Archive of SID

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume 8, Issue 2, Spring 2019
Pages: 83-89
Type: Original Research

Evaluation of Apparent Protein and Amino Acids Digestibility of Some Animal and Plant Proteins in Siberian Sturgeon (Acipenser baerii, Brandt 1869) Diet

Mirzakhani M.K.[1] PhD, Abedian Kenari A.*[1] PhD, Motamedzadegan A.[2] PhD

[1] Aquaculture Department, Natural Resources & Marine Science Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
[2] Food Science & Technology Department, Sari University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Sari, Iran

Abstract

Aims: In the present study, the apparent digestibility of protein and amino acids of ten types of plant and animal feed ingredients as the main sources of protein was evaluated in the Siberian sturgeon diet (290±22g).

Materials & Methods: Feedstuffs included fish meal, meat and bone meal, poultry by-product meal, blood meal, feather meal, soybean meal, rapeseed meal, wheat gluten, corn gluten, and bakery yeast. The dietary treatments included reference diet and ten different experimental rations (30% of the target feed ingredient and 70% of the reference diet). Chromic oxide was used as an indigestible marker in dietary feed. A group of 165 Siberian sturgeons stocked into 33 tanks with 500 liters volume and fed with test diets (3 replicates per diet).

Findings: At the end of the experiment, the highest and lowest protein digestibility was observed in fish meal (92.87%) and poultry by-product meal (59.96%), respectively. Also, the highest level of amino acid digestibility in fish meal was measured (90.9% and 88.13% for total essential and non-essential amino acids, respectively). The lowest digestibility of the essential amino acids was reported in rapeseed meal (65.5%) and non-essential amino acids in poultry powder (60.68%).

Conclusion: Fish meal, meat and bone meal, poultry by-product meal, corn gluten, and wheat gluten were identified as feed ingredients with high protein and amino acids digestibility for Siberian sturgeon.

Keywords
Siberian Sturgeon [Not in MeSH];
Apparent Digestibility [Not in MeSH];
Proteins [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68011506];
Amino Acids [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68000596]

In Press

*Corresponding Author
Tel: +98 (11) 44553101
Fax: -
Post Address: Aquaculture Department, Natural Resources & Marine Science Faculty, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
aabedian@modares.ac.ir

Received: December 15, 2018 Accepted: December 29, 2018 ePublished: June 20, 2019

www.SID.ir

Archive of SID

قابلیت هضم ظاهری پروتئین و اسیدهای آمینه برخی اقلام غذایی جانوری و گیاهی در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii* Brandt 1869)

محمدکاظم میرزاخانی PhD
گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
عبدالمحمد عابدیان‌کناری* PhD
گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
علی معتمدزادگان PhD
گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده
اهداف: در مطالعه حاضر قابلیت هضم ظاهری پروتئین و اسیدهای آمینه ده نوع ماده غذایی گیاهی و جانوری به‌عنوان منابع اصلی پروتئینی در جیره غذایی تاس‌ماهی سیبری (۲۲±۲۹۰گرم) مورد بررسی قرار گرفت.
مواد و روش‌ها: مواد غذایی شامل پودر ماهی، پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات طیور، پودر خون، پودر پر طیور، کنجاله سویا، کنجاله کلزا، گلوتن گندم، گلوتن ذرت و مخمر نانوایی بودند. جیره غذایی مرجع و ده جیره غذایی آزمایشی (۳۰% ماده غذایی مورد نظر به همراه ۷۰% جیره غذایی مرجع) تیمارهای غذایی را تشکیل دادند. از اکسیدکروم به‌عنوان نشانگر غیر قابل هضم در جیره‌های غذایی استفاده شد. تعداد ۱۶۵ قطعه تاس‌ماهی سیبری در ۳۳ مخزن ۵۰۰لیتری ذخیره‌سازی و با جیره‌های غذایی تغذیه شدند (۳ تکرار برای هر تیمار غذایی).
یافته‌ها: در پایان آزمایش، بیشترین و کمترین میزان قابلیت هضم پروتئین به ترتیب در پودر ماهی (۹۲/۸۷%) و پودر پر طیور (۵۹/۹۶%) مشاهده شد. همچنین بالاترین میزان قابلیت هضم اسیدهای آمینه در پودر ماهی (۹۰/۹ و ۸۸/۱۳% به ترتیب برای مجموع اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری) اندازه گیری شد. کمترین میزان قابلیت هضم مجموع اسیدهای آمینه ضروری در کنجاله کلزا (۶۵/۵%) و اسیدهای آمینه غیر ضروری در پودر پر طیور (۶۰/۶۸%) گزارش شد.
نتیجه‌گیری: پودر ماهی، پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات طیور، گلوتن ذرت و گلوتن گندم با قابلیت هضم بالای پروتئین و مجموع اسیدهای آمینه به‌عنوان مواد غذایی با درصد هضم بالا برای تاس‌ماهی سیبری مشخص شدند.
کلیدواژه‌ها: تاس‌ماهی سیبری، قابلیت هضم ظاهری، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۸
*نویسنده مسئول: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه

غذا و تغذیه، از مهمترین چالش‌هایی هستند که صنعت آبزی‌پروری با آن مواجه است. یافتن مواد غذایی مناسب از نظر ترکیبات مغذی و نیز با صرفه اقتصادی به‌منظور فرمولاسیون و تولید غذا برای گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی از راهکارهای توسعه پایدار این صنعت در آینده است[1]. انواع مختلف منابع غذایی برای تامین احتیاجات تغذیه‌ای ماهیان پرورشی نیاز است. در این رابطه، پروتئین اصلی‌ترین ماده مغذی در غذای ماهیان است و بیشترین نقش را در رشد و کیفیت ماهی دارد[2]. تولیدات جانبی ماهیان، حیوانات و گیاهان به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان منابع پروتئینی برای استفاده در غذای ماهیان در دسترس هستند، ولی همه این منابع از نظر کیفیت پروتئین و سایر مواد مغذی و نیز قابلیت هضم و دسترسی به مواد مغذی آنها، تفاوت‌هایی اساسی با یکدیگر دارند[2]. اطلاعات مربوط به هضم مواد غذایی منابع مختلف پروتئینی در تغذیه ماهیان، یک پیش‌نیاز ضروری در فرمولاسیون دقیق غذا است. تحقیقات زیادی در خصوص قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گونه‌های مختلفی از ماهیان انجام شده است. تعیین قابلیت هضم ظاهری مواد غذایی به دو صورت مستقیم (جمع‌آوری کل مدفوع) و غیر مستقیم (استفاده از نشانگرها و جمع‌آوری بخشی از مدفوع) انجام می‌شوند[3]. در سال‌های اخیر روش‌های تعیین قابلیت هضم برای ماهیان، روی مسایلی همچون نحوه جمع‌آوری مدفوع[4]، انتخاب نشانگر[5, 6]، طول مدت نمونه‌برداری از مدفوع و فرمول محاسبه قابلیت هضم متمرکز شده‌اند[7].

تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) یک گونه وارداتی ماهیان خاویاری به ایران است و به علت دارابودن قابلیت زندگی در آب شیرین، مقاومت در برابر تغییرات شرایط محیطی، سازگاری با دماهای پایین، پذیرش طیف وسیعی از مواد غذایی و استعداد فراوان برای رشد[8, 9]، مورد توجه قرار گرفته است. این ماهی به دلیل سن بلوغ کم و خاویاردهی سریع، یکی از گونه‌های مطرح ماهیان خاویاری است که در آینده نزدیک در مناطق معتدله، بخش مهمی از صنعت پرورش ماهیان خاویاری را به خود اختصاص خواهد داد[10]. بهینه‌سازی غذا و تغذیه از اصلی‌ترین مسایل در پرورش این گونه است[8, 11]. بنابراین، در مطالعه حاضر ده نوع ماده غذایی جانوری و گیاهی که به‌طور رایج به‌عنوان منابع پروتئینی در جیره غذایی ماهیان استفاده می‌شوند[1, 3] و در ایران با قیمت مناسب قابل دسترس هستند، انتخاب شدند و قابلیت هضم ظاهری پروتئین و اسیدهای آمینه آنها در تاس‌ماهی سیبری مورد بررسی قرار گرفت تا با استفاده از نتایج این مطالعه بتوان برخی اقلام غذایی با کیفیت بالای هضم پروتئینی را برای جایگزینی پودر ماهی گران‌قیمت و نیز استفاده در فرمولاسیون غذای این ماهی معرفی کرد.

مواد و روش‌ها

ده نوع ماده غذایی که به‌طور معمول به‌عنوان منابع پروتئینی در جیره غذایی آبزیان به کار برده می‌شوند، شامل منابع جانوری (پودر ماهی کیلکا، پودر خون، پودر گوشت و استخوان، پودر پر طیور، پودر محصولات جانبی طیور) و منابع گیاهی (پودر کنجاله سویا، پودر کنجاله کلزا، گلوتن گندم، گلوتن ذرت) و مخمر نانوایی، از شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران تهیه و به آزمایشگاه دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس منتقل شدند. میزان پروتئین خام با استفاده از دستگاه اتوماتیک کلدال (Foss Tecator؛ سوییس) و

www.SID.ir

Archive of SID

چربی خام با استفاده از سیستم سوکسله (FOSS؛ سوییس) میزان رطوبت از طریق خشک‌کردن مواد غذایی در دمای ۱۰۵°C به مدت ۲۴ ساعت در آون مدل D-63450 (Heraeus؛ آلمان) و میزان خاکستر از طریق سوزاندن مواد غذایی در کوره الکتریکی (Isuzu؛ ژاپن) در دمای ۵۵۰°C به مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری شدند. محاسبه میزان انرژی و درصد کربوهیدرات مواد غذایی براساس روش AOAC[12] انجام شد.

تعداد ۱۶۵ قطعه تاس‌ماهی سیبری (با وزن متوسط ۲۲±۲۹۰گرم) از انستیتو تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر (گیلان، ایران) تهیه شدند و به‌صورت تصادفی در ۳۳ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰لیتری (تعداد ۵ قطعه در هر مخزن) ذخیره‌سازی شدند. مخازن در سالن پرورش بچه‌ماهیان خاویاری انستیتو تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر مستقر شدند. جریان آب رودخانه که از سیستم فیلتراسیون همراه با هوادهی عبور می‌کرد با دبی ۰/۵±۴/۵لیتر در دقیقه برقرار شد. دمای آب، اکسیژن محلول و میزان pH آب به‌صورت روزانه اندازه‌گیری و مقادیر مربوطه به ترتیب به‌صورت ۲°C±۲۱، ۱/۵±۷/۱میلی‌گرم در لیتر و ۸-۷ ثبت شدند. شرایط دوره نوری در شبانه روز، ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود.

برای تعیین قابلیت هضم ظاهری پروتئین و اسیدهای آمینه مواد مختلف غذایی ابتدا یک جیره غذایی مرجع براساس نیاز غذایی تاس‌ماهی سیبری[13] تنظیم و با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی Lindo 11.998 فرموله شد (جدول ۱). جیره‌های غذایی آزمایشی شامل ۷۰% جیره غذایی مرجع و ۳۰% از هر یک از مواد غذایی بودند. از اکسیدکروم (Cr_2O_3) به میزان ۱% به‌عنوان نشانگر داخلی در هر یک از جیره‌های غذایی استفاده شد[14]. مواد اولیه هر جیره غذایی مطابق فرمول مربوطه پس از توزین، با الک چشمه ۲میلی‌متری غربال شدند. اجزای جیره پس از الک‌شدن و با اضافه‌کردن آب مقطر (۳۰-۲۵%) به‌خوبی مخلوط شدند. خمیر به‌دست‌آمده به وسیله چرخ گوشت به‌صورت رشته درآمد و سپس در سینی قرار داده و به دستگاه خشک‌کن (هوتخش؛ ایران) منتقل شد. رشته‌ها در دمای ۴۰°C به مدت ۱۸-۱۲ ساعت خشک و سپس به‌صورت دست‌ساز شکسته شدند و به‌صورت پلت‌های ۵میلی‌متری درآمدند. هر یک از جیره‌های غذایی به‌صورت جداگانه بسته‌بندی و در دمای ۲۰°C- تا زمان استفاده، نگهداری شدند[13].

ماهیان در هر یک از تیمارها و تکرارها ابتدا به مدت یک هفته با جیره‌های آزمایشی سازگار شدند تا محتویات دستگاه گوارش آنها کاملاً از غذاهای قبلی تخلیه شود. سپس آزمایش اصلی با جیره‌های مربوطه با ۲ مرتبه غذادهی (ساعت ۹ و ۱۶) در حد سیری در هر روز و به مدت ۱۳ روز ادامه پیدا کرد و از روز هفتم تغذیه با جیره‌های آزمایشی، جمع‌آوری مدفوع ماهیان به روش Stripping به مدت هفت روز انجام شد[15]. مدفوع جمع‌آوری‌شده تا انجام آزمایشات بعدی در فریزر با دمای ۲۰°C- نگهداری شد[16].

آنالیزهای مربوط به سنجش پروتئین خام با استفاده از دستگاه اتوماتیک کلدال، اسیدهای آمینه نمونه‌های ماده غذایی، غذا و مدفوع پس از دو مرحله هضم و اشتقاق با استفاده از دستگاه HPLC[17] و درصد اکسیدکروم با استفاده از روش هضم اسیدی[18] در آزمایشگاه تغذیه و آنالیز دانشکده علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد و سپس با استفاده از رابطه‌های زیر، قابلیت هضم ظاهری پروتئین و اسیدهای آمینه هر یک از اقلام مختلف غذایی محاسبه شدند[3, 14]:

ADC (%)= 100-(100×Cr2O3 in diet (%)/Cr2O3 in feces×Nutrient in feces (%)/Nutrient in diet)

ADC: ضریب هضم ظاهری جیره مرجع و جیره‌های آزمایشی

ADC of test ingredient (%)= ADC test diet+(ADC test diet-ADC reference diet)×(0.7×Dref/0.3×Dingr)

Dref: درصد ماده مغذی در جیره مرجع؛ Dingr: درصد ماده مغذی در هر یک از اقلام غذایی

تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه در یک طرح آماری کاملاً تصادفی برنامه‌ریزی شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS 21 استفاده شد. ابتدا نرمال‌بودن آنها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف ارزیابی شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده و اختلاف بین میانگین‌ها به وسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن بررسی شد. سطح معنی‌داربودن در تمامی بررسی‌ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

جدول ۱) فرمول جیره مرجع استفاده‌شده برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد غذایی در تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*)

اجزای جیره غذایی[a]	درصد مورد استفاده
پودر ماهی کیلکا[a]	۳۵
کنجاله سویا[a]	۲۷/۰۷
آرد گندم[a]	۱۸/٤٦
روغن سویا[a]	۵/۵
روغن ماهی[b]	۵/۵
لسیتین[c]	۱
دی‌کلسیم‌فسفات[a]	۰/۵
مخلوط مواد معدنی[d]	۲
مخلوط ویتامین[e]	٤
BHT[f]	۰/۰۲
کولین‌کلراید[a]	۰/۳
اکسیدکروم[g]	۱

[a] شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران (Manaqua)؛ [b] روغن ماهی کیلکا (Manaqua)؛ [c] لسیتین سویا غنی‌شده با فسفاتیدیل‌کولین (بهپاک؛ ایران)؛ [d] مخلوط مواد معدنی (میلی‌گرم بر کیلوگرم): آهن: ۶۰۰۰، مس: ۶۰۰، منگنز: ۵۰۰۰، روی: ۱۰۰۰۰، ید: ۶۰۰، سلنیوم: ۲۰، کبالت: ۱۰۰، کولین‌کلراید: ۶۰؛ [e] مخلوط ویتامینی (واحد بر کیلوگرم): A (۱۲۰۰۰۰۰ IU)، D3 (۴۰۰۰۰۰ IU)، E (۵۰۰۰۰ IU)، K3 (۸۰۰میلی‌گرم)، C (۳۰۰۰۰میلی‌گرم)، B_1 (۲۵۰۰میلی‌گرم)، B_2 (۴۰۰۰میلی‌گرم)، B6 (۲۵۰۰میلی‌گرم)، B9 (۱۰۰۰میلی‌گرم)، B12 (۸میلی‌گرم)، بیوتین (۱۵۰میلی‌گرم)، نیاسین (۳۵۰۰۰میلی‌گرم)، اینوزیتول (۵۰۰۰۰میلی‌گرم)؛ [f] آنتی‌اکسیدانت (Gluba Tiox؛ فرانسه)؛ [g] Cr_2O_3 (Merck؛ آلمان)

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

ترکیبات شیمیایی و مقدار انرژی مواد غذایی نشان می‌دهد که اغلب فاکتورهای اندازه‌گیری‌شده از مواد غذایی مورد استفاده در این مطالعه مطابق با استانداردهای ارایه‌شده برای ترکیبات این مواد در مطالعات پیشین است. کمترین و بیشترین میزان پروتئین خام به ترتیب ۳۰/۵۹% و ۸۸/۳۱% مربوط به کنجاله سویا و پودر خون است (جدول ۲).

ترکیب اسیدهای آمینه هر یک از مواد غذایی مورد استفاده در مطالعه حاضر در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان اسیدهای آمینه ضروری در پودر ماهی کیلکا (۴۱/۳۵گرم در ۱۰۰گرم ماده غذایی) و بیشترین میزان اسیدهای آمینه غیر ضروری در گلوتن گندم (۴۸/۱۸گرم در ۱۰۰گرم ماده غذایی) اندازه‌گیری شده است.

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری پروتئین مواد غذایی در نمودار ۱ آورده شده است. قابلیت هضم کمتر از ۷۰% در پودر خون، کنجاله سویا، مخمر نانوایی، کنجاله کلزا و پودر پر طیور مشاهده شد. در پودر ماهی، پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات طیور، گلوتن ذرت و گلوتن گندم، میزان قابلیت هضم اندازه‌گیری‌شده بالای ۷۰% بود. بیشترین و کمترین میزان قابلیت هضم پروتئین به ترتیب در پودر ماهی (۹۲/۸۷%) و پودر پر طیور (۵۹/۹۶%) مشاهده شد.

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری اسیدهای آمینه مواد غذایی مورد استفاده در تغذیه تاس‌ماهی سیبری در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان قابلیت هضم اسیدهای آمینه در پودر ماهی به ترتیب ۹۰/۹ و ۸۸/۱۳% برای اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری اندازه‌گیری شده است. کمترین میزان قابلیت هضم اسیدهای آمینه ضروری در کنجاله کلزا (۶۵/۵%) و اسیدهای آمینه غیر ضروری در پودر پر طیور (۶۰/۶۸%) گزارش شد.

جدول ۲) ترکیب شیمیایی (درصد) و مقدار انرژی (کیلوژول بر گرم) مواد غذایی مورد استفاده برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری پروتئین در تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*)

ماده غذایی [a]	رطوبت (%)	پروتئین خام (%)	چربی خام (%)	خاکستر (%)	کربوهیدرات (%) [b]	انرژی [c] (کیلوژول بر گرم)
پودر ماهی کیلکا	۷/۱	۷٦/۵٤	٦/۷	۹/٦۸	-	۲۰/۷۱
پودر گوشت و استخوان	۷/۳۹	۵۳/۱٤	۱۲/۰۱	۱٤/۸۵	۱۲/٦۱	۱۹/٤۵
پودر ضایعات طیور	٦/۹۷	٦٤/۵۳	۸/۷٤	۹/۹۹	۹/۷۷	۲۰/۳٦
پودر خون	٤/۰۱	۸۸/۳۱	۲/۲	۳/٦۳	۱/۸۵	۲۲/۰۳
پودر پر طیور	٦/۵۵	۷۸/۱	٦/۸۳	۳/۵۱	۵/۰۱	۲۲/۹۹
کنجاله سویا	۹/۳۱	٤۱/۸٦	۱/٦۷	٦/۹٤	٤۰/۲۲	۱۷/٤٦
کنجاله کلزا	۱۱/۷۷	۳۰/۵۹	۳/۳۵	۷/۹٦	٤٦/٦	۱٦/۵٦
گلوتن ذرت	۵/٦۵	۷٦/۸۱	٤/۰۱	۱/٦۸	۱۱/۸۵	۲۱/۷۵
گلوتن گندم	٤/۸۲	۸٤/۲٦	۱/۷۸	۱/٤٦	۷/٦۸	۲۱/۹۱
مخمر نانوایی	٦/۲۱	٤۱/۳۵	۱/۵۹	۱/۹۵	٤۸/۹	۱۸/۸

[a] شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران (Manaqua)؛ [b] کربوهیدرات کل (درصد)= (پروتئین خام+چربی خام+خاکستر+رطوبت)-۱۰۰؛ [c] انرژی براساس یک‌گرم پروتئین خام: ۲۳/٦کیلوژول، یک‌گرم چربی خام: ۳۹/۵کیلوژول، یک‌گرم کربوهیدرات: ۱۷/۲کیلوژول[19]

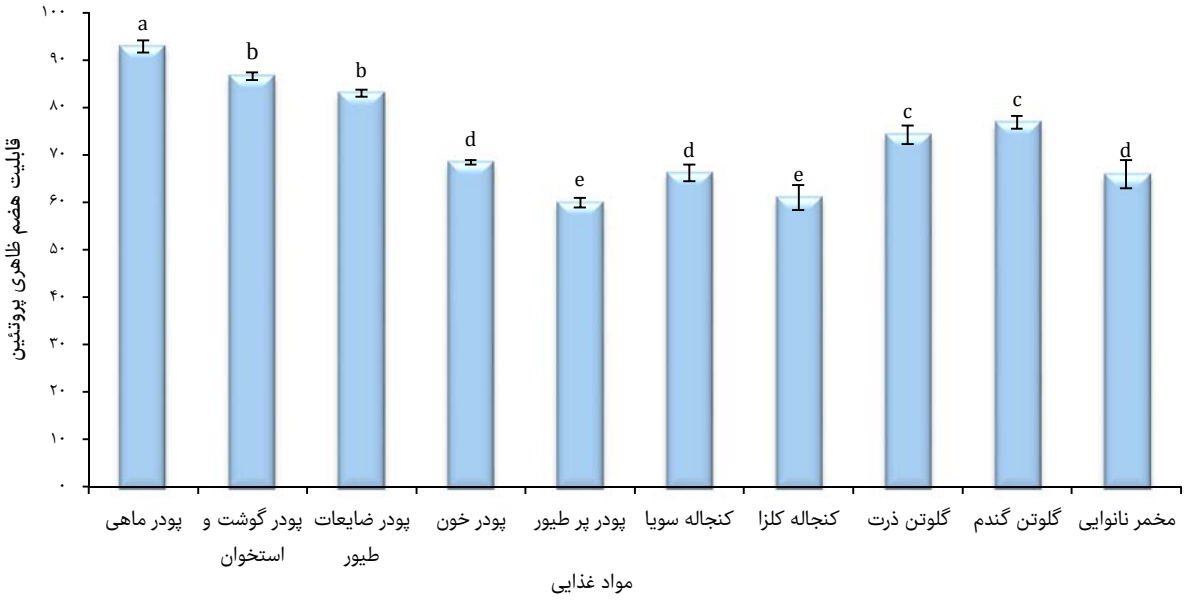
جدول ۳) ترکیب اسیدهای آمینه مواد غذایی مورد استفاده برای اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری در تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*)

اسید آمینه (گرم در ۱۰۰گرم ماده غذایی)	پودر ماهی	پودر گوشت و استخوان	پودر ضایعات طیور	پودر خون	پودر پر طیور	کنجاله سویا	کنجاله کلزا	گلوتن ذرت	گلوتن گندم	مخمر نانوایی
آرژنین	٤/۸۹	۳/۲۵	۳/٦٦	۵/۱۲	۵/۷۱	۲/٤٤	۱/٦۸	۲/۵۲	۳/٦۵	۱/۷۹
هیستیدین	۱/۱۲	۰/۳٦	۰/٤۲	۲/۹٦	۰/۷۳	۰/٦۲	۰/٤۹	۰/۹۵	۱/۲۵	۰/٤۹
لوسین	٦/۹۱	٤/۳۲	۵/۰۷	۹/۲۸	٦/۹۱	۳/٤۹	۲/۵٦	۱۰/۳٦	۸/۳۷	۳/۳٤
ایزولوسین	۵/۰۳	۲/۹۱	۳/۳۹	٤/۲۲	٤/۵۵	۲/٦٤	۱/٦۸	٤/۲۸	۵/۳٦	۲/۵٦
والین	٦/٦	۵/۲۲	٦/۰۸	۸/۹٦	٦/٦۵	۳/۲۱	۲/۷٤	۵/۷۷	۷/۰٤	۳/۹۱
لیزین	۲/۱۲	۰/٦٤	۰/۵۲	۲/٦۹	۱/۸۲	۰/۷٦	۰/۵۲	۰/٤۹	۰/۵۱	۱/۱۱
متیونین	۲/۳۸	۰/٤۱	۰/۳۳	۰/٦۷	۱/۰۹	۰/۳۳	۰/۲۹	۱/۵۷	۱/۸۵	۰/۲۹
ترئونین	۹/۳٤	۱/۱۱	٦/۰۷	۱/۳۳	٤/۹۵	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۸۱	۱/۲٦	۰/۸٦
فنیل‌آلانین	۲/۹٦	۱/۸٤	۲/۲۳	٤/۵۳	۵/۰٦	۱/٤۵	۱/۰۹	٤/۱	۵/۰۱	۱/۵۱
آلانین	٦/۳٦	۳/۷	٤/۱۳	۸/۸٤	۵/۰۱	۲/۱۹	۱/۹۷	۸/۸۳	۳/۸۳	۳/۲۷
آسپارتیک‌اسید	۷/٤٤	٤/٤۸	۵/۲۷	۷/۸٦	٦/۷۳	۵/۵۳	۲/۷۷	۵/٦۸	٤/٤۸	٤/۸۲
گلوتامیک‌اسید	۹/٦۸	٦/۵۱	۷/٤۹	۷/۷٦	۹/۲۱	۸/۲۷	٦/۱۸	۱۲/۳۹	۱۹/۱٤	٦/۸۲
گلایسین	۲/۲۳	۹/٦۵	۹/۳٤	۸/۹۳	۷/۲۷	۵/۵۷	٤/۰۷	٦/۷	۸/۷۹	۵/۲۵
سرین	۵/۳٤	٦/۹۲	۸/۰۳	٦/۹۵	۹/۰۹	۳/۰۷	۲/۳۵	٦/۷	۸/۸۸	۳/۵
تیروزین	۲/۳۲	۱/۲	۱/٤٦	۲/۳۹	۲/۲۱	۱/۰۵	۰/۷۱	۳/۰٤	۳/۰٦	۱/۰۱
مجموع اسیدهای آمینه ضروری [a]	٤۱/۳۵	۲۰/۰٦	۲۷/۷۷	۳۹/۷٦	۳۷/٤۷	۱۵/۲٦	۱۰/۷٦	۳۰/۸۵	۳٤/۳	۱۵/۸٦
مجموع اسیدهای آمینه غیر ضروری [b]	۳۳/۳۷	۳۲/٤٦	۳۵/۷۲	٤۲/۷۳	۳۹/۵۲	۲۵/٦۸	۱۸/۵۷	٤۳/۳٤	٤۸/۱۸	۲٤/٦۷

[a] اسیدهای آمینه ضروری شامل آرژنین، هیستیدین، لوسین، ایزولوسین، والین، لیزین، متیونین، ترئونین و فنیل آلانین هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱) قابلیت هضم ظاهری پروتئین مواد غذایی مختلف در تاس‌ماهی سیبری (۵ عدد)

جدول ۴) قابلیت هضم ظاهری اسیدهای آمینه مواد غذایی مختلف در تاس‌ماهی سیبری (*A. baerii*)

اسید آمینه	پودر ماهی	پودر گوشت و استخوان	پودر ضایعات طیور	پودر خون	پودر پر طیور	کنجاله سویا	کنجاله کلزا	گلوتن ذرت	گلوتن گندم	مخمر نانوایی
آرژنین	۹۴±۰/۲^{a}	۸۷/۹۵±۰/۶^{b}	۸۹/۸۵±۰/۲۵^{b}	۷۸/۱±۰/۲^{d}	۷۴/۹۵±۰/۹۵^{e}	۷۷/۴۵±۰/۶۵^{d}	۸۲/۰۵±۰/۴۵^{c}	۹۱/۵۵±۰/۲۵^{b}	۸۸/۸±۰/۶^{c}	۸۷/۸۵±۰/۳۵^{b}
هیستیدین	۸۸/۰۵±۰/۲۵^{a}	۸۵/۷۵±۰/۵۵^{ab}	۸۰/۶۵±۰/۴۵^{c}	۷۶/۵±۰/۱^{d}	۶۷/۵±۰/۳^{f}	۷۱/۹±۰/۴^{e}	۷۷/۱۵±۰/۷۵^{d}	۸۸/۸۵±۰/۴۵^{a}	۸۴/۱±۰/۳^{a}	۸۳/۷۵±۰/۴۵^{b}
لوسین	۸۹/۹۵±۰/۱۵^{a}	۸۶/۹±۰/۲^{a}	۸۹/۵±۰/۳^{a}	۸۵/۷۸±۰/۹۵^{b}	۷۱/۱۵±۰/۳۵^{c}	۶۸/۵۵±۰/۱۵^{d}	۶۱/۰۵±۰/۲۵^{e}	۷۷/۸۵±۰/۲۵^{b}	۷۵/۸۵±۰/۲۵^{b}	۶۶/۹۵±۰/۳۵^{d}
ایزولوسین	۸۹/۴±۰/۲^{a}	۸۵/۶۵±۰/۴۵^{a}	۸۴/۳۵±۰/۲۵^{a}	۶۴/۹±۰/۲^{d}	۷۰/۶±۰/۵^{c}	۶۶/۳۵±۰/۵۵^{cd}	۵۷/۹۵±۰/۲۵^{e}	۷۵/۵۵±۰/۲۵^{b}	۷۴/۹±۰/۳^{b}	۶۲/۲۵±۱/۰۵^{d}
والین	۹۱/۱۵±۰/۳۵^{a}	۸۳/۹۵±۰/۶۵^{ab}	۸۵/۸±۰/۶^{ab}	۷۰/۷۵±۰/۶۵^{bc}	۶۶/۱±۰/۲^{c}	۶۴/۵۵±۰/۱۵^{c}	۶۱/۳۵±۰/۴۵^{d}	۷۷/۵±۰/۴^{b}	۷۱/۹۵±۰/۴۵^{bc}	۶۸/۹±۰/۲^{c}
لیزین	۹۰/۴۵±۰/۶۵^{a}	۸۶/۷±۰/۶^{ab}	۸۵/۰۵±۰/۳۵^{ab}	۸۲/۱±۰/۲^{b}	۶۶/۶۵±۰/۴۵^{cd}	۷۲/۶±۰/۳^{c}	۶۶/۴۵±۰/۳۵^{cd}	۶۷/۱۵±۰/۳۵^{cd}	۶۴/۸۵±۰/۴^{d}	۷۱/۹۵±۰/۱۵^{c}
متیونین	۹۱/۱۵±۰/۴۵^{a}	۸۳/۱۵±۰/۲۵^{b}	۸۰/۰۵±۰/۱۵^{b}	۶۹/۰۵±۰/۳۵^{de}	۶۸/۲±۰/۱^{e}	۶۸/۰۵±۰/۱۵^{e}	۷۰/۶۵±۰/۵۵^{d}	۸۱/۶±۰/۷^{b}	۷۷/۰۵±۰/۴۵^{c}	۷۶/۰۵±۰/۱۵^{c}
ترئونین	۹۱/۱۵±۰/۹۵^{a}	۸۶/۳۵±۰/۲۵^{b}	۸۰/۱۵±۰/۳۵^{b}	۷۳/۴±۰/۱^{c}	۶۴/۶±۰/۱^{c}	۶۹/۳۵±۰/۵۵^{c}	۴۹/۲±۰/۹^{e}	۶۶/۵±۰/۲^{c}	۶۰/۲۵±۰/۵۵^{cd}	۵۵/۹±۰/۶^{d}
فنیل‌آلانین	۹۰/۴±۰/۳^{a}	۸۵/۸±۰/۴^{b}	۸۸/۱۵±۰/۹۵^{ab}	۷۶/۷۵±۰/۴۵^{c}	۹۶/۹۵±۰/۱۵^{d}	۷۰/۲±۰/۹^{d}	۵۹/۸±۰/۹^{e}	۸۵/۵۵±۰/۲۵^{b}	۸۲/۲±۰/۳^{b}	۶۷/۱۵±۰/۳۵^{de}
آلانین	۸۸۵/۵±۱/۳^{a}	۸۴/۶۵±۰/۲۵^{b}	۷۷/۵۵±۰/۸۵^{c}	۷۱/۸۵±۰/۲۵^{cd}	۵۴/۷۵±۰/۴۵^{ef}	۵۵/۱۵±۰/۲۵^{e}	۵۱/۶±۰/۱^{f}	۶۳/۹۵±۰/۱۵^{d}	۷۲/۱±۰/۲^{cd}	۵۵±۱/۶^{ef}
آسپارتیک‌اسید	۸۶/۵۵±۰/۳۵^{a}	۸۰/۵±۰/۷^{ab}	۸۰/۷±۰/۶^{ab}	۶۶/۹±۰/۴^{c}	۵۰/۳±۱/۴^{d}	۷۳/۴۵±۰/۲۵^{bc}	۶۶/۸۵±۰/۳۵^{c}	۸۶/۲۵±۰/۶۵^{a}	۷۸/۹±۰/۷^{ab}	۷۳±۰/۲^{bc}
گلوتامیک‌اسید	۸۸/۶±۰/۳^{a}	۸۴/۹۵±۰/۱۵^{b}	۸۲/۷±۰/۴^{b}	۶۴/۸۵±۰/۳۵^{d}	۶۱/۷۵±۰/۱۵^{e}	۷۵/۶۵±۰/۵۵^{c}	۸۲/۶±۰/۳^{b}	۸۹/۹±۰/۵^{a}	۸۲/۰۵±۰/۲۵^{b}	۸۶/۸۵±۰/۶۵^{ab}
گلایسین	۸۳/۱۵±۰/۶۵^{a}	۷۸/۵۵±۰/۳۵^{b}	۷۹/۴±۰/۹^{b}	۶۲/۹۵±۰/۱۵^{f}	۶۶/۴۵±۰/۳۵^{e}	۶۲/۳±۰/۴^{f}	۶۲/۲۵±۱/۱۵^{f}	۷۵/۸۵±۱/۰۵^{c}	۷۱/۸۵±۰/۴۵^{d}	۷۰/۱±۰/۲^{d}
سرین	۸۹/۳۵±۰/۲۵^{a}	۸۳/۲۵±۰/۳۵^{ab}	۷۸/۹۵±۰/۵۵^{b}	۷۲/۴±۰/۳^{c}	۶۹/۹۵±۰/۳۵^{d}	۷۱/۶۵±۰/۲۵^{cd}	۶۲/۲۵±۱/۱۵^{f}	۸۲/۷۵±۰/۳۵^{ab}	۷۸/۰۵±۰/۱۵^{b}	۶۷/۵۵±۰/۱۵^{e}
تیروزین	۸۸/۹۵±۰/۳۵^{a}	۸۰/۰۵±۰/۶۵^{cd}	۷۶/۰۵±۰/۸۵^{d}	۶۴/۴±۰/۷^{f}	۶۰/۴±۰/۳^{f}	۷۱/۰۵±۰/۱۵^{e}	۶۱/۸۵±۰/۵۵^{f}	۸۴/۹±۱/۴^{ab}	۸۳/۵۵±۰/۷۵^{bc}	۹۶±۲/۱^{e}
اسیدهای آمینه ضروری*	۹۰/۹±۰/۴^{a}	۸۵/۹۸±۰/۶۷^{b}	۸۳/۹۴±۰/۶۴^{b}	۷۴/۰۳±۰/۶۸^{d}	۶۸/۹۳±۰/۱۹^{e}	۶۹/۲۹±۰/۵۱^{e}	۶۵/۵±۰/۳۸^{f}	۷۸/۰۲±۰/۷۹^{c}	۷۴/۹۵±۰/۴۳^{d}	۷۰/۸۲±۰/۱۸^{e}
اسیدهای آمینه غیر ضروری**	۸۸/۱۳±۰/۲۸^{a}	۸۱/۳۷±۰/۵۴^{b}	۷۹/۲۵±۰/۳۳^{b}	۶۶/۱۵±۰/۷۶^{cd}	۶۰/۶۸±۰/۵۳^{e}	۶۷/۱۱±۰/۷۷^{c}	۶۳/۵۱±۰/۶۲^{de}	۸۱/۶۸±۱/۵۳^{b}	۷۸/۱۲±۰/۴۷^{b}	۶۹/۹۷±۰/۱۷^{c}

* اسیدهای آمینه ضروری: آرژنین، هیستیدین، لوسین، ایزولوسین، والین، لیزین، متیونین، ترئونین و فنیل‌آلانین؛ ** اسیدهای آمینه غیر ضروری: آلانین، آسپارتیک‌اسید، گلوتامیک‌اسید، گلایسین، سرین و تیروزین؛ *** اعداد در هر ردیف با حروف مختلف انگلیسی دارای اختلاف معنی‌دار هستند (p<۰/۰۵)

بحث و نتیجه‌گیری

در رابطه با مواد اولیه غذایی گوناگون، تعیین قابلیت هضم پروتئین بعد از آنالیز اولیه شیمیایی، به‌عنوان مهمترین فاکتور تعیین کیفیت آن ماده غذایی به حساب می‌آید[3, 19]. در مطالعه حاضر با وجود اینکه میزان پروتئین خام و اسیدهای آمینه پودر ماهی در مقایسه با سایر اقلام غذایی بیشترین مقدار را نداشت، ولی بیشترین درصد قابلیت هضم ظاهری پروتئین (۹۲/۸۷%) و اسیدهای آمینه را نشان داد. این نتایج با تحقیقات پیشین روی سایر ماهیان مطابقت دارد[8, 15]. در سال ۲۰۰۹، *لیو* و همکاران، قابلیت هضم هفت ماده غذایی را برای بچه تاس‌ماهیان سیبری با وزن متوسط ۸/۳۸گرم بررسی و بیشترین قابلیت هضم را در پودر ماهی مشاهده کردند[8]. در خصوص اقلام غذایی جانوری در مطالعه حاضر، تاس‌ماهیان سیبری درصد قابلیت هضم پروتئینی نسبتاً بالایی (بیشتر از ۸۰%) برای پودر گوشت و استخوان و همچنین پودر

www.SID.ir

Archive of SID

ضایعات طیور نشان دادند. البته این اقلام غذایی براساس نوع ماده اولیه و فرآیند تولید و نگهداری، ممکن است ترکیبات شیمیایی متغیری داشته باشند[3]. همچنین با وجود اینکه اسیدهای آمینه این دو ماده غذایی قابلیت هضم بالایی داشتند، ولی کمبود اسیدهای آمینه لیزین و متیونین در آنها قابل تامل است. پودر خون و پودر پر طیور نسبت به سایر اقلام غذایی جانوری کمترین مقدار قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه را نشان دادند. کمبود برخی از اسیدهای آمینه ضروری و همچنین بالابودن مقدار کراتین در پودر پر طیور، می‌تواند از دلایل کاهش قابلیت هضم در این مواد غذایی نسبت به سایر اقلام غذایی جانوری باشد[20]. همچنین نسبت استفاده از این مواد غذایی در جیره‌های آزمایشی (۳۰% جیره مرجع) باعث می‌شود که مقدار این مواد در جیره غذایی بیشتر از آنچه باشد که برای آبزیان توصیه شده است و این امر ممکن است باعث کاهش اشتها و نیز جذب غذا شود[14].

بین اقلام غذایی با منشا گیاهی، گلوتن گندم و گلوتن ذرت قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه بالاتری نشان دادند (نمودار ۱؛ جدول ۴). این دو ماده غذایی هم از نظر مقدار پروتئین و هم از نظر پروفیل اسیدهای آمینه، در مقایسه با سایر منابع پروتئینی گیاهی مورد آزمایش این مطالعه وضعیت مطلوب‌تری دارند و فاکتورهای ضدتغذیه‌ای نیز در آنها کمتر است[21]. براساس مطالعات گذشته در خصوص ماهیان خاویاری و نیز سایر گونه‌های ماهیان از جمله آزادماهیان[22, 23]، حدود ۳۰ تا ۵۰% امکان جایگزینی پودر ماهی با گلوتن گندم و گلوتن ذرت وجود دارد. البته بایستی توجه داشت که استفاده از این اقلام غذایی به مقدار زیاد در جیره غذایی ماهیان، امکان چسبندگی در روده را به همراه خواهد داشت[3]. در مطالعه حاضر، قابلیت هضم پودر کنجاله سویا و کنجاله کلزا نسبت به سایر اقلام غذایی گیاهی کمتر بود. در این رابطه وجود ترکیبات ضدتغذیه‌ای (فیتات، تانن، کربوهیدرات‌های غیرنشاسته‌ای و غیره) در سویا و کلزا[1] و کمبود برخی از اسیدهای آمینه ضروری به‌خصوص لیزین و متیونین در این مواد غذایی[24] باعث کاهش قابلیت هضم می‌شود. البته لازم به ذکر است که جیره‌های غذایی در این مطالعه به روش پلت سرد تولید شدند. استفاده از روش اکستروژن در تولید غذا به دلیل استفاده از فشار و درجه حرارت حین ساخت غذا، می‌تواند باعث افزایش قابلیت هضم و دسترسی به مواد مغذی شود[15]. قابلیت هضم پروتئین مخمر نانوایی در این مطالعه ۶۶/۰۱% بود که تقریباً برابر با قابلیت هضم پروتئینی و نیز اسیدهای آمینه سویا است. با توجه به میزان پروتئین خام (۴۱/۸۶%) و ترکیب نسبتاً مطلوب اسیدهای آمینه، این ماده غذایی می‌تواند به‌عنوان یک ماده جایگزینی در جیره غذایی ماهیان خاویاری و به‌ویژه تاس‌ماهیان سیبری که گونه مورد نظر این مطالعه بود، در نظر گرفته شود.

براساس نتایج حاصل سه دسته مواد غذایی با کیفیت بالا (پودر ماهی، پودر گوشت و استخوان، پودر ضایعات طیور، گلوتن ذرت و گلوتن گندم)، مواد غذایی با کیفیت متوسط (پودر خون، کنجاله سویا و مخمر نانوایی) و مواد غذایی با کیفیت نسبتاً پایین (پودر پر طیور و کنجاله کلزا) براساس قابلیت هضم پروتئین و اسیدهای آمینه برای تاس‌ماهیان سیبری مشخص شد.

تشکر و قدردانی: از دانشگاه تربیت مدرس و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران ایران (INSF؛ با کد طرح ۹۴۰۱۳۷۸۸) به دلیل تامین منابع مالی و نیز از انستیتو تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقایان دکتر مرتضی کمالی و دکتر اکبر بنوره به دلیل همکاری در انجام این مطالعه سپاسگزاری می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

سهم نویسندگان: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

منابع

1- Yasumaru F, Lemos D. Species specific in vitro protein digestion (pH-stat) for fish: Method development and application for juvenile rainbow trout (Oncorhynchus mykiss), cobia (Rachycentron canadum), and Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Aquaculture. 2014;426-427:74-84.

2- Hardy RW. Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquac Res. 2010;41(5):770-6

3- Tibbetts SM, Verreth JA, Lall SP. In vitro pH-Stat protein hydrolysis of feed ingredients for Atlantic cod, Gadus morhua. 2. In vitro protein digestibility of common and alternative feed ingredients. Aquaculture. 2011;319(3-4):407-16.

4- Allan GL, Rowland SJ, Parkinson S, Stone DA, Jantrarotai W. Nutrient digestibility for juvenile silver perch Bidyanus bidyanus: Development of methods. Aquaculture. 1999;170(2):131-45.

5- Kabir NM, Wee KL, Maguire G. Estimation of apparent digestibility coefficients in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) using different markers: 1. Validation of microtracer F-Ni as a marker. Aquaculture. 1998;167(3-4):259-72.

6- Oliveira AC, Martinelli LA, Moreira MZ, Cyrino JE. Determination of apparent digestibility coefficient in fish by stable carbon isotopes. Aquac Nutr. 2008;14(1):10-3.

7- Alan Ward D, Carter CG, Townsend AT. The use of yttrium oxide and the effect of faecal collection timing for determining the apparent digestibility of minerals and trace elements in Atlantic salmon (Salmo salar, L.) feeds. Aquac Nutr. 2005;11(1):49-59.

8- Liu H, Wu X, Zhao W, Xue M, Guo L, Zheng Y, et al. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon (Acipenser baerii Brandt), compared by two chromic oxide analyses methods. Aquac Nutr. 2009;15(6):650-6.

9- Falahatkar B. Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: An updated synthesis. In: Williot P, Nonnotte G, Vizziano-Cantonnet D, Chebanov M, editors. The Siberian sturgeon (Acipenser baerii, Brandt 1869) Volume 1-Biology. Cham: Springer; 2018. pp. 207-28.

10- Adámek Z, Prokeš M, Baruš V, Sukop I. Diet and growth of 1+ Siberian sturgeon, Acipenser baerii in

www.SID.ir

Archive of SID

chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthaldialdehyde. Anal Chem. 1979;51(11):1667-74.
18- Furukawa A, Tsukahara H. On the acid digestion method for the determination of chromic acid as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull Jpn Soc Sci Fish. 1966;32(6):502-6. [Japanese]
19- Cho CY, Slinger SJ, Bayley HS. Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity. Comp Biochem Physiol Part B Comp Biochem. 1982;73(1):25-41.
20- Hardy RW, Barrows FT. Diet formulation and manufacture. In: Halver JE, Hardy RW, editors. Fish nutrition. 3rd Edition. New York: Academic Press; 2002. pp. 505-600.
21- Banavreh A, Soltani M, Kamali A, Yazdani-Sadati MA, Shamsaie M. Effects of olive pomace on growth performance, digestibility, body composition and fatty acid profile in yearling Siberian sturgeon, Acipenser baerii (Brandt 1896). Aquac Nutr. 2019;25(2):333-42.
22- Gomes EF, Rema P, Kaushik SJ. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): Digestibility and growth performance. Aquaculture. 1995;130(2-3):177-86.
23- Sanden M, Krogdahl Å, Bakke-Mckellep AM, Buddington RK, Hemre GI. Growth performance and organ development in Atlantic salmon, Salmo salar L. parr fed genetically modified (GM) soybean and maize. Aquac Nutr. 2006;12(1):1-14.
24- Cheng ZJ, Hardy RW. Apparent digestibility coefficients and nutritional value of cottonseed meal for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Aquaculture. 2002;212(1-4):361-72.
alternative pond culture. Turk J Fish Aquat Sci. 2007;7(2):153-60.
11- Soleimani M, Sajjadi MM, Falahatkar B, Yazdani MA. Replacement of fish meal by earthworm meal (Eiseniafoetida) in Siberian sturgeon (Acipenserbearii) diet and its effect on growth performance, feed efficiency and carcass composition. J Aquat Eco. 2016;5(3):21-30. [Persian]
12- Horwitz W, George WL. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. In: Horwitz W, Latimer GW. Official methods of analysis of AOAC international. 18th Edition. Gaithersburg: AOAC International; 2005.
13- Babaei S, Abedian Kenari A, Hedayati M, Yazdani-Sadati MA. Growth response, body composition, plasma metabolites, digestive and antioxidant enzymes activities of Siberian sturgeon (Acipenser baerii, Brandt, 1869) fed different dietary protein and carbohydrate: lipid ratio. Aquac Res. 2017;48(6): 2642-54.
14- Lemos D, Lawrence AL, Siccardi Iii AJ. Prediction of apparent protein digestibility of ingredients and diets by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for juvenile Pacific white shrimp Litopenaeus vannamei. Aquaculture. 2009;295(1-2):89-98.
15- Safari O, Naserizadeh M, Mohammadi Arani M. Digestibility of selected feedstuffs in subadult Caspian great sturgeon, Huso huso using settlement faecal collection and stripping methods. Aquac Nutr. 2016;22(2):293-303.
16- Glencross BD, Booth M, Allan GL. A feed is only as good as its ingredients- a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquac Nutr. 2007;13(1):17-34.
17- Lindroth P, Mopper K. High performance liquid

www.SID.ir