان داد که سر و امعا و احشا می‌تواند منابع مناسبی برای استخراج چربی و پوست و خرده‌های گوشت و استخوان پستی منابع مناسبی برای استفاده به‌عنوان پروتئین هستند. همچنین چربی استخراج شده از سر و امعا و احشا قزل‌آلا می‌تواند منابع مناسبی از اسیدهای چرب چند غیراشباع به‌ویژه ω_3 باشد. نتایج تحقیق حاضر می‌تواند در برنامه‌ریزی برای فراوری صنعتی ماهی قزل‌آلا و نیز کاربرد هرچه بهتر فراورده‌های جانبی این صنعت در تولید مکمل‌های غذایی روغن‌های دریایی و پروتئینی مفید باشد.

منابع

- AOAC. 2005. Official Method of Analysis (17th ed). Washington, DC: Association of Official Analytical.
- Cahu, C., Salen, P. and deLorgeril, M. 2004. Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14 (1): 34-41.
- Doragh, A., Kochanein, P., Nikpour, Y., Yavari, V., Zolgharnian, H., Safahieh, A.R. and Salari Aliabadi, M.A. 2009. Cadmium, copper and iron accumulation in tissues of belanger's croaker, *Johnius belangerii* (C.) from northern coasts of Persian Gulf. *Fisheries Journal*. 3, 1-9.
- Falch, E., Rustad, T. and Aursand, M. 2006a. By-products from gadiform species as raw material for production of marine lipids as ingredients in food or feed. *Process Biochemistry*, 41 (3): 666-674.

(et al., 2002)، آتلانتیک سالمون (Sun et al., 2002) و میگوی پرورشی (Hue et al., 2003)، که نشان دادند که فراورده‌های جانبی حاصل از فراورده‌های این گونه‌ها پتانسیل بالایی برای استخراج اسیدهای چرب چند غیراشباع دارد، همخوانی دارد. همچنین در تحقیق حاضر نسبت ω_3/ω_6 نیز در امعا و احشا و سر به‌ترتیب ۱/۰۰ و ۰/۹۷ بود. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که نسبت ω_3/ω_6 در ماهیان آب شیرین اغلب بین ۰/۵ تا ۳/۸ است که نتایج به‌دست آمده با آن همخوانی دارد. به‌طور کلی، مصرف آبزیان که دارای مقادیر زیاد ω_3 و مقادیر کم ω_6 هستند، برای حفظ نسبت صحیح ω_3/ω_6 در جیره غذایی توصیه می‌گردد. نسبت بهینه ω_3/ω_6 از ۱:۱ تا ۱:۴ متغیر است (Simopoulos, 2002). جیره غذایی انسان اغلب به سمت اسیدهای چرب ω_6 که معمولاً در روغن‌های گیاهی پرمصرف فراوان هستند، غیر متوازن است. بنابراین نسبت ω_3/ω_6 به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی ارزش تغذیه‌ای روغن ماهی توصیه شده است (Piggot and Tucker, 1990). همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داد که فراورده‌های جانبی مورد مطالعه از نظر کیفیت تأمین اسیدهای چرب چند غیراشباع با فیله ماهی قزل‌آلا برابری می‌کند. در حالت کلی، درباره ماهیان پرورشی جیره غذایی مصنوعی و فرموله شده یک منبع از اسیدهای چرب چند غیراشباع ω_3 ، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها را که به‌خوبی متوازن شده‌اند، به‌واسطه وجود روغن‌های دریایی فراهم می‌کنند که مستقیماً بر ارزش تغذیه‌ای و ترکیب اسیدهای چرب فیله آن‌ها اثر می‌گذارد (Cahu et al., 2004). نتایج این تحقیق مانند دیگر تحقیقات (Messina et al., 2013) این اثر متوازن کننده را درباره فراورده‌های جانبی ماهی نیز به اثبات می‌رساند.

- (*Onchorhynchus gorbusha*) and Alaska Walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) by-products. *Journal of Aquatic Food Product and Technology*, 14(1): 73-91.
- Piggot, G. M. and Tucker, B. W. 1990.** Effects of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker. pp. 384.
- Rustad, T. 2007.** Physical and chemical properties of protein seafood by-products. In: *maximising the value of marine by-products*. Ed. Shahidi, F. (65-90). Wood head Publishing Limited and CRC Press LLC. P, 3-23.
- Sahena, F., Zaidul, I. S. M., Jinap S., Saari N., Jahurul H. A., Abbas K. A. and Norulaini, N. A. 2009.** PUFAs in fish: Extraction, fractionation, importance in health. *Comrehensive Review in Food Science and Food Safety*, 8(2): 59-74.
- Satival, S., Prinyawiwatkul, W., Grimm, C. C., King, J. M. and Lloyd, S. 2002.** FAComposition of Crude Oil Recovered from Catfish Viscera. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 7(10): 989-993.
- Selmi, S., Mbarki, R. and Sadok, S. 2008.** Seasonal change of lipid and fatty acid composition of little tuna *Euthynnus alletteratus* by-products. *Nutrition and Health*, 19(3): 189-194.
- Shahidi, F. 1994.** Seafood processing discards. In: *Seafood Chemistry, Processing, Technology and Quality*, Shahidi, F. and Botta, J.R. (Eds.), Chapman Hall Inc. New York pp. 320-334.
- Simopoulos, A. P. 2002.** The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 365-379.
- Sun T., Pigott G. M. and Herwig, R. P. 2002.** Lipase-assisted concentration of n-3 polyunsaturated fatty acids from viscera of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Food Science*, 67(1): 30-136.
- Torres, J. A., Chen, Y., Rodrigo-GarcoÂa, J. and Jaczynski, J. 2007.** Recovery of by-products from seafood processing streams. In *maximising the value of marine by-products*. Ed. Shahidi, F., 65-90.
- Venugopal, V. 2009.** Marine Products for Healthcare Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean. CRC Press Taylor & Francis Group. 552 pp.
- Falch, E., Rustad, T., Jonsdottir, R., Shaw, N. B., Dumay, J., Berge, J. P. and Arason, S. 2006b.** Geographical and seasonal differences in lipid composition and relative weight of by-products from gadiform species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6): 727-736.
- FAO. 2012.** The state of world fisheries and aquaculture. PP 230.
- Fiori, L., Solana, M., Tosi, P., Manfrini, M., Strim, C. and Guella, G. 2012.** Lipid profiles of oil from trout (*Oncorhynchus mykiss*) heads, spines and viscera: Trout by-products as a possible source of omega-3 lipids? *Food Chemistry*, 134(2): 1088-1095.
- Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226: 497-509.
- Gonzalez-Fandos, E., Villarino-Rodriguez, A., García-Linares, M., Garcia-Arias, M. and García-Fernández, M. 2005.** Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. *Food control*, 16(1): 77-85.
- Heu, M. S., Kim, J. S. Shahidi, F. 2003.** Components and nutritional quality of shrimp processing by-products. *Food Chemistry*, 82(2): 235-242.
- Iranian Fisheries Organization. 2011.** Annual Fisheries Statistics. pp. 32. In Farsi.
- Kim, S. and Mendis, E. 2006.** Bioactive compounds from marine processing by-products- A review. *Food Research International*, 39(4): 383-393.
- Messina, C., Renda, G., Barbera, L. and Santulli, A. 2013.** By-products of farmed European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) as a potential source of n-3 PUFA. *Biologia*, 68(2): 288-293.
- Mosavi Dehmordi, L., Famil Mohamadi, A. and Behdani, A. 2013.** An analysis of the fish consumption in Isfahan. *Journal of Fisheries, Iranian Journal of Natural Resources*. 65(4): 439-446. In Farsi.
- Oliveira, A. C. M. and Bechtel, P. J. 2005.** Lipid composition of Alaska Pink Salmon

Evaluation of production efficiency, by-products, and their nutritional value during the processing of rainbow trout

Mehdi Abdollahi^{1*}, Masoud Rezaei², Erika Jafari³, Elnaz Ghafari³ and Sahel Soltankarimi⁴

1- Ph. D. student, Department of Seafood Science and Technology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor

2- Professor, Department of Seafood Science and Technology, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor

3-B. Sc. student, Department of Natural Resources, Alame Mohades Noori University, Noor

4- Ph. D. student, Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor

Received: 2013/10/3

Accepted: 2014/1/16

*Corresponding author: abdollahi.mkh@gmail.com

Abstract:

Processing efficiency of rainbow trout, amounts of by-products and their nutritional value as well as some correlations between whole fish weight and products yield were evaluated. Results showed that efficiency decreased up to $87.56 \pm 3.43\%$ for gutted fish and it reached up to $56.69 \pm 3.26\%$ and $45.36 \pm 2.37\%$ for skinned on and skinless fillets, respectively. The highest amounts of by-product were related to head and viscera which were $15.52 \pm 2.00\%$ and $12.62 \pm 2.61\%$ of body weight, respectively. A significant negative correlation was found between fish weight and head weight percentage ($P < 0.01$). Also, the yield of headed and gutted product increased significantly by increase in fish weight ($P < 0.01$). Among by-products, viscera and head were the richest sources of fat (17.4 and 13.0 % of wet weight) and skin contained the highest amount of protein (24.1% of wet weight). Moreover, a significant presence of the most important and health beneficial omega-3 fatty acids was detected in both head and viscera. Viscera and bone were also found as rich source of iron mineral.

Keywords: Rainbow trout, production efficiency, by-products, nutritional value