تعیین قابلیت هضم ظاهری اجزای متداول مورد استفاده در ساخت خوراک فیلماهی (*Huso huso*) جوان

میرحامد سیدحسنی[۱]، میرمسعود سجادی*[۱]، بهرام فلاحتکار[۱]، ایوب یوسفی[۲]
*mmsajjadi@hotmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.
۲- موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۸

چکیده

قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی منابع پودر ماهی (پودر ماهی کیلکا، بچ، جنوب و ترکیبی)، برخی از منابع جانوری (آرد ضایعات مرغ، آرد گوشت و استخوان و آرد خون)، منابع گیاهی با مقدار پروتئین زیاد (آرد گلوتن گندم و ذرت) و منابع گیاهی با مقدار پروتئین کم (آرد گندم، آرد ذرت، آرد کانولا، سویای فرآوری شده و کنجاله سویا) در فیلماهی جوان با میانگین وزن۲۳/۳۵ ± ۱۶۰/۴۲ گرم مورد بررسی قرار گرفت. جیره‌های آزمایشی بر اساس۷۰ درصد محتوای اجزای غذایی جیره پایه و افزودن جزء غذایی آزمایش‌شونده به میزان ۳۰ درصد فرموله شدند. به تمامی جیره‌ها یک درصد اکسید کروم به عنوان نشانگر غیر مستقیم اضافه شد. ماهیان به مدت ۸ هفته در تانک‌های ۵۰۰ لیتری فایبرگلاس پرورش و دو بار در روز تا حد سیری تغذیه گردیدند. جمع‌آوری مدفوع نیم تا یک ساعت پس از تغذیه از طریق سیفون مدفوع در کف تانک صورت گرفت. نتایج نشان داد پودر ماهی کیلکا دارای بیشترین قابلیت هضم پروتئین بود (۹۴ درصد)، اما اختلاف معنی‌دار آماری در قابلیت هضم پودر ماهی بچ، جنوب و ترکیبی (۹۳-۸۹ درصد) با گلوتن گندم و ذرت (۹۴-۸۹ درصد)، سویای فرآوری‌شده و کنجاله سویا (۸۷-۸۲ درصد) و آرد ضایعات مرغ (۸۱ درصد) مشاهده نشد ($P>0.05$). بیشترین قابلیت هضم چربی متعلق به پودر ماهی بچ بود (۹۲ درصد) و بعد از آن پودر ماهی کیلکا (۹۱ درصد)، پودر ماهی جنوب (۹۰ درصد)، پودر ماهی ترکیبی (۸۹ درصد) و آرد ضایعات مرغ (۸۳ درصد) قرار داشتند ($P<0.05$). مطالعه حاضر نشان داد که منابع گیاهی فرآوری شده قابلیت هضمی همانند آرد ماهی دارند، هر چند که می‌توان آرد ضایعات مرغ و کنجاله سویا را به عنوان جایگزین احتمالی آرد ماهی جهت فرمولاسیون جیره اقتصادی فیلماهی در نظر گرفت.

لغات کلیدی: فیلماهی، جیره رفرنس، آرد ماهی، منابع گیاهی، منابع جانوری، قابلیت هضم

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

مقدمه

آرد ماهی به عنوان یک منبع پروتئین اصلی در غذای ماهیان خاویاری استفاده می‌شود (محسنی و ملک پور، ۱۳۹۶). در گذشته تولید آرد ماهی از ماهیان پلاژیک دریایی به منظور تولید غذای آبزیان امری اقتصادی بود، اما رشد سریع صنایع آبزی‌پروری، افزایش تولید خوراک ابزیان (ولی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷) منجر به افزایش بهای پودر ماهی و کاهش آن در جیره غذایی آبزیان گردید (Naylor *et al*., 2009). در این وضعیت محققین تغذیه جایگزین نمودن منابع در دسترس محلی با هزینه پایین‌تر به جای پودر ماهی در جیره غذایی آبزیان را به عنوان یک استراتژی بلندمدت توصیه (Yun *et al*., 2014) و پیش‌بینی می‌کنند که در آینده جیره اقتصادی ماهیان دارای طیف گسترده‌تری از اجزاء غذایی جایگزین پودر ماهی نظیر آرد و کنسانتره پروتئین سویا (Refstie *et al*., 1999)، آرد و کنسانتره پروتئین کانولا (Glencross *et al*., 2003)، گلوتن گندم و ذرت (Menghe *et al*., 2012)، ضایعات حیوانی (Williams *et al*., 2003)، آرد خون (Allan *et al*., 1999) و آرد ضایعات مرغ (Nengas *et al*., 1999) خواهد بود. جایگزینی بسیاری از این اقلام غذایی به جای پودر ماهی امری مشکل و پیچیده است و در درجه اول نیاز به دارا بودن اطلاعات کافی در مورد خوش‌خوراکی و تعیین قابلیت هضم دارد. بهترین جیره غذایی آبزیان الزاماً از بهترین و گرانترین اجزاء غذایی تشکیل نمی‌شود، بلکه جیره‌ای متناسب و اقتصادی از اجزاء غذایی تشکیل شده است که آبزی در بیشترین حد ممکن قادر به هضم و جذب آن باشد (Glencross *et al*., 2007). در این راستا، قابلیت هضم و قابلیت متابولیزه شدن مواد مغذی کلید اندازه‌گیری ارزش غذایی یک ماده غذایی است (Ginindza, 2011). علاوه بر این، بسیاری از اطلاعات پایه مربوط به قابلیت هضم منابع پروتئین در ماهیان نه تنها پیش‌نیازی جهت افزایش دقت در فرمولاسیون غذا، بلکه تنظیم کننده میزان ضایعات خروجی از محیط پرورش نیز محسوب می‌شوند (Zhou *et al*., 2004).

چون تاس‌ماهیان دارای دهان تحتانی، چرنده در کف هستند و نیاز به مخازن افقی و سطحی صاف دارند (Medale *et al*., 1995) استفاده از سیستم جمع‌آوری مدفوع از طریق اضافه کردن شیب تند در مخازن به منظور تجمع مدفوع یا استفاده از لوله‌های شاغولی (Lovell, 1989) کاربرد زیادی ندارد. بنابراین، تعیین قابلیت هضم در گونه‌های ماهیان خاویاری از طریق جمع‌آوری مدفوع به روش collection همواره با مشکل روبرو بوده است. از سوی دیگر، اگرچه مطالعاتی توسط Safari و همکاران (۲۰۱۴) در فیلماهی پیش‌مولد و Liu و همکاران (۲۰۰۸) در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) در خصوص تعیین قابلیت هضم ظاهری منابع پروتئینی گیاهی و جانوری صورت گرفته است، ولی در کل اطلاعات مربوط به قابلیت هضم منابع غذایی در تاسماهیان محدود است (Medale *et al*., 1995) و تاکنون آزمایشی در خصوص بررسی قابلیت هضم منابع پروتئین جانوری و گیاهی در فیلماهی جوان صورت نگرفته است. از اینرو، آزمایش کنونی به‌منظور بررسی تعیین ضریب قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی چهار نوع آرد ماهی تولیدی در نوار ساحلی دریای خزر (پودر ماهی کیلکای آنچووی، پودر ماهی ترکیبی، پودر ماهی بچ و پودر ماهی جنوب) و برخی از منابع پروتئین جانوری (آرد ضایعات مرغ، آرد گوشت و استخوان و آرد خون)، منابع پروتئین گیاهی با مقدار پروتئین کم (سویای فرآوری‌شده، کنجاله سویا، آرد ذرت، آرد کانولا) و منابع پروتئین گیاهی با مقدار پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) به عنوان ترکیبات معمول مورد استفاده در ساخت خوراک ماهیان خاویاری از طریق روش جمع‌آوری مدفوع ته‌نشین شده انجام شد تا پتانسیل قابلیت هضم و میزان استفاده آنها در فرمولاسیون جیره اقتصادی فیلماهی مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

تهیه اقلام غذایی، ساخت جیره رفرنس و جیره‌های آزمایشی

ترکیب شیمیایی اقلام غذایی مشخص گردید (جدول ۱).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

جدول ۱: ترکیب شیمیایی اجزای غذایی (n=۲، میانگین ± SE) (درصد/ ماده خشک)[۱]

Table1: Chemical composition of ingrident (n = 2, mean± SE) (percentage / dry matter).

ماده مغذی	(درصد) ماده خشک	پروتئین خام (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)
آرد ماهی کیلکا [۲]	۹۴/۴۸±۲/۵	۷۲/۱۱±۱/۵	۹/۲۲±۰/۸	۱۱/۳۸±۱/۱
[۲] آرد ماهی بچ	۹۲/۶±۲/۱	۵۱/۴±۲/۱	۲۸/۴±۱/۲	۹/۳±۰/۵
آرد ماهی جنوب[۲]	۹۴/۹±۱/۸	۴۴/۱±۱/۸	۱۷/۸±۱/۱	۲۴/۵±۳/۱
آرد ماهی ترکیبی[۲]	۹۵±۲/۳	۵۲/۶±۱/۲	۱۹/۷±۲/۱	۱۱±۰/۸
آرد ضایعات مرغ[۳]	۹۰/۵±۱/۸	۵۲/۸۳±۱/۵	۱۵/۶۹±۰/۸	۲/۴±۰/۳
آرد گوشت و استخوان[۴]	۹۶/۵±۲/۳	۴۳/۳±۰/۸	۲۹/۷±۱/۵	۷/۳±۰/۵
آرد خون[۴]	۷۳/۷±۱/۵	۵۷±۱/۶	۹±۰/۸	۴/۴±۰/۱
گلوتن گندم[۵]	۹۵/۸۱±۲/۵	۷۶/۷۶±۱/۵	۱/۱۷±۰/۵	۲/۶۲±۰/۱
گلوتن ذرت[۶]	۹۳/۰۷±۱/۵	۶۲/۱±۱/۳۶	۱/۴۶±۰/۳	۲/۷±۰/۳
آرد گندم[۷]	۹۱/۰۳±۱/۴	۱۱/۳±۰/۵	۰/۸۹±۰/۳	۰/۷۵±۰/۱
آرد ذرت[۷]	۹۶/۱۵±۲/۱	۷/۴۶±۰/۵	۲/۹۴±۰/۵	۱/۲۶±۰/۲
آرد کانولا[۸]	۹۳/۰۲±۲/۸	۳۷/۶۲±۱/۱	۰/۴۱±۰/۱	۷/۶۵±۱/۲
سویای فرآوری شده[۹]	۹۰/۵±۱/۶	۴۵/۰۸±۰/۸	۱/۴۳±۰/۵	۶/۹۸±۰/۸
کنجاله سویا[۱۰]	۹۰/۲±۱/۵	۴۳/۸±۰/۵	۱/۵۵±۰/۵	۹/۶۵±۰/۳

۱- آزمایش شده در آزمایشگاه سلامت آزمون ایرانیان، رشت.
۲- شرکت تولید آرد ماهی خزر، کیاشهر (استان گیلان).
۳- کشتارگاه کیسم، کیسم (استان گیلان).
۴- کشتارگاه صنعتی رشت، سراوان (استان گیلان).
۵- شرکت آرد زرین نشاسته، اصفهان (استان اصفهان).
۶- شرکت گلوکوزان، قزوین (استان قزوین).
۷- تولید خوراک دام اتحاد گیلان، سراوان (استان گیلان).
۸- شرکت طلای سفید گنبد، گنبد (استان گلستان).
۹- شرکت سنادام، تهران (استان تهران).
۱۰-شرکت صنعتی بهپاک، اصفهان (استان اصفهان).

جیره پایه براساس اطلاعات ارائه شده توسط محسنی و همکاران (۱۳۸۴) در خصوص تعیین نیازهای غذایی فیلماهی در دوران رشد (۴۵ درصد پروتئین، ۱۷ درصد چربی و ۱۸ مگاژول انرژی در هر کیلوگرم غذا) فرموله شد (جدول ۲). جیره‌های آزمایشی بر اساس ۷۰ درصد محتوای اجزای غذایی جیره پایه و اضافه کردن جزء غذایی آزمایش شونده به میزان ۳۰ درصد فرموله شدند. به تمامی جیره‌ها یک درصد اکسید کروم به عنوان نشانگر غیر مستقیم اضافه شد (Liu *et al.*, 2008).

تغذیه و پرورش ماهیان

تعداد ۴۵۰ عدد بچه فیلماهی با میانگین وزنی ۲۳/۲۵ ± ۱۶۰/۴۲ گرم در قالب ۱۵ تیمار بدون دارا بودن اختلاف معنی‌دار در ۴۵ تانک فایبرگلاس نیم‌تنی نیم‌تنی با ابعاد ۰/۵×۰/۵۳×۰/۷۵ متر رهاسازی شدند. ماهیان به مدت یک هفته با شرایط پرورشی در تانکهای فایبرگلاس نیم‌تنی سازگار و در این دوره منحصراً با جیره پایه تغذیه گردیدند. سپس یک هفته با جیره های آزمایشی مورد تغذیه در ساعات ۸/۰۰ صبح و ۲۲/۰۰ شب تغذیه شدند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

جدول ۲: فرمولاسیون و آنالیز تقریبی جیره رفرنس
Table 2: Formulation and proximate analysis of the reference diet

اجزای غذایی	درصد
آرد ماهی ٪۷۲	۴۶
گلوتن ذرت	۵
گلوتن گندم	۵
آرد خون	۴
آرد سویا	۴
آرد گندم	۱۳
روغن ماهی	۱۵
پرمیکس ویتامینی[۱]	۲
پرمیکس معدنی[۲]	۲
ویتامین E	۱
ویتامین C	۱
کولین کلراید[۳]	۰/۲۵
اکسیدکروم (Cr_2O_3)[۴]	۱
دی کلسیم فسفات	۰/۶
ملاس	۰/۱۵
جمع کل	**۱۰۰**
ترکیب شیمیایی	
پروتئین (٪)	۴۵/۸۷
چربی (٪)	۱۷/۴۷
فیبر (٪)	۰/۶۸
خاکستر (٪)	۶/۵
عصاره عاری از ازت (٪)	۱۹/۱۸
انرژی ناخالص(مگاژول/ کیلوگرم جیره)	۱۷/۹

۱: ترکیب پرمیکس ویتامینه: دی - ال- آلفا توکوفرول استات: ۶۰ I.U، دی- ال–کوله کلسیفرول: ۳۰۰۰ I.U، تیامین: ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ریبوفلاوین:۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پیرودوکسین: ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین B_{12}: ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک اسید: ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدفولیک: ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیداسکوربیک:۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوسیتول: ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین: ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتوتنات: ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، کولین‌کلراید: ۲۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (شرکت سیانس، تهران).

۲: ترکیب پرمیکس معدنی: (کربنات کلسیم: ۴۰ درصد یا معادل ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم: ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سیترات فریک: ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتاسیم: ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی: ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات مس: ۰/۳ گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز: ۰/۳ گرم در کیلوگرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی: ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت: ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم: ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلرید پتاسیم: ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلرید سدیم: ۰/۴ گرم در کیلوگرم (شرکت سیانس، تهران).

۳: کولین کلراید: (Choline chloride 60%)، شرکت پارت پیش‌ساز پویا، آق قلا، گرگان.

۴: اکسیدکروم: (Cr_2O_3, merk, Made in india)، شرکت Kome، تهران.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

بیست دقیقه پس از غذادهی، غذای باقیمانده جمع‌آوری (Yun *et al*., 2014) و پس از گذشت ۴۵ دقیقه تا یک ساعت از زمان تغذیه، مدفوع تازه بجا مانده در کف تانکهای فایبرگلاس (Liu *et al*., 2008) بوسیله پیپت و سیفون جمع‌آوری شد. مدفوع جمع‌شده، پس از گذراندن از کاغذ صافی در دمای انجماد به آزمایشگاه انتقال و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Catacutan *et al*., 2003).

اندازه گیری ترکیبات بیوشیمیایی خوراک و روشهای آزمایشگاهی

ماده خشک با خشک کردن در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، پروتئین خام با استفاده از دستگاه کلدال (مدل Kjeltec Auto Analyzer 1030 Tecator, Hoganäs,Sweden)، چربی خام با استفاده از دستگاه سوکسله (مدل Soxet System H.T 1043 Tecator, Höganäs, Sweden) انرژی خام با استفاده از بمب کالری‌متر (مدل Calorimeteradiabatic C-400 IKA, Heiterbeini, GMBIL,Brussels, Germany) فیبر خام (بعد از هضم با اسیدسولفوریک و سود)، اجزای غذایی جیره و مدفوع بر طبق روش استاندارد (AOAC, 2005) و عصاره عاری از ازت (NFE) با تفریق ماده خشک از مجموع مقادیر پروتئین، چربی، فیبر و خاکستر بدست آمد. میزان اکسیدکروم در جیره و مدفوع پس از تهیه ۱۵ میلی‌لیتر محلول هضم (سدیم مولیبدات، اسیدپرکلریک، اسیدسولفوریک) و هضم یک گرم نمونه آن در دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Schimadzu, UV-Vis, 2100, Kyoto, Japan) در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج، تهران) اندازه‌گیری شد. قابلیت هضم ظاهری (ADC) [1]مواد مغذی (پروتئین و چربی) و انرژی موجود در جیره رفرنس و جیره آزمایشی از معادله ذیل بدست آمد (Cho *et al*., 1982)

$$ADC = [1-(F/D \times Dcr / Fcr)]$$

F= درصد موادمغذی (پروتئین، چربی و یا انرژی) موجود در مدفوع، D = درصد موادمغذی (پروتئین و چربی) در جیره، Dcr= درصد اکسیدکروم در جیره، Fcr= درصد اکسیدکروم در مدفوع

قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی اجزای غذایی مورد آزمایش از طریق فرمول ذیل بدست آمد:

$$ADCI=ADCT+[(1-sDR/DI)] (ADCT-ADCR)$$

(Bureau *et al*., 199)

$ADCI$[2] = قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی (پروتئین، چربی و رطوبت و غیره) اجزای غذایی جیره آزمایشی، $ADCT$[3] = قدار اندازه‌گیری شده قابلیت هضم ظاهری جیره آزمایشی است که با استفاده از فرمول اول محاسبه شد. $ADCR$[4] = مقدار اندازه‌گیری شده قابلیت هضم ظاهری جیره رفرنس است که با استفاده از فرمول اول محاسبه شد. DR = درصد ماده مغذی (پروتئین، چربی و انرژی) در جیره رفرنس، DI = درصد ماده مغذی (میزان پروتئین، چربی و انرژی) در جیره آزمایشی، S = نسبت ماده غذایی آزمایش شونده در جیره آزمایشی (معمولاً ۳۰ درصد از جزء غذایی آزمایش شونده است که به جیره آزمایشی اضافه می‌شود) و s– 1= نسبت جیره رفرنس است (در این فرمول ۷۰ درصد یا ۰/۷ در نظر گرفته شد).

روش‌های آماری

نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (Kolmogorov –Smirnov) بررسی و داده‌های بدست آمده از قابلیت هضم اجزاء غذایی در نرم افزار Excel ثبت شد. برای بررسی آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS (IBM, SPSS Statistic, V. 20) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چنددامنه‌ای Tukey با خطای ۵ درصد استفاده شد.

[1] ADC= Apparent Digestibility coefficient

[2] ADCI= Apparent Digestibility coefficient Ingriedient

[3] ADCT= Apparent Digestibility coefficient test diet

[4] ADCR=Apparent Digestibility Ciffocient Refrenced diet

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

نتایج

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی اجزای غذایی در جدول ۳ ارائه شده است. قابلیت هضم ماده خشک پودر ماهی کیلکا، بچ و جنوب بالای ۹۰ درصد و پودر ماهی جنوب ۸۸ درصد بود. ماده خشک منابع جانوری قابلیت هضم کمتری داشتند (۸۴-۷۱ درصد). قابلیت هضم ماده خشک گلوتن گندم و ذرت بالای ۹۰ درصد بود. قابلیت هضم ماده خشک آرد گندم و ذرت ۸۳ درصد، آرد کانولا ۸۱ درصد، کنجاله سویا ۹۰ درصد و سویای فرآوری شده ۹۴ درصد بود. تفاوت معنی‌دار آماری در قابلیت هضم ماده خشک گلوتن گندم، گلوتن ذرت، آرد ماهی کیلکا، آرد ماهی جنوب، آرد ماهی بچ و سویای فرآوری شده مشاهده نشد ($P<0.05$)، اما قابلیت هضم ماده خشک آرد ضایعات مرغ، آرد خون، آرد گوشت و استخوان، آرد گندم، آرد ذرت و کانولا به طور معنی‌داری کمتر از اجزاء غذایی مذکور بود ($P<0.05$).

جدول۳: قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی اجزای غذایی در گونه فیلماهی از طریق جمع‌آوری مدفوع ته‌نشین شده (n=۶) (میانگین ± SE))

Table 3: Apparent digestibility of dry matter, protein, fat, and energy nutrients ingridient of in *Huso huso* via settlement fecal collection (n = 6) (mean ± SE)

اقلام غذایی	قابلیت هضم ظاهری (درصد)			
	ماده خشک	پروتئین	چربی	انرژی
آرد ماهی کیلکا	۹۶/۳۸±۰/۹^{ab}	۹۴/۹±۱/۳۵^{a}	۹۱/۳۷±۰/۹۷^{a}	۹۶/۱۹±۱/۱۴^{c}
آرد ماهی بچ	۹۰/۸۴±۱/۵۸^{abcd}	۹۳/۴۷±۲/۰۲^{ab}	۹۲/۵۳±۰/۱۰^{a}	۹۳/۳۶±۰/۶۴^{c}
آرد ماهی جنوب	۹۲/۰۷±۰/۱۸^{abc}	۹۰/۰۰±۰/۱۸^{ab}	۹۰/۲۶±۰/۷^{a}	۸۹/۶۶±۱/۸۵^{c}
آرد ماهی ترکیبی	۸۸/۸۷±۰/۶۱^{cdef}	۸۹/۴۱±۰/۸^{ab}	۸۷/۶۸±۱/۴۷^{ab}	۸۹/۸۳±۱/۴۱^{c}
آرد ضایعات مرغ	۷۷/۱۹±۱/۳۶^{hi}	۸۱/۵۴±۲/۰۱^{b}	۸۳/۶۶±۰/۳۹^{ab}	۸۸/۵۹±۰/۷۱^{c}
آرد گوشت و استخوان	۸۴/۱۲±۱/۲۲^{defg}	۶۵/۹۸±۰/۴۸^{c}	۷۴/۶۲+±۰/۲۴^{c}	۶۹/۸۰±۰/۵۶^{d}
آرد خون	۷۱/۲۶±۱/۳۹^{i}	۶۰/۰۸±۰/۲۷^{c}	۵۱/۲۳±۱/۱۸^{g}	۷۶/۱۳±۴/۸^{d}
گلوتن گندم	۹۶/۱۷±۱/۲۶^{ab}	۹۴/۱۶±۲/۱۴^{ab}	۷۲/۵±۰/۳۵^{dc}	۱۱۷/۹۵±۲/۱۱^{a}
گلوتن ذرت	۹۷/۴۴±۰/۶۱^{a}	۸۹/۱۴±۱/۱۴^{ab}	۶۷/۲۰±۰/۶۲^{def}	۹۳/۹۳±۰/۹۱^{c}
آرد گندم	۸۳/۴۱±۲/۲۴^{fgh}	۶۱/۲۰±۲/۱۸^{c}	۵۱/۶۷±۲/۰۵^{g}	۶۶/۲۶±۲/۷۳^{d}
آرد ذرت	۸۳/۸۱±۰/۸۶^{efgh}	۵۸/۴۸±۱۱/۵۵^{c}	۵۳/۲۸±۱/۰۶^{g}	۷۰/۳۰±۲/۶۶^{d}
آرد کانولا	۸۱/۴±۰/۹۲^{gh}	۶۵/۸۹±۰/۳۷^{c}	۶۲/۱۳±۱/۰۶^{f}	۶۴/۸۹±۲/۶۶^{d}
سویای فراوری شده	۹۴/۰۴±۰/۱۳۵^{abc}	۸۷/۱۷±۰/۴۵^{ab}	۶۸/۲۴±۰/۷۴^{de}	۱۱۰/۷۸±۵/۸^{ab}
کنجاله سویا	۹۰/۳۱±۴/۸^{bcde}	۸۲/۶۹±۰/۶۸^{ab}	۶۳/۴۱±۰/۰۳^{ef}	۹۹/۹۰±۵/۸۵^{bc}

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($P<0.05$).

قابلیت هضم پروتئین چهار نوع پودر ماهی ۹۴/۹-۸۹ درصد بود ($P>0.05$). قابلیت هضم منابع جانوری ۸۱/۵۴-۶۰/۰۸ درصد، قابلیت هضم پروتئین منابع گیاهی با پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) ۹۴/۱۶ و ۸۹/۱۴ درصد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین منابع گیاهی با مقدار پروتئین کم (سویای فراوری شده، کنجاله سویا، آرد کانولا، آرد گندم و آرد ذرت) در دامنه ۸۷/۷-۴۸-۵۸ درصد قرار داشت. اختلاف معنی‌دار آماری در قابلیت هضم ظاهری پروتئین آرد ضایعات مرغ، سه نوع آرد ماهی (آرد ماهی بچ، آرد ماهی جنوب و آرد ماهی ترکیبی) و منابع پروتئین گیاهی با پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) مشاهده نشد ($P>0.05$). قابلیت هضم پروتئین سویای فرآوری شده و کنجاله سویا تفاوت معنی‌دار آماری با چهار نوع آرد ماهی، منابع گیاهی با پروتئین بالا و آرد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

ضایعات مرغ نداشت (P<0.05). آرد کانولا، آرد گندم و آرد ذرت قابلیت هضم پروتئین کمتری نسبت به سایر اقلام غذایی داشتند (P<0.05).

قابلیت هضم چربی چهار نوع پودر ماهی ۹۱/۳۷-۸۷/۶۶ درصد بود (P>0.05). قابلیت هضم چربی منابع جانوری ۸۳-۵۱ درصد، قابلیت هضم پروتئین منابع گیاهی با پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) ۷۲/۵ و ۶۷/۲ درصد و قابلیت هضم ظاهری منابع پروتئین گیاهی با مقدار پروتئین کم (سویای فرآوری شده، کنجاله سویا، آردکانولا، آرد ذرت و آرد گندم) در محدوده ۶۸/۲۴-۵۱/۶۷ درصد قرار داشت. آنالیز آماری نشاندهنده عدم اختلاف آماری میان قابلیت هضم چربی آرد ضایعات مرغ با انواع آرد ماهی بود (P>0.05)، اما قابلیت هضم چربی منابع گیاهی با پروتئین بالا و پایین در مقایسه با چهار نوع آرد ماهی و آرد ضایعات مرغ در سطح پایین‌تری قرار داشت (P<0.05).

قابلیت هضم انرژی چهار نوع پودر ماهی ۹۶-۸۹ درصد بود (P>0.05). قابلیت هضم چربی منابع جانوری ۸۹-۷۶ درصد، قابلیت هضم پروتئین منابع گیاهی با مقدار پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) ۱۱۷/۹۵ و ۹۳/۹ درصد و قابلیت هضم ظاهری منابع گیاهی با مقدار پروتئین کم (سویای فرآوری شده، کنجاله سویا، آردکانولا، آرد ذرت و آرد گندم) در دامنه ۱۱۰-۶۶/۲۶ درصد قرار داشت. قابلیت هضم انرژی آرد ضایعات مرغ، آرد گوشت و استخوان، آرد خون و گلوتن ذرت با چهار نوع پودر ماهی بکار رفته در آزمایش دارای تفاوت معنی‌دار آماری نبود (P>0.05)، اما قابلیت هضم انرژی گلوتن گندم با چهار نوع پودر ماهی بکار رفته در آزمایش دارای تفاوت معنی‌دار آماری بود (P<0.05).

بحث

قابلیت هضم مواد مغذی فاکتوری تاثیرگذار بر مصرف و کارایی غذا در جانوران بوده و در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به تحقیق در مورد تعیین قابلیت هضم ظاهری اجزای مختلف غذایی در گونه‌های مختلف ماهیان به منظور جایگزینی به جای پودر ماهی شده است (Heinitz *et al*., 2016). قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی پودر ماهی کیلکا، جنوب و بچ در میزان رضایت بخشی قرار داشت و بالای ۹۰ درصد بود. قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی پودر ماهی کیلکا در فیلماهی پیش مولد ۳/۶±۸۹/۱، ۲/۱±۹۳/۳، ۱/۸±۹۸/۱ و ۱/۸±۹۶/۸ درصد (Safari *et al*., 2014) قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و انرژی پودر ماهی تهیه شده از کمپانی QL Fishmeal Sdn. Bhd در بچه تاسماهی سیبری ۶۴/۱، ۸۵/۱۲ و ۸۵/۲ درصد و قابلیت هضم ظاهری پروتئین پودر ماهی منهادن در ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus. tshawytscha*) ۸۳ درصد (Hajen *et al*., 1993)، برآورد شد. احتمالاً اختلافات موجود در قابلیت هضم پودر ماهی کیلکا در این مطالعه و مطالعات دیگر به دلیل گونه، وزن (Jobling, 1994) تفاوت در مقدار مواد معدنی، سن و فصل صید (Silva *et al*., 2013) و در پودر ماهی بچ، جنوب و ترکیبی مربوط به نحوه فراوری و مواد اولیه بکار رفته (امعاء و احشاء و سر ماهی و ضایعات پروتئینی) در تهیه پودر ماهی است (Liu *et al*., 2013) که بر قابلیت هضم پروتئین، ماده خشک و انرژی آن تاثیرگذار بوده است.

قابلیت هضم پروتئین و انرژی منابع گیاهی با پروتئین بالا (گلوتن گندم و گلوتن ذرت) بترتیب ۹۴/۱۶ و ±۸۹/۱۴ درصد و ۲/±۱۱۷ و ±۹۳/۹۳ درصد برآورد گردید. قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی گلوتن گندم در فیلماهی ۹۸، ۸۲، ۷۹ و ۷۸ درصد (Safari *et al*., 2014) و قابلیت هضم پروتئین آن در قزل‌آلای رنگین‌کمان ۱۰۰ درصد (Pfeffer *et al*., 1992) برآورد شد. محققین بالا بودن قابلیت هضم پروتئین این منبع گیاهی را به دارا بودن پروتئین بالا با کیفیت عالی (۸۰-۷۰ درصد)، پروفایل مناسب اسیدآمینه بویژه سطوح بالای گلوتامین و عدم وجود یا کاهش معنی‌دار فاکتورهای ضد تغذیه‌ای نسبت می‌دهند (Tusche *et al*., 2012). قابلیت هضم پروتئین گلوتن ذرت در تاس ماهی سیبری (Mirzakhani *et al*., 2018) و فیلماهی پیش‌مولد (Safari *et al*., 2014) بترتیب ۷۳/۴ و ۸۲/۵ درصد بود که پایین‌تر از رقم بدست آمده در مطالعه انجام شده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

(۸۹/۱۴ درصد) است که احتمالاً به دلیل تفاوت در روش جمع‌آوری مدفوع Mirzakhani و همکاران (۲۰۱۸) و اندازه و سن ماهی در آزمایش Safari و همکاران (۲۰۱۴) می‌باشد.

ضریب قابلیت هضم پروتئین آرد ضایعات مرغ (۸۱ درصد) در این مطالعه کمتر از مقادیر ارائه شده در فیلماهی پیش مولد (۹۱/۷ درصد) (Safari *et al*., 2014)، ماهی آزاد کوهو (۹۴/۲ درصد) و قزل‌آلای رنگین کمان (۹۵/۹ درصد) (Sigiura *et al*., 1998) و بیشتر از باس طلایی (۷۵/۱۶ درصد) (Thompson *et al*., 2008) بود. تفاوت در قابلیت هضم مواد مغذی آرد ضایعات مرغ امکان دارد مرتبط با اجزای تشکیل دهنده و نحوه فرآوری (Allan *et al*., 2000) یا روش جمع‌آوری مدفوع باشد (Bureau *et al*., 1999) ، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین، چربی و انرژی آرد گوشت و استخوان در مطالعه حاضر ۶۱، ۷۴، ۶۵ و ۶۹/۸ درصد، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و انرژی آرد گوشت و استخوان در تاس‌ماهی سیبری ۸ گرمی،۵۹/۱، ۸۳/۹ و ۷۲/۸ درصد (Liu *et al*., 2008) و قابلیت هضم پروتئین این ماده در تاس‌ماهی سیبری ۲۹۰ گرمی، ۸۵/۶ درصد (Mirzakhani *et al*., 2018) برآورد شد. این نتایج تا حد زیادی وابسته به کیفیت آرد گوشت و استخوان مصرف شده در مطالعات پیشین (Parson *et al*., 1997; Wang and Parsons, 1998) و مقدار چربی موجود در آرد گوشت و استخوان مورد استفاده (۲۹/۷ درصد) در مطالعه حاضر می‌باشد که بر قابلیت هضم پروتئین تاثیرگذار بود (NRC, 2011).

قابلیت هضم ظاهری پروتئین و چربی آرد خون در مطالعه حاضر (۶۰/۸ و ۵۱/۲۳ درصد) کمتر از مقادیر ارائه شده توسط Saffari و همکاران (۲۰۱۴) (۷۳/۱ و ۷۳/۱ درصد) و تقریباً مشابه با نتایج ارائه شده در مورد قابلیت هضم ظاهری انرژی آرد خون در آن مطالعه (۷۶/۱۳ در مقابل ۷۷/۵ درصد) بود در حالیکه طریقه فرآوری آرد خون یکسان بود (روش خشک کردن افشانه‌ای)، قابلیت هضم پایین احتمالاً به دلیل متفاوت بودن منبع آرد خون (ماکیان در مقابل دام)، تخریب پروتئین هنگام فرآوری (Akiyama *et al*. 1992) و پایین بودن کیفیت آرد خون در این آزمایش بود.

در میان منابع گیاهی با پروتئین کم بیشترین قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین و چربی متعلق به کنجاله سویا و کنجاله سویای فرآوری شده بود که اختلاف معنی‌دار آماری با چهار نوع پودر ماهی بکار رفته نداشت. قابلیت هضم پروتئین و ماده خشک کنجاله سویا ۹۰/۳۱ و ۸۲/۶۹ درصد برآورد شد. قابلیت هضم بدست آمده پروتئین در این آزمایش بیشتر از فیلماهی پیش مولد،۶۹ درصد و تاس ماهی سیبری ۲۹۰ گرمی،۶۶/۲ درصد (Mirzakhani *et al*., 2008) بود. قابلیت هضم پروتئین آرد سویا در تاس ماهی سیبری ۸ گرمی، ۹۱/۹ درصد، (Liu *et al*., 2008) برآورد شد. قابلیت هضم ماده خشک و پروتئین سویای فرآوری شده (۹۴/۰۴ و۸۷/۱۷ درصد)[سویای مزبور پس از بوجاری و گذشتن از دستگاه اکسترودر با پروبیوتیک و اسیدهای آلی مورد تیمار قرار گرفته و به فرم پپتیدهای پروتئینی بیرون آمده بود (مکاتبات شخصی باشرکت سنا دام)] نشان از افزایش قابلیت هضم داشت (Zhang *et al*., 2002). اما قابلیت هضم پروتئین آرد گندم، آرد ذرت و کانولا ۶۵-۵۸ درصد، ماده خشک ۸۳-۸۱ درصد، چربی ۶۲-۵۱ درصد و انرژی ۷۰-۶۶/۷ درصد برآورد شد. قابلیت هضم پایین آرد کانولا احتمالاً به دلیل وجود فاکتورهای ضد تغذیه‌ای [(گلوکوزینولات و پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (نظیر سلولز و همی سلولز)]، آرد گندم به علت کاهش انرژی در دسترس (کربوهیدرات قابل هضم) و فیبر بالا (۱۰ درصد) (Guttieri *et al*., 2004) و کاهش قابلیت هضم آرد ذرت به دلیل نشاسته بالا و کاهش میزان تخلیه مواد غذایی از لوله گوارش می‌باشد (Allan *et al*., 2000). در آزمایش حاضر از تکنیک جمع‌آوری مدفوع ته‌نشین شده با استفاده از سیفون نمودن توسط شیلنگ نیم ساعت بعد از خوردن غذا توسط ماهی استفاده شد، اما ضرایب قابلیت هضم انرژی گلوتن گندم و سویای فرآوری شده بالای ۱۰۰ درصد برآورد شد. Allan و همکاران (۲۰۰۰) ضریب قابلیت هضم بالای۱۰۰ درصد را در ماده خشک و انرژی آرد پر و گلوتن ذرت در ماهی سوف نقره‌ای (*Bidyanus*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

bidyanus) مشاهده و آن را به اشتباهات جزئی در اندازه گیری آنالیز تقریبی اجزای غذایی و آبشویی مواد غذایی نسبت دادند. اما Windell و همکاران (۱۹۷۸) بیان نمودند که بیشترین آب‌شویی در روش جمع‌آوری مدفوع از طریق گذراندن از توری طی یک ساعت بعد از دفع است که امکان دارد که موجب از دست رفتن مواد مغذی یا مارکر جیره گردد. از آنجایی که میزان حلالیت اکسید کروم در آب کم (Rawles *et al*., 2010) و زمان جمع‌آوری مدفوع از تانک کمتر از یک ساعت بوده است، احتمالاً خطای اندازه‌گیری آنالیز تقریبی انرژی گلوتن گندم و سویای فرآوری شده غذایی و عدم تناسب با میزان انرژی بدست‌آمده از مدفوع ماهیان تغذیه شده را می توان از مهم‌ترین عوامل برآورد بیش از حد واقعی انرژی منابع گیاهی مذکور عنوان نمود.

به طور کلی، نتایج بدست آمده بر این نکته دلالت دارد که فیلماهی قادر به هضم مناسب انواع آرد ماهی، منابع گیاهی فرآوری شده (گلوتن ذرت، گلوتن گندم و آرد سویای فرآوری شده) می‌باشد و با در نظر گرفتن ضریب قابلیت هضم پروتئین، آرد ضایعات مرغ و کنجاله سویا را می توان به عنوان جایگزین احتمالی پودر ماهی جهت فرمولاسیون جیره اقتصادی در این گونه در نظر گرفت.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مراتب سپاسگزاری خود را از کلیه همکاران بخش‌های آبزی‌پروری و فیزیولوژی و بیوشیمی موسسه تحقیقات تاسماهیان دریای خزر بویژه آقایان هوشنگ یگانه، محسن هوشیار و آرش شهبازی که پرورش و تغذیه بچه ماهیان را بر عهده داشتند، ابراز می‌دارند.

منابع

ولی پور، م.، اوجی فرد، آ.، حسینی، ع.ف ستوده، آ.، باقری، د.، ۱۳۹۷. اثر جایگزینی پودر ماهی با پودر لارو سوسک زرد (*Tenebriomolitor*) برعملکردرشد، شاخص‌های خون‌شناسی و برخی از پارامترهای ایمنی غیراختصاصی بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۸ (۲) ۱۳-۲۷. DOI: 10.29252/ISFJ/22092.10

Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence A.L., 1992. Penaeid shrimp nutrition. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 23:535–568. DOI: org/10.1111/j.1365-2109.2001.00528.x.

Allan, G.L., Rowland, S.J., Parkinson, S., Stone, D.A.J. and Jantrarotai, W., 1999. Nutrient digestibility for juvenile silver perch Bidyanus bidyanus: development of methods. *Aquaculture*, 170, 131–145. DOI: 10.1016/s0044-8486(98)00397-4

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J., Frances, J. and Warner-Smith, R., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186: 293–310. DOI:org/10.1016/S0044-8486(99)00380-4.

AOAC., 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, 526 pp

Bureau, D.P., Harris, A.M. and Cho, C.Y., 1999. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. *Aquaculture*, 180: 345–358. DOI: org/ 10. 1016 /S0044-8486(99)00210-0

Catacutan, M.R., Eusebio, P.S. and Teshima, S.I., 2003. Apparent digestibility of selected feedstuffs by mud crab, *Scylla serrate*. *Aquaculture*, 216: 253–261. DOI: org/10.1016/S0044-8486(02)00408-8.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

Cho, C.Y., Slinger, S.J. and Bayley, H.S., 1982. Bioenergetic of salmonid species: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 37B: 25-41. DOI:org /10. 1016 /0305-0491(82)90198-5.

Ginindza, J., 2011. Effect of Protein Levels on Nutrient and Energy Digestibility in Diet of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus*. United Nations University Fisheries, Training Programme, Iceland, 30 pages.

Glencross, B.D., Hawkins, W.E. and Curnow, J.G., 2003. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. *Aquaculture Nutrition*, 9: 305– 315. DOI:org/10.1046/j.1365-2095.2003.00257.x

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17–34. DOI:org/10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x

Guttieri M.J., Bowen D., Dorsch J.A., Souza E. and Raboy V., 2004. Identi¢cation and characterization of a low phytic acid wheat. Crop Science, 44,418-424.

Hajen, W.E., Higgs, D.A., Beames, R.M. and Dosanjh, B.S., 1993. Digestibility of various feedstuffs by post-juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* in sea water. Measurement of digestibility. *Aquaculture*, 112: 333–348. DOI:org/10.1016/0044-8486(93)90393-D

Heinitz, M.C., Lemme, A. and Schulz, C., 2016. Apparent nutrient, energy and amino acid digestibilities of common feed ingredients for carp diets, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Nutrition*, 22: 1065-1078. DOI:org/10.1111/anu.12324

Jobling, M., 1994. Fish Bioenergetics. Vol. 13, Chapman and Hall, London, UK.

Liu, H., Wu, X., Zhao, W., Xue, M., Guo, L., Zheng, Y. and Yu, Y., 2008. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, compared by two chromic oxide analyses methods. *Aquaculture Nutrition*, 15: 650–656. DOI:org/10.1111/j.1365-2095.2008.00634.x

Liu, H., 2013. Apparent Digestibility of 12 Protein-Origin Ingredients for Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *American Fisheries Society*, 75:90–98. DOI:org/10.1080/15222055 .2012 .71 6019

Lovell, R. T., 1989. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrant-Reinhold, New York, USA.

Medale, F., Gorraze, G. and Kaushik, S.J., 1995. Nutrition of farmed Siberian sturgeon. A review of our current knowledge. In: Proceedings of the Third International Symposium on Sturgeons (Gershanovic, A.D., Smith, T.I.J. Eds.), pp. 289–298. VNIRO Publishing, Moscow.

Menghe, H., Edwin, H., Robinson, R., Daniel, F. and Penelope, M., 2012. Evaluation of corn gluten feed and cottonseed meal as partial replacements for

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

protein. J*ournal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 67: 74–82. DOI:org/10. 1111/j.1439-0396.1992.tb00585.x.

Rawles, S.D., Thompson, K.R., Brady, Y.I., Metts, L.S., Gannam, A.L., Twibell, R.G. and Webster, D., 2010. Comparison of two faecal collection methods for protein and amino acid digestibility coefficients of menhaden fish meal and two grades of poultry by-product meals for market-size sunshine bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*). *Aquaculture Nutrition*, 16: 81-90. DOI: 10.1111. j.1749-45.2006. 00034.x

Refstie, S., Svihus, B., Shearer, K.D. and Storebaken, T., 1999. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soybean products. Animal Feed Science and Technology, 79: 331-345. DOI: 10.1016/S0377-8401(99)00026-7

Safari, O., Naserzadeh, M. and Mohamadi Arani, M., 2014. Digestibility of selected feedstuffs in subadult Caspian great sturgeon, *Huso huso* using settlement collection and stripping methods. *Aquaculture Nutrition*, 22: 293-303. DOI:org/10.1111/anu.1224

Silva, T.S.C., Moro, G.V., Silva, T.B.A., Dairiki, J.K. and Cyrino, J.E.P., 2013. Digestibility of feed ingredients for the striped surubim, *Pseudoplatystoma reticulatum*. *Aquaculture Nutrition*,19: 491-498. DOI:org/10.1111/anu.12000.

Tusche, K., Arning, S., Wuertz, S., Susenbeth, A. and Schulz, C., 2012. Wheat gluten and potato protein concentrate promising protein sources for soybean meal and corn in diets for pond-raised hybrid catfish, Ictalurus punctatus × Ictalurus furcatus. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43: 107-113. DOI: 1111/j.1749-7345.2011.00542.x

Mirzakhani, M.Z., Abedian Kenari, A. and Motamedzadegan M. A., 2018. Prediction of apparent protein digestibility by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, Brandt 1869. *Aquaculture*, 496: 73-78. DOI:org/10 .1016 /j.aquaculture .2018.07.014.

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M. and Farrell, A. P., 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. DOI: 10.1073/pnas.0905235106.

Nengas, L., Alexis, M., Davies and S.J., 1999. High inclusion levels of poultry meals and related by-product in diets for gilthead sea bream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179: 13 –23. DOI:org /10 .1073 /pnas.0905235106.

NRC, 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington: The National Academies Press. 506 pp

Parsons, C.M., Castanon, F. and Han, Y., 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Science*, 76: 361–368. DOI:org/10.1093/ps/76.2.361

Pfeffer, E., Al-Sabty, H. and Haverkamp, R., 1992. Studies on lysine requirements of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* fed wheat gluten as only source of dietary

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

organic farming of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 344–349: 120–125. DOI:org/10.1016/j.aquaculture.2012.03.009

Wang, X. and Parsons, C.M., 1998. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poultry Science*, 77: 834–841. DOI: 10.1093/ps/77.6.834

Williams, K.C., Patterson, B.D., Barlow, C.G., Ford, A. and Roberts, R., 2003. Potential of meat meal to replace fish meal in extruded dry diets for barramundi, *Lates calcarifer* Bloch, II. Organoleptic characteristics and fatty acid composition. *Aquaculture Research*, 34: 33–42. DOI:org/ 10.1046/j.1365-2109.2003.00786.x

Yun, B., Xue, M., Wang, J., Sheng, H., Zheng, Y. and Wu, X., 2014. Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon, Acipenser Baerii Brandt. *Aquaculture Nutrition*, 20: 69-78. DOI:org/10.1577/1548- 659 (1978) 40 [51:MOFCAN]2.0.CO;2

Zhang, Y.C., Li, D.F., Fan, S.J., Piao, X.S., Wang, J.T. and Han, I.K., 2002. Effects of casein and protein-free diets on endogenous amino acid losses in pigs. *Asian-Australas. Journal of Animal Science*, 15: 1634–1638. DOI:org/10.5713/ajas.2002.1634

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]

Determination of apparent digestibility of the common ingredients used in the feed of juvenile *Huso huso*

Sayed Hassani H.M.[1]; Sajjadi M.M.*[1]; Falahatkar B.[1]; Yousefi A.[2]

*mmsajjadi@hotmail.com

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University Guilan, Sowmeh Sara, Iran
2- International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.

Abstract

Apparent digestibility of dry matter, crude protein, crude lipid and gross energy for fish meal (kilka fish meal, mixture fish meal, batch fish meal and south fish meal), some of the animal sources (poultry by product, meat and bone meal, blood meal cow), plant sources with high protein (wheat gluten and corn gluten) and plant sources with low protein (wheat meal, corn meal, canola meal, prepared soybean meal and soy bean meal) in juvenile *Huso huso* (160.42 ± 23.35 g) were investigated. Experimental diets were formulated based on 70% of the content of the reference diet and adding 30% of the ingridient test. One percent of chromium oxide was added as an indirect marker to all diets. Fish were reared in fiberglass tanks (500 L^{-1}) for 8 weeks and fed satiation two times daily. Collction of settlement faecal were carrird out half or one hour after feeding via siphon deposited on the tank floor. Reslts indicated that Kilka fish meal had the highest protein digestibility (94%), but significant differences in the digestibility of batch, South and Combined fish meal (93 to 89%) with wheat gluten and corn (94 to 89%), prepared soybean meal and soybean meal (87% to 82%) and poultry by product (81%) were not found (P>0.05). The highest lipid digestibility was found in batch fish meal (92%), followed by kilka fish meal (91%), south fish meal (90%), combined fish meal (89%) and poultry by product (83%) (P <0.05). Current study showed that prepared plant sources have digestibility such as fish meal, although poultry by product and soy bean meal can be considered as a possible alternative to fish meal for the formulation of commercial diet in *Huso huso* juvenile.

Keywords: *Huso huso*, Reference diet, Fish meal, Plant sources, Animal sources, Digestibility

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.1.11.9]