

تغییرات وزن نهایی، بازماندگی و اسیدهای چرب بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) تغذیه شده با کنجاله سویای پرتودهی و تخمیر شده

ابراهیم ستوده^{۱*}، جمشید امیری مقدم^۲، غلامرضا شاه حسینی^۳، دارا باقری^۱
۱- گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر
۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران
۳- پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، البرز

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۳

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا پرتودهی شده با اشعه گاما، تخمیر شده و ترکیبی از پرتودهی و تخمیر بر میانگین وزن نهایی، بازماندگی و ترکیب اسیدهای چرب بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) انجام گرفت. برای این منظور ابتدا کنجاله سویا پرتودهی و تخمیر گردید، سپس کیفیت پروتئین (با روش الکتروفورز SDS-PAGE) و میزان ترکیبات فنولی کل آن مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله بعد، کنجاله‌های سویا در ۵ تیمار شامل کنجاله سویای تیمار نشده (شاهد)، سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ (۱۵ISB) و ۳۰ kGy اشعه گاما (۳۰ISB)، کنجاله سویای تخمیر شده با باکتری *Saccharomyces cerevisiae* (FSB) و کنجاله سویای پرتودهی (با دوز ۱۵ kGy) و تخمیر شده جایگزین پودر ماهی گردید. بچه‌ماهیان آزاد دریای خزر (در هر تکرار ۱۴ عدد) با میانگین وزن $2/1 \pm 0/3$ گرم با استفاده از طرح کاملاً تصادفی در ۵ تیمار و ۳ تکرار به مدت ۶ هفته غذادهی شدند. مقایسه الگوی پروتئین‌ها در تیمارهای مختلف نشان داد در تیمار تخمیر شده کنجاله سویای پرتودهی با دوز ۱۵ kGy و تخمیر شده) زیر واحد اسیدی و قلیایی گلايسینین و بتا-کونگلايسینین کاهش یافته است. در پایان آزمایش میزان بازماندگی در همه تیمارها ۱۰۰ درصد بود. مقایسه میانگین وزن بچه ماهیان نشان داد وزن نهایی گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویا تخمیر شده و کنجاله سویا پرتودهی و تخمیر شده به طور معنی‌داری بالاتر است ($P < 0/05$). در مجموع نتایج مطالعه حاضر نشان داد بچه ماهیان آزاد تغذیه شده با کنجاله سویا فرآوری شده با ترکیبی از دو روش تخمیر و پرتودهی شده عملکرد رشد بهتری دارند و استفاده از پرتوی گاما می‌تواند به عنوان رویکردی جدید برای کاهش مواد ضد مغذی کنجاله سویا مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پروتئین گیاهی، مواد ضد مغذی، تخمیر، پرتودهی، ماهی آزاد دریای خزر

مقدمه

پروتئین یکی از گران قیمت‌ترین اجزای جیره ماهیان پرورشی است و کیفیت مواد تشکیل دهنده پروتئین جیره نقش مهمی در تنظیم رشد ماهی و مصرف غذا ایفا می‌کند. پودر ماهی اصلی‌ترین منبع پروتئینی جیره به ویژه برای ماهی‌های گوشتخوار می‌باشد. با این حال این ترکیب یک منبع محدود و گران قیمت است که به میزان بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tacon and Metian, 2008). این مسئله دو نگرانی عمده را ایجاد نموده است. از یک سو فشار و بهره‌برداری غیر پایدار بر روی ذخایر وحشی برای پوشش افزایش تقاضای پودر ماهی (Naylor et al. 2009) و از سوی دیگر افزایش قیمت پودر ماهی به دلیل تقاضای رو به رشد، امکان استفاده از پودر ماهی در سطوح فعلی را تقریباً غیر ممکن می‌کند (FAO, 2009). از این رو پیدا کردن منابع پروتئینی مناسب به عنوان جایگزین برای پودر ماهی در پرورش گونه‌های ماهی گوشتخوار اهمیتی حیاتی دارد (Shapawi et al. 2007). در میان گیاهان خشکی‌زی، سویا به عنوان امیدوار کننده‌ترین منبع پروتئین گیاهی به منظور استفاده در جیره ماهی شناخته شده است، چرا که این ترکیب گیاهی دارای قیمت پایین، کیفیت اسیدهای آمینه و پروتئین متعادل با قابلیت هضم بالا و کمیت مناسب در مقایسه با سایر گیاهان است (Gatlin et al. 2007). امکان استفاده از کنجاله سویا به عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره بسیاری از گونه مورد مطالعه قرار گرفته است (McGoogan and Gatlin, 1997; Zhang et al. 2014; Tantikitti et al. 2005). با این وجود، به دلیل حضور عوامل ضدتغذیه‌ای مانند مهارکننده‌های پروتئاز، لکتین، فیتات‌ها، گلوکوزینولات، ساپونین و تانن سطح گنجاندن سویا در رژیم غذایی ماهی را محدود ساخته است (Francis et al. 2001). از این رو حذف عوامل ضد تغذیه‌ای برای افزایش سطح سویای جایگزین شده در جیره ماهی ضروری است (Gatlin et al. 2007). تکنیک‌های فرآوری مختلفی از جمله خیساندن، پوسته کنی، پختن و تخمیر برای از بین بردن و کاهش مواد ضد تغذیه‌ای استفاده می‌شود (Egounlety and Aworh, 2003; Refstie et al. 2005; Yamamoto et al. 2010). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه جایگزینی پودر ماهی جیره با سویا چربی‌زدایی شده (Tantikitti et

al. 2005)، پوسته‌زدایی شده (Choi et al. 2004)، حرارت داده (Peres et al. 2003)، استخراج شده بوسیله حلال (Boonyaratpalin et al. 1998) و تخمیر شده (Refstie et al. 2005; Yamamoto et al. 2010) انجام شده است. علاوه بر این تکنیک‌ها، استفاده از پرتوی گاما به عنوان یک رویکرد در بهبود کیفیت مواد گیاهی برای غذای حیوانات خشکی‌زی (DeRouchey et al. 2003; Ghanbari et al. 2012) مورد ارزیابی قرار گرفته است. در زمینه تغذیه آبزیان نیز به تازگی این روش جهت افزایش ارزش تغذیه‌ای سویا در جیره ماهی باس دریایی ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*) مورد مطالعه قرار گرفته است (Zhang et al. 2014). نتایج بررسی مذکور نشان داد با استفاده از پرتوی گاما می‌توان نیمی از پودر ماهی را با کنجاله سویا جایگزین نمود.

ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo caspius*) یک گونه گوشتخوار است که به میزان پروتئین بالایی در جیره خود نیازمند است. تاکنون مطالعه‌ای در خصوص جایگزینی پودر ماهی با سایر منابع پروتئینی گیاهی در جیره این ماهی گزارش نشده است. بکارگیری سویا به عنوان یک منبع پروتئینی با کیفیت و ارزان می‌تواند در کاهش هزینه تولید جیره این ماهی کمک فراوانی کند. لذا این مطالعه با هدف بررسی اثر پرتوی گاما و تخمیر بر کنجاله سویا به عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره ماهی آزاد دریای خزر به منظور دستیابی به یک شیوه جدید برای کاهش سطح پودر ماهی در جیره ماهی آزاد دریای خزر انجام شد.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش

این آزمایش در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای (کرج) انجام گرفت. جهت انجام آزمایش بچه ماهیان آزاد دریای خزر (با میانگین وزن اولیه 0.3 ± 0.1 گرم) از مرکز تکثیر و پرورش شهید باهنر کلاردشت تهیه شدند. پس از انتقال بچه ماهیان به سوله، جهت سازگاری با شرایط جدید، بچه ماهیان به مدت ۲ هفته در مخازن ذخیره‌سازی و تغذیه شدند. بعد از دوره سازگاری، بچه ماهیان به صورت تصادفی انتخاب و در ۱۵ تانک به تعداد ۱۴ عدد در هر تانک با حجم ۱۰۰ لیتر آب ذخیره‌سازی شدند. غذای روزانه در ۳ نوبت و در ساعات ۸، ۱۱ و ۱۴ در حد سیری انجام گرفت. عوامل کمی و کیفی

تهیه شد. در این آزمایش نیمی از پودر ماهی (۵۰ درصد) به ترتیب با سویای تیمار نشده (شاهد)، سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ (۱۵ISB) و ۳۰ kGy (۳۰ISB) اشعه گاما، کنجاله سویای تخمیر شده (FSB) و کنجاله سویای پرتودهی (با دوز ۱۵ kGy) و تخمیر شده (IFSB) جایگزین گردید (جدول ۱).

تعیین ترکیب اسیدهای چرب

جهت استخراج چربی جیره‌های مورد استفاده و لاشه بچه ماهیان از روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) استفاده شد. استری کردن چربی استخراج شده با روش Metcalfe و همکاران (۱۹۶۱) صورت گرفت. برای بررسی و شناسایی اسیدهای چرب از دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) Varian, model: CP3800 Walnut Creek, USA) مجهز به ستون کاپیلاری از نوع (BPX 70 SGE; 120 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 μm) و آشکار ساز نوع FID استفاده گردید. دمای آشکار ساز و محل تزریق به ترتیب بر روی ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. یک میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. دمای اولیه ستون روی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده و با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در دقیقه به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. در این روش از گاز ازت با خلوص (۹۹/۹۹٪) به عنوان گاز حامل و هوای خشک استفاده شد. زمان اجرای عملیات دستگاه برای هر نمونه ۸۵ دقیقه بود. ترکیب پروفیل اسید چرب نمونه‌ها با مقایسه با پیک استاندارد و جهت محاسبه سطح زیر پیک از نرم افزار Varian Star (version 6.41) استفاده شد و نتایج به صورت درصد گزارش گردید.

جداسازی و بررسی پروتئین‌های هر یک از سویاهای تیمار شده با روش الکتروفورز پلی اکریل آمید (SDS-PAGE) یا Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide (gel electrophoresis) و روش گزارش شده توسط Laemmli (۱۹۷۰) استفاده شد. پس از استخراج پروتئین، ۳۰ میکرولیتر از نمونه‌ها در سلول‌های ژل الکتروفورز بارگذاری شدند.

آب همچون دمای آب (۵/۰ ± ۱۴ درجه سانتی‌گراد) و اکسیژن (۸ میلی گرم در لیتر) بصورت روزانه و pH (۷/۳) به صورت هفتگی اندازه‌گیری شد.

ابتدا کنجاله سویای تجاری (شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی، ایران) با استفاده آسیاب برقی پودر شد. میزان پروتئین خام کنجاله سویا با استفاده از روش AOAC (۱۹۹۵) تعیین شد. جهت انجام پرتودهی ابتدا رطوبت کنجاله سویا به ۲۵ درصد رسانیده شد و پرتودهی بوسیله دستگاه گاماسل (PX-30-IssIedovapel, Russia) با نرخ دوز ۰/۲۲ گری در ثانیه و با دوزهای ۱۵ و ۳۰ kGy در میدان پرتوهای گامای کبالت ۶۰ صورت گرفت و میزان اشعه جذب شده با سیستم استاندارد Fricke اندازه‌گیری شد. عملیات پرتودهی در پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی هسته ای کرج انجام شد.

برای انجام تیمار تخمیر ابتدا مخمر ساکارومایسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) در محلول گلوکز به مدت ۴۵ دقیقه فعال گردید و سپس درون ارلن های ۵ لیتری اتوکلاو شده به خمیر سویا اضافه گردید به نحوی که رطوبت آن ۵۰ درصد بود. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تخمیر صورت گرفت. در انتها خمیر بالا آمده جهت ساخت جیره مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب پنج تیمار تهیه شد که به صورت زیر نامگذاری شدند: تیمار شاهد (کنجاله سویای تیمار نشده)، ۱۵ ISB و ۳۰ ISB (به ترتیب کنجاله سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ و ۳۰ kGy اشعه گاما)، FSB (کنجاله سویای تخمیر شده) و IFSB (کنجاله سویای تخمیر شده و پرتودهی شده با دوز ۱۵ kGy).

جیره‌های مورد استفاده در این آزمایش بر اساس مطالعات قبلی انجام شده بر روی این گونه تنظیم شدند (Abedian Kenari et al. 2011). برای این منظور ابتدا مواد اولیه خشک توسط ترازوی دیجیتال توزین شده و مخلوط گردیدند. سپس ترکیبات اولیه مایع نظیر روغن ماهی و لسیتین سویا به مواد خشک اضافه و ترکیب به طور کامل با همزن همگن شد. پس از افزودن مقداری آب به خمیر، مخلوط از چرخ گوشت عبور داده شد تا غذا به پلت های استوانه‌ای تبدیل گردد. در انتها، پلت‌ها در خشک کن به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. به این ترتیب ۵ جیره حاوی مقادیر یکسان پروتئین (۴۸ درصد) و چربی (۱۷ درصد)

تجزیه و تحلیل آماری

(ANOVA) و مقایسه میانگین بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن صورت گرفت. وجود و یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه 18.0) انجام گرفت و مقادیر $P < 0.05$ معنی‌دار تلقی گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تغییرات میانگین وزن نهایی و اسیدهای چرب بدن بچه ماهیان آزاد دریای خزر تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویای پرتوده‌ی یا تخمیر شده از طریق آزمون تجزیه واریانس یک طرفه

جدول ۱- اجزا و ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های غذایی برای تغذیه ماهیان بچه ماهیان آزاد دریای خزر.

FISB	FSB	۳۰ ISB	۱۵ ISB	شاهد	ترکیبات جیره (درصد)
۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	پودر ماهی ^۱
	-	-	-	۲۴	سویا-پرتوده‌ی نشده
-	-	-	۲۴	-	سویا-پرتوده‌ی شده 15kGy
-	-	۲۴	-	-	سویا-پرتوده‌ی نشده 30kGy
-	۲۴	-	-	-	سویا-تخمیر شده
۲۴	-	-	-	-	سویا-پرتوده‌ی و تخمیر شده
۸	۸	۸	۸	۸	روغن ماهی ^۲
۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵	دکسترین
۲	۲	۲	۲	۲	لسیتین سویا
۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲	بایندر ^۲
۲	۲	۲	۲	۲	مخلوط ویتامینی ^۳
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	مخلوط مواد معدنی ^۴
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	کولین کلراید ^۲
۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	ضد قارچ ^۲
۱	۱	۱	۱	۱	مونوکلسیم فسفات ^۲
۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	آنتی اکسیدان ^۲
آنالیز شیمیایی ترکیبات جیره					
۴۸/۵۱	۵۰/۴۵	۴۸/۱۱	۴۸/۲۷	۴۸/۳۱	پروتئین
۱۶/۹۷	۱۷/۰۹	۱۷/۱۴	۱۶/۸۷	۱۶/۶۸	چربی
۸/۷۹	۸/۱۶	۸/۴۹	۸/۲۶	۸/۳۶	خاکستر
۸/۳۳	۸/۷۶	۸/۹۹	۹/۴۷	۹/۱۶	رطوبت
۱۱/۲۹	۹/۶۶	۱۱/۵۱	۱۱/۰۲	۱۱/۵۳	عصاره عاری از ازت
۲۱/۱۲	۲۱/۲۴	۲۱/۱۴	۲۱/۲۵	۲۱/۰۲	انرژی ناخالص (kj/g)

۱- شرکت پارس کیلکا

۲- کارخانه خوراک دام و آبزیان، ساری.

۳- مخلوط ویتامینی (میلی گرم بر کیلوگرم جیره): $A=0.18, D_3=0.06, K_3=10, C=200, B_1=15, B_2=10, B_6=10, B_5=40, B_12=150, B_3=1, B_7=1, B_9=5$ و کولین و اینوزیتول. $1000=$ کولین و $400=$ اینوزیتول.

۴- هر کیلوگرم مکمل ماده معدنی شامل مواد معدنی کمیابی مانند منگنز: 2600 mg/kg ، مس: 600 ، آهن: 600 ، روی: 4600 ، سلنیوم: 50 ، ید: 100 ، کبالت: 50 ، کولین کلراید: 100000 ، کریر تا یک کیلوگرم می باشد.

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب (درصد) جیره های مورد استفاده برای تغذیه ماهی آزاد دریای خزر.

تیمارهای مختلف ^۱					اسیدهای چرب (درصد)
FISB	FSB	۳۰ ISB	۱۵ ISB	شاهد	
۱/۱۹	۰/۹۲	۱/۲۱	۰/۹۲	۰/۵۷	C14:0
۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۱۹	C15:0
۱۴/۴۶	۱۳/۲۷	۱۴/۹۶	۱۶/۲۷	۱۵/۷۸	C16:0
۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۶	C16:1
۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱	C17:0
۳/۵۳	۳/۴۱	۴/۵۰	۳/۴۱	۱/۷۴	C18:0
۲۶/۸۷	۲۹/۳۸	۲۸/۶۰	۲۹/۳۸	۲۹/۸۳	C18:1n-9
۳۲/۶۳	۳۲/۹۴	۳۲/۳۶	۳۲/۹۴	۳۲/۲۵	C18:2n-6
۶/۶۵	۶/۹۲	۶/۳۳	۶/۹۲	۶/۲۵	C18:3n-6
۱/۲۶	۱/۲۹	۱/۵۶	۱/۲۹	۱/۸۹	C18:3n-3
۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۱۴	C20:3n-6
۰/۲۲	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۲	C20:3n-3
۱/۸۶	۱/۴۶	۲/۰۷	۱/۴۶	۱/۵۴	C20:3n-6
۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۹	C20:5n-3
۵/۷۱	۵/۱۲	۵/۲۹	۵/۱۱	۵/۰۹	C20:4n-6
۱۹/۵۴	۱۷/۸۴	۲۱/۰۹	۱۷/۸۴	۱۸/۳۳	\sum SFA
۲۷/۱۸	۲۹/۷۰	۲۸/۹۴	۲۹/۷۰	۳۰/۲۵	\sum MUFA
۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	EPA/DHA
۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۸	n-3/n-6

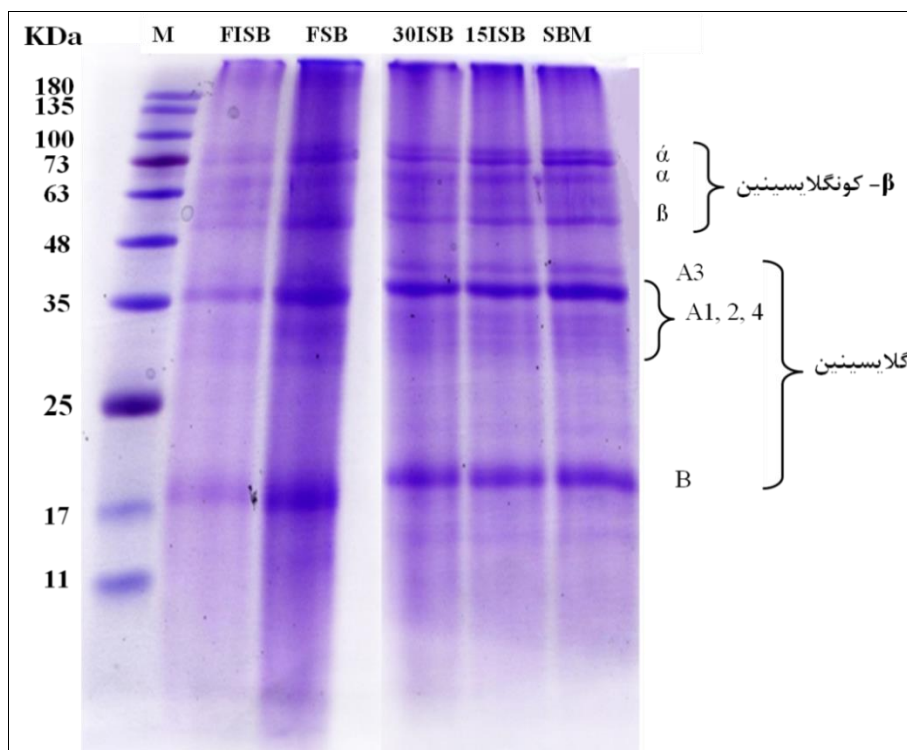
۱- شاهد (کنجاله سویای تیمار نشده)، ۱۵ ISB و ۳۰ ISB (به ترتیب کنجاله سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ و ۳۰ kGy اشعه گاما)، FISB (کنجاله سویای تخمیر شده) و IFBS (کنجاله سویای پرتودهی (با دوز ۱۵ kGy) و تخمیر شده).
 ۲- SFA اسیدهای چرب اشباع و MUFA اسیدهای چرب تک غیر اشباع.

نتایج

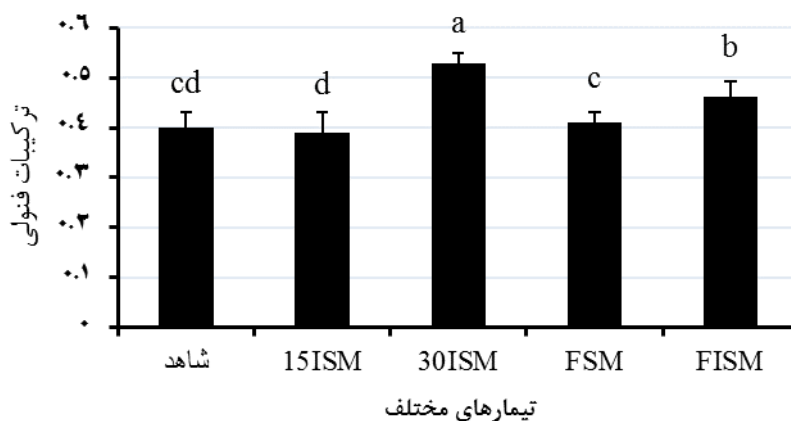
تاثیر پرتودهی و تخمیر بر کیفیت پروتئین سویا

شکل ۱ آنالیز SDS-PAGE زیر واحد پروتئینی کنجاله های سویای پرتودهی و تخمیر شده را نشان می دهد. بررسی الکتروفورزی پروتئین های کنجاله سویا نشان داد سویا اساساً از بتا-کونگلاسینین (α ، β و α_2) و گلاسینین (A1، A2، A3 و A4) تشکیل شده است. مقایسه الگوی پروتئین ها در تیمارهای پرتودهی شده و تیمار تخمیر شده نشان داد در تیمار FISB (کنجاله سویای پرتودهی و تخمیر شده با

دوز ۱۵ kGy) زیر واحد اسیدی و قلیایی گلاسینین و بتا-کونگلاسینین کاهش یافته است. نمودار ۲ میزان ترکیبات فنولی در کنجاله سویا پرتودهی و تخمیر شده را نشان می دهد. میزان این ترکیبات در کنجاله سویای پرتودهی شده با دوز ۳۰ کیلوگرمی به طور معنی داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. پایین ترین میزان این ترکیبات در تیمار پرتودهی شده با دوز ۱۵ کیلوگرمی مشاهده شد. با این حال محتوی ترکیبات فنولی کل این تیمار با کنجاله سویا شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد.



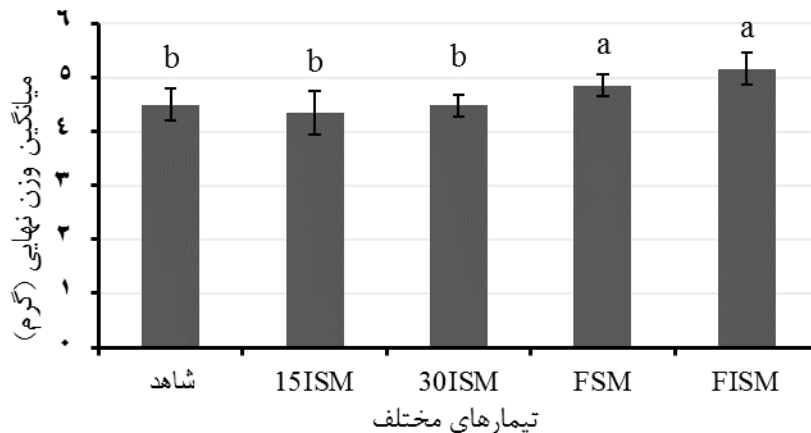
شکل ۱- الگوی الکتروفورز پروتئین‌های سویا در تیمارهای مختلف. M (مارکر)، SB (شاهد، کنجاله سویای تیمار نشده)، ۱۵ ISB و ۳۰ ISB (به ترتیب کنجاله سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ و ۳۰ kGy اشعه گاما)، FSB (کنجاله سویای تخمیر شده) و IFSB (کنجاله سویای تخمیر شده و پرتودهی شده با دوز ۱۵ kGy).



شکل ۲- اثر پرتو گاما و تخمیر بر میزان تربکیبات فنولی کل کنجاله سویای مورد استفاده جهت تغذیه بچه ماهیان آزاد دریای خزر.

بالاتر است ($P < 0.05$). با این حال این شاخص در تیمارهای تغذیه شده با کنجاله سویا پرتودهی شده با دوز ۱۵ و ۳۰ کیلوگرمی اختلاف معنی‌داری تیمارهای تغذیه شده با جیره شاهد نشان ندادند ($P > 0.05$).

در طی این مطالعه هیچگونه مرگ و میری مشاهده نشد و میزان بازماندگی در همه تیمارها ۱۰۰ درصد بود. مقایسه میانگین وزن بچه ماهیان نشان داد میانگین وزن نهایی گروه های تغذیه شده با جیره‌های حاوی کنجاله سویا تخمیر شده و کنجاله سویا پرتودهی و تخمیر شده به طور معنی‌داری



شکل ۳- میانگین وزن نهایی بچه ماهیان آزاد دریای خزر تغذیه شده با جیره‌های حاوی سویای فرآوری شده با روش‌های مختلف.

ماهیان ابتدای آزمایش ۱۳/۴۳ و در بچه ماهیان تغذیه شده با جیره FISB به ۲۵/۵۷ درصد رسید. میزان دو اسید چرب بلند زنجیره غیر اشباع ایکوزاپنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA) نیز در مقایسه با ابتدای آزمایش به طور چشمگیری افزایش یافت.

مقایسه اسیدهای چرب در بین تیمارهای مختلف نشان داد هیچکدام از اسیدهای چرب تغییرات معنی‌داری ندارند ($P > 0.05$)، با این حال میزان اسید آراشیدونیک در بچه ماهیان تغذیه شده با تیمار شاهد و کنجاله سویای تیمار شده با دوز ۱۵ kGy اشعه گاما بالاتر بود. پایین‌ترین میزان دوکوزاهگزانوئیک اسید در تیمار ISB ۳۰ مشاهده شد. مجموع اسیدهای چرب اشباع، تک غیر اشباع، امگا ۳ و امگا ۶ نیز تغییرات معنی‌داری نشان ندادند. با این حال، مجموع اسیدهای چرب امگا ۶ در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های تخمیر شده اندکی بالاتر به دست آمد که عمدتاً به دلیل بالاتر بودن میزان لینولئیک اسید بود (شکل ۴).

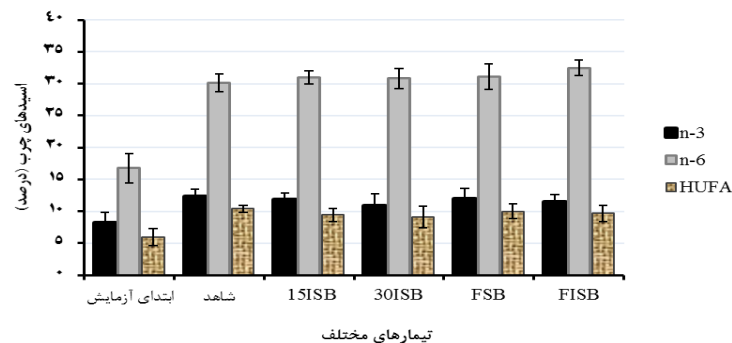
ترکیب اسیدهای چرب

ترکیب اسیدهای بدن بچه ماهیان آزاد دریای خزر در شروع و پایان آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. مقایسه اسیدهای چرب نشان داد ترکیب اسیدهای چرب بچه ماهیان تحت تاثیر اسیدهای چرب جیره‌های مورد استفاده قرار گرفته است. در بین اسیدهای چرب اشباع، پالمیتیک اسید و مارگاریک اسید نسبت به شروع دوره افزایش یافت، در حالی که میزان مجموع این اسیدهای چرب ($\sum SFA$) تغییرات چندانی نشان نداد. در خصوص اسیدهای چرب تک غیر اشباع، میزان اسید چرب پالمیتوئیک در برخی از تیمارها تا حدود ۵۰ درصد کاهش یافت، در حالی که اسید چرب ۱۸ کربنه اولئیک دیگر اسید چرب ۲۰ کربنه ایکوزانوئیک تغییر چندانی نشان ندادند. در بین اسیدهای چرب امگا ۶، اسیدهای چرب لینولئیک اسید، گاما لینولئیک اسید و آراشیدونیک اسید (ARA) به طور قابل توجهی افزایش یافتند، بطوری که میزان لینولئیک اسید در بچه

جدول ۲- ترکیب اسیدهای چرب (درصد) بدن بچه ماهی آزاد دریای خزر تغذیه شده با تیمارهای مختلف.

تیمارهای مختلف ^۱						اسیدهای چرب (درصد)
FISB	FSB	۳۰ ISB	۱۵ ISB	شاهد	شروع آزمایش	
۱/۹۹	۱/۹۲	۲/۰۰	۲/۰۷	۲/۰	۲/۰۹	C14:0
۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۶	C15:0
۱۴/۱۳	۱۵/۱۹	۱۴/۰۵	۱۵/۱۳	۱۴/۸۱	۱۲/۶۸	C16:0
۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۳۸	C16:1
۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۲۳	C17:0
۳/۸۹	۴/۰۹	۳/۸	۴/۱	۴/۰	۳/۴۹	C18:0
۲۶/۶۰	۲۵/۵۹	۲۵/۶۸	۲۵/۹۴	۲۶/۰۳	۲۷/۹۱	C18:1n-9
۲۵/۵۷	۲۴/۴۶	۲۴/۲۳	۲۳/۸۸	۲۳/۶۶	۱۳/۴۳	C18:2n-6
۴/۱۶	۳/۹۶	۳/۷۶	۴/۰۲	۳/۴۱	۱/۷۲	C18:3n-6
۲/۷۶	۲/۸۷	۲/۹۳	۳/۲۵	۲/۹۷	۲/۷۴	C18:3n-3
۱/۰۴	۰/۹۳	۱/۱۱	۰/۸۸	۱/۰۰	۰/۴۹	C20:3n-6
۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۹	۰/۲۶	C20:3n-3
۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۳۰	C20:3n-6
۱/۶۹	۱/۷۱	۱/۷۲	۲/۲۳	۲/۰۴	۱/۱۴	C20:5n-3
۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۶۶	C20:4n-6
۷/۳۵	۷/۷۶	۶/۷۵	۷/۲۲	۸/۰۴	۴/۵۵	C22:6n-3
۲۱/۰۰	۲۲/۲۷	۲۱/۰۲	۲۲/۳۱	۲۲/۰۳	۱۹/۴۰	∑ SFA
۲۷/۴۰	۲۶/۳۱	۲۸/۶۱	۲۶/۶۶	۲۶/۷۱	۲۶/۹۹	∑ MUFA
۱۱/۴۱	۱۱/۹۳	۱۰/۹۱	۱۱/۷۹	۱۲/۳۷	۸/۲۲	n-3
۳۲/۴۷	۳۱/۰۸	۳۰/۸۳	۳۱/۰۱	۳۰/۱۲	۱۶/۷۷	n-6
۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۴	EPA/DHA
۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۳	n-3/n-6

۱- شاهد (کنجاله سویای تیمار نشده)، ۱۵ ISB و ۳۰ ISB (به ترتیب کنجاله سویای تیمار شده با دوزهای ۱۵ و ۳۰ kGy اشعه گاما)، FISB (کنجاله سویای تخمیر شده) و IFSB (کنجاله سویای پرتو دهی با دوز ۱۵ kGy و تخمیر شده).
 ۲- SFA اسیدهای چرب اشباع و MUFA اسیدهای چرب تک غیر اشباع.



شکل ۴- مجموع اسیدهای چرب HUFA، امگا ۳ (n-3) و امگا ۶ (n-6) بدن بچه ماهی آزاد دریای خزر تغذیه شده با تیمارهای مختلف.

بحث

کل جیره اندازه‌گیری شده در این بررسی بین ۰/۳۹ تا ۰/۵۳ به دست آمد که نسبت به میزان گزارش شده برای بروز اثرات منفی در مطالعات قبلی بسیار پایین‌تر است.

مطالعات زیادی در زمینه استفاده از کنجاله سویا به عنوان جایگزین پودر ماهی در جیره ماهیان گوشتخوار انجام شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد گونه‌های مختلف ماهیان گوشتخوار تنوع زیادی در استفاده از این ماده دارند، اما بطور کلی جایگزینی میزان بالای این پروتئین گیاهی موجب کاهش بازده غذایی، عملکرد رشد و ضریب تبدیل مواد مغذی می‌گردد (Tacon et al. 1983; Watanabe et al. 1992; Robaina et al. 1995, Krogdahl et al. 2003). این اثرات نامطلوب عمدتاً به دلیل حضور عوامل ضدتغذیه‌ای متعددی مثل مهار کننده‌های آنزیم‌های تریپسین، کیموتریپسین و آلفا-آمیلاز، لکتین و فیتات‌ها در سویا می‌باشد (Siddhuraju and Becker, 2001).

تغذیه بچه ماهیان آزاد دریای خزر با جیره‌های حاوی ۵۰ درصد سویا پرتوده‌ی یا تخمیر شده نشان داد میانگین وزن نهایی گروه تغذیه شده با کنجاله سویای پرتوده‌ی و تخمیر شده (FISB) نسبت به سایر تیمارها بالاتر است. با این حال میانگین وزن نهایی دو گروه تغذیه شده با جیره‌های FSB و FISB به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها بالاتر به دست آمد. بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از کنجاله سویا تخمیر شده به عنوان یک منبع پروتئینی در جیره ماهی موجب افزایش عملکرد رشد ماهی می‌گردد (Refstie et al. 2005; Yamamoto et al. 2010; Rombenso et al. 2013). این افزایش عملکرد رشد می‌تواند به دلیل بهبود کیفیت مواد مغذی یا افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و کاهش عوامل ضدتغذیه‌ای کنجاله سویا در اثر فرآیند تخمیر باشد (Hong et al. 2004). Refstie و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تخمیر اسید لاکتیکی می‌تواند عوامل ضدتغذیه‌ای کنجاله سویا را حذف و باعث بهبود قابلیت هضم پروتئین، چربی و کربوهیدرات جیره برای قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) شود. علاوه بر این، Yamamoto و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که ارزش غذایی کنجاله سویا وابسته به شرایط تخمیر است و پودر ماهی جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان را می‌توان به طور کامل با کنجاله سویایی که به خوبی تخمیر شده است، جایگزین کرد.

اگر چه برخی از مواد گیاهی حاوی مقادیر قابل توجهی پروتئین، کربوهیدرات و سایر مواد مغذی هستند، با این وجود قابلیت دسترسی زیستی آنها توسط حیوانات نسبتاً کم است. این موضوع عمدتاً به دلیل وجود میزان بالای مواد ضدمغذی در این ترکیبات می‌باشد. روش‌هایی که در حال حاضر برای غیر فعال کردن و حذف کامل این مواد ضدتغذیه‌ای بکار گرفته می‌شوند نسبتاً بی اثر است. استفاده از پرتوهای یونیزان می‌تواند به عنوان یک روش جدید برای غیر فعال سازی و یا حذف عوامل ضد تغذیه‌ای بکار برده شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد تابش اشعه گاما می‌تواند برخی از عوامل ضد تغذیه‌ای در ترکیبات گیاهی را غیر فعال سازد (Kumar et al. 2011). در حال حاضر، این نوع پرتوده‌ی برای از بین بردن آلودگی‌های مواد غذایی با هدف کشتن باکتری‌ها، حشرات و دیگر عوامل بیماری‌زای مواد غذایی و افزایش ماندگاری مواد غذایی تازه و خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Molins, 2001). نتایج مطالعه حاضر نشان داد استفاده از پرتوی گاما در دوزهای ۱۵ و ۳۰ کیلوگرمی تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین و چربی کنجاله سویا ندارد. این مسئله نشان می‌دهد در صورتی که این روش قادر به کاهش یا حذف فاکتورهای ضد تغذیه‌ای کنجاله سویا باشد می‌تواند به عنوان یک رویکرد جدید مورد استفاده قرار گیرد. نتایج سایر مطالعات نیز نشان می‌دهند استفاده از پرتوی گاما هیچ تاثیری بر ترکیبات شیمیایی جیره (ماده خشک، رطوبت، خاکستر، پروتئین خام، چربی خام و فیبر خام) ندارد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (El-Niely, 1996; Farag, 1998).

در این مطالعه، میزان ترکیبات فنولی در کنجاله سویای پرتوده‌ی شده با دوز ۳۰ کیلوگرمی به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بالاتر بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد ترکیبات فنولی موجود در گیاهانی مثل *Mucuna pruriens*، *Vicia faba* و *Moringa oleifera* با کاهش قابلیت هضم پروتئین و دسترسی اسیدهای آمینه از طریق ایجاد کمپلکس فنل- پروتئین و یا فنول- پروتئین- آنزیم موجب اختلال در عملکرد رشد و تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Siddhuraju and Becker, 2001) و تیلاپپای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Azaza et al. 2009) می‌گردد. میزان ترکیبات فنولی

تاثیری بر ترکیب اسیدهای چرب و محتوای اسیدهای چرب ترانس چربی استخراج شده از سویا ندارد که با یافته‌های این بررسی همخوانی دارد.

سنجش اسیدهای چرب بدن ماهیان در پایان آزمایش نشان داد ترکیب اسیدهای چرب بچه ماهیان تحت تاثیر اسیدهای چرب جیره‌های مورد استفاده قرار گرفته است. بررسی‌های انجام شده در زمینه تاثیر ترکیب چربی جیره بر بدن نشان می‌دهد هر دو عامل نوع و میزان چربی موجود در جیره تاثیر چشمگیری بر متابولیسم اسیدهای چرب دارد (Tocher et al. 2003). میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره آراشیدونیک اسید، ایکوزاپنتانویک اسید و دوکوزاهگزانویک اسید و همچنین مجموع اسیدهای چرب HUFA نسبت به جیره‌های آزمایشی بالاتر بود. این افزایش می‌تواند نشان دهنده اهمیت این اسیدهای چرب به عنوان اسیدهای چرب ضروری در این گونه باشد. ذخیره و نگهداری اسید چرب ضروری بلند زنجیره در بسیاری از گونه‌های ماهی مانند آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (Bell et al. 2001) و قزل‌آلای رنگین کمان (Caballero et al. 2002) نیز گزارش شده است. Bell و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند تمایل بالای آنزیم fatty acyl transferases برای اسیدهای چرب بلند زنجیره مثل DHA و همچنین استفاده اندک از اسید چرب به منظور تامین انرژی (بتا اکسیداسیون) می‌تواند از دلایل افزایش میزان این اسیدهای چرب در بدن ماهیان باشد. علاوه بر این، افزایش اسیدهای چرب می‌تواند به دلیل طویل‌سازی^۱ و غیر اشباع سازی^۲ اسیدهای چرب در این گونه باشد. محققین بسیاری توانایی ماهیان آب شیرین از جمله آزاد ماهیان تغذیه شده با روغن‌های گیاهی مختلف را برای تبدیل اسیدهای چرب ۱۸ کربنه امگا ۳ و امگا ۶ (C18:3n-3 و C18:2n-6) به اسیدهای چرب ۲۰ و ۲۲ کربنه (ARA، EPA، DHA) گزارش کرده‌اند (Sargent et al. 1999; Bell et al. 2001).

نتایج این بررسی نشان داد پرتودهی با استفاده از اشعه گاما و تخمیر هیچگونه تاثیر منفی بر کیفیت پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب کنجاله سویا ندارد. بچه ماهیان آزاد تغذیه شده با کنجاله سویا فرآوری شده با ترکیبی از دو روش تخمیر و پرتودهی شده عملکرد رشد بهتری نشان دادند.

در این بررسی وزن نهایی بچه ماهیان تغذیه شده با تیمارهای پرتودهی شده (۱۵ ISB و ۳۰ ISB) اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند. با این وجود، در بین دو تیمار تخمیر شده، بچه ماهیانی که با تیمار FISB تغذیه شده بودند وزن نهایی بالاتری داشتند. برخلاف نتایج مطالعه حاضر، Zhang و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند پرتودهی کنجاله سویا با دوز ۱۰۰ کیلوگرمی می‌تواند موجب بهبود عملکرد رشد ماهی باس دریایی ژاپنی گردد و با این روش میزان پروتئین سویا را در جیره افزایش داد. این اختلاف ممکن است به علت تفاوت در محتوای اسید آمینه‌های ضروری منابع پروتئینی، فرمولاسیون جیره‌ها و اختلاف در گونه‌های ماهی مورد مطالعه باشد. علاوه بر این، در این مطالعه، دوزهای پرتودهی مورد استفاده (۱۵ و ۳۰ کیلوگرمی) بطور قابل توجهی پایین‌تر از آزمایش ذکر شده (۱۰۰ kGy) بود. از سوی دیگر، بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد استفاده از چند روش فرآوری در کاهش یا حذف مواد ضد مغذی موثرتر است (Siddhuraju et al. 2002). پرتوی گاما می‌تواند برخی از مواد ضد تغذیه‌ای موجود در ترکیبات گیاهی را غیر فعال سازد (De Toledo et al. 2007; Dixit et al. 2011). علاوه بر این، تابش گاما می‌تواند قابلیت هضم مواد در گیاهی در حیواناتی مانند خوک (DeRouchey et al. 2003) و نشخوارکنندگان (Ghanbari et al. 2012) بهبود بخشد. Thongprajukaew و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند استفاده از جیره حاوی ۲۰۰ گرم در کیلوگرم سویای پرتودهی شده می‌تواند موجب بهبود رشد ماهی جنگجوی سیامی (*Betta splendens*) گردد.

مقایسه اسیدهای چرب جیره‌های مختلف مورد استفاده در این آزمایش نشان داد پرتودهی با استفاده از اشعه گاما و همچنین تخمیر یا ترکیبی از این دو روش تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر ترکیب اسیدهای چرب کنجاله سویا ندارد. Dixit و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند استفاده از پرتوی گاما موجب کاهش لیپوکسیژناز، بازدارنده تریپسین و خانواده رافینوز الیگوساکاریدها می‌گردد. با این حال، ویژگی‌های تغذیه‌ای از جمله ترکیب اسیدهای چرب و میزان توکوفرول سویا پس از قرار گرفتن در معرض اشعه گاما ثابت باقی ماند. همچنین به طور مشابه‌ای، Byun و همکاران (۱۹۹۶) نیز نشان دادند استفاده از پرتوی گاما (۱۰-۰ kGy) هیچ

۱ - Elongation

۲ - Desaturation

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از پژوهشکده کشاورزی، پزشکی و صنعتی هسته‌ای کشور به دلیل همکاری و در اختیار قرار دادن تجهیزات لازم برای انجام این آزمایش قدردانی می‌نمایند. همچنین از سرکار خانم سیده فاطمه هاشمی به دلیل همکاری در انجام سنجش‌های آزمایشگاهی سپاسگزاریم.

استفاده از پرتوی گاما می‌تواند به عنوان رویکردی جدید برای کاهش مواد ضد مغذی کنجاله سویا مورد استفاده قرار گیرد. با وجود اینکه در این بررسی فقط ترکیبات کل فنولی به عنوان مواد ضد مغذی کنجاله سویا سنجیده شد اما می‌توان گفت استفاده از این اشعه تاثیر منفی بر کیفیت پروتئین و چربی کنجاله سویا ندارد. نتیجه‌گیری بهتر در خصوص استفاده از پرتو دهی نیازمند انجام مطالعات جامع‌تر و با در نظر گرفتن سایر فاکتورهای تغذیه‌ای و فیزیولوژیک مثل فعالیت آنزیم‌های گوارشی می‌باشد.

منابع

- Abedian Kenari, A., Sotoudeh, E., Rezaei, M.H. 2011. Dietary soybean phosphatidylcholine affects growth performance and lipolytic enzyme activity in Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) alevin. *Aquaculture Research* 42: 655-663.
- AOAC, 1995. Animal feed; fish and other marine products; oil and fats. In: Cunniff, P. (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed. AOAC International, Arlington, VA, USA.
- Azaza, M.S., Wassim, K., Mensi, F., Abdelmouleh, A., Brini, B., Kraem, M.M. 2009. Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 287: 174-179.
- Bell, M., Dick, J.R., Porter, E. 2001. Biosynthesis and tissue deposition of docosahexaenoic acid (22:6n-3) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Lipids* 36: 1153-1159.
- Boonyaratpalin, M., Suraneiranat, P., Tunpibal, T. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 161: 67-78.
- Byun, M.W., Kang, I.J., Kwon, J.H., Hayashi, Y., Mori, T. 1996. Physicochemical properties of soybean oil extracted from g-irradiated soybeans. *Radiation Physics and Chemistry* 47: 301-304.
- Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., Kjørsvik, E., Montero, D., Socorro, J., Fernández, A.J., Rosenlund, G. 2003: Morphological aspects of intestinal cells from gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed diets containing different lipid sources. *Aquaculture* 225: 325-340.
- Choi, S.M., Wang, X., Park, G.J., Lim, S.R., Kim, K.W., Bai, S.C., Sin, I.S. 2004. Dietary dehulled soybean meal as a replacement for fish meal in fingerling and growing olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquaculture Research* 35: 410-418.
- DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Dritz, S.S., Woodworth, J.C., James, B.W., Real, D.E. 2003. Effect of irradiation of individual feed ingredients and the complete diet on nursery pig performance. *Journal of Animal Science* 81: 1799-1805.
- Dixit, A.K., Kumar, V., Rani, A., Manjaya, J.G., Bhatnagar, D. 2011. Effect of gamma irradiation on lipoxigenases, trypsin inhibitor, raffinose family oligosaccharides and nutritional factors of different seed coat colored soybean (*Glycine max* L.). *Radiation Physics and Chemistry* 80: 597-603.
- De Toledo, T.C.F., Canniatti-Brazaca, S.G., Arthur, V., Piedade, S.M.S. 2007. Effects of gamma radiation on total phenolics, trypsin and tannin inhibitors in soybean

- grains. *Radiation Physics and Chemistry* 76: 1653-1656.
- Egounlety, M., Aworh, O.C. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering* 56: 249-254.
- El-Niely, H.F.G. 1996. Chemical constituents and digestibility of broad beans subjected to irradiation treatment. MSc thesis, Women's College, Ain Shams University, Cairo, Egypt.
- Farag, M.D.E.H. 1998. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. *Animal Feed Science and Technology* 73: 319-328.
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-507.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), 2009. The State of World Fisheries and Aquaculture 2008 (SOFIA). FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome.
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture* 199: 197-227.
- Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E.J., Hu, G.S., Krogdahl, Å., Nelson, R., Overturf, K., Rust, M., Sealey, W., Skonberg, D., Souza, E.J., Stone, D., Wilson, R., Wurtele, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research* 38: 551-579.
- Ghanbari, F., Ghoorchi, T., Shawrang, P., Mansouri, H., Torbati-Nejad, N.M. 2012. Comparison of electron beam and gamma ray irradiations effects on ruminal crude protein and amino acid degradation kinetics, and in vitro digestibility of cottonseed meal. *Radiation Physics and Chemistry* 81: 672-678.
- Hong, K.J., Lee, C.H., Kim, S.W. 2004. *Aspergillus oryzae* GB-107 fermentation improves nutritional quality of food soybeans and feed soybean meals. *Journal of Medicinal Food* 7: 430-435.
- Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A.M., Baeverfjord, G. 2003. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Nutrition* 9: 361-371.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature (Lond.)* 227: 680-685.
- McGoogan, B.B., Gatlin, D.M. 1997. Effects of replacing fish meal with soybean meal in diets for red drum (*Sciaenops ocellatus*) and potential for palatability enhancement. *Journal of the World Aquaculture Society* 28: 374-385.
- Molins, R.A. 2001. Food irradiation: principles and applications. John Wiley & Sons, New York.
- Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliot, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldburg, R.J., Hua, K., Nichols, P.D. 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106: 15103-15110.
- Refstie, S., Sahlström, S., Bråthen, E., Baeverfjord, G., Krogedal, P. 2005. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 246: 331-345.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., Fernandez-Palacios, H. 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus*

- aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture* 130: 219-233.
- Rombenso, A., Crouse, C., Trushenski, J. 2013. Comparison of traditional and fermented soybean meals as alternatives to fish meal in hybrid striped bass feeds. *North American Journal of Aquaculture* 75: 197-204.
- Sargent, J.R., McEvoy, L.A., Estevez, A., Bell, J.G., Bell, M.V., Henderson, R.J., Tocher, D. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179: 217-229.
- Shapawi, R., Ng W.K., Mustafa, S. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. *Aquaculture* 273: 118-126.
- Siddhuraju, P., Becker, K. 2001. Preliminary nutritional evaluation of *Mucuna* seed meal (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) in common carp (*Cyprinus carpio* L.): An assessment by growth performance and feed utilisation. *Aquaculture* 196: 105-123.
- Tacon, A.G.J., Haaster, J.V., Featherstone, P.B., Kerr, K., Jackson, A.J. 1983. Studies on the utilization of full-fat and solvent extracted soybean meal in a complete diet for rainbow trout. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish* 49: 1437-1443.
- Tacon, A.G.J., Metian, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285: 146-158.
- Tantikitti, C., Sangpong, W., Chiavareesajja, S. 2005. Effects of defatted soybean protein levels on growth performance and nitrogen and phosphorus excretion in Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture* 248: 41-50.
- Thongprajukaew, K., Kovitvadhi, U., Kovitvadhi, S., Somsueb, P., Rungruangsak-Torrissen, K. 2011. Effects of different modified diets on growth, digestive enzyme activities and muscle compositions in juvenile Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Aquaculture* 322-323: 1-9.
- Tocher, D.R., Bell, J.G., Dick, J.R., Crampton, V.O. 2003. Effects of dietary vegetable oil on Atlantic salmon hepatocyte fatty acid desaturation and liver fatty acid compositions. *Lipids* 38: 723-732.
- Watanabe, T., Viyakarn, V., Kimura, H., Ogawa, K., Okamoto, N., Iso, N. 1992. Utilization of soybean meal as a protein source in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58: 1761-1774.
- Yamamoto, T., Iwashita, Y., Matsunari, H., Sugita, T., Furuita, H., Akimoto, A., Okamatsu, K., Suzuki, N. 2010. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 309: 173-180.

Changes in final weight, survival and fatty acids composition of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*) fed gamma-irradiated and fermented soybean meal

Ebrahim Sotoudeh^{1*}, Jamshid Amiri Moghaddm², Gholam Reza Shahoseini³, Dara Bagheri¹

1- Fisheries Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Boushehr, Iran

2- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

3- Nuclear Science and Technology Research Institute, Nuclear Agriculture Research School, Karaj, Alborz, Iran

Received 27 March 2016; accepted 14 October 2016

Abstract

This study aimed to evaluate the effects of replacing fish meal with gamma-irradiated and fermented, or a combination of irradiation and fermentation soybean meal on average final weight, survival and fatty acid composition of Caspian brown trout (*Salmo trutta caspius*). For this purpose, soybean meal was treated using the above methods, and then the quality of protein (SDS-PAGE electrophoresis) and total phenolic compounds was evaluated. Fish meal was replaced by soybean meal in 5 diets, including untreated (control), treated with doses of 15 (15ISB) and 30 kGy (30ISB) gamma rays, fermented (with *Saccharomyces cerevisiae*) (FSB) and irradiated (at a dose of 15 kGy) and fermented (IFSB) soybean meal. Caspian brown trout with average weight of 2.1 ± 0.3 g were fed 5 dietary treatments (3 replicates) using a completely randomized design for 10 weeks. Comparison of proteins in different treatments showed that acidic subunit of the glycinin and β -conglycinin reduced in FISB (irradiated at a dose of 15 kGy and fermented soybean meal). At the end of the experiment, survival rate was 100% in all treatments. The average final weight of fish fed FSB and IFSB diets were significantly higher than the other groups ($P < 0.05$). The present study reveals that Caspian brown trout fed with soybean meal processed with a combination of gamma irradiation and fermentation have better growth performance and gamma rays can be used as a new approach to reducing soybean meal antinutritious.

Keywords: Plant protein, Antinutrients, Fermentation, Gamma irradiation, *Salmo trutta caspius*

*Corresponding author: E.sotoudeh@yahoo.com